

Jean Boyer

2<sup>e</sup>  
ÉDITION



EYROLLES

SERIAL  
MAKERS

## Réparer soi-même, c'est économique, écologique et valorisant

Abondamment illustré et fourmillant de conseils pratiques, cet ouvrage est dédié à la réparation des principaux appareils électroniques : téléviseurs, ordinateurs, consoles de jeux, smartphones, appareils photo, chaînes hi-fi, vidéoprojecteurs... Pour chaque type d'appareil, il fournit des méthodes infailissables pour diagnostiquer et réparer les pannes les plus fréquentes. Cette deuxième édition a été entièrement refondue : réorganisation du contenu, maquette plus attrayante, nouvelle iconographie et ajout d'un chapitre sur l'électroménager, les outils électroportatifs et les éclairages LED. Nourri par la très grande expérience de son auteur, responsable d'un Repair Café, ce livre s'inscrit totalement dans la mouvance *Do It Yourself* : réparons pour éviter le gaspillage, épargner la planète et rendre l'utilisateur autonome et responsable !

### À qui s'adresse ce livre ?

- Aux passionnés d'électronique, réparateurs amateurs, bricoleurs...
- À tous ceux qui souhaitent donner une deuxième vie à leurs appareils électroniques

---

### Au sommaire

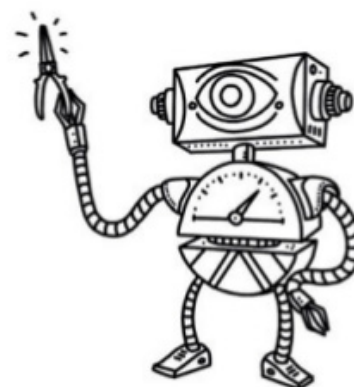
Sécurité et prévention • L'espace de travail du réparateur • Identifier, contrôler et substituer les composants • Les opérations de base • Réparer les petits appareils électroniques • Réparer l'électroménager, l'outillage électroportatif et les éclairages à LED • Réparer le matériel informatique • Réparer les appareils multimédias • Réparer les téléviseurs à écran LCD/LED • Réparer les téléviseurs à écran plasma • Réparer les circuits d'alimentation • Recherche de documentation • Recherche de composants • Ressources utiles • Glossaire.

---

### Sur [www.editions-eyrolles.com/dl/0067621](http://www.editions-eyrolles.com/dl/0067621)

- Consultez les compléments (conseils pratiques, tutoriels, etc.)
- Dialoguez avec l'auteur

Passionné de radioélectricité puis d'électronique depuis son plus jeune âge, **Jean Boyer** a travaillé comme réparateur, avant d'en faire son principal hobby depuis plus de 30 ans.



[www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com)



RÉPAREZ  
VOUS-MÊME  
VOS APPAREILS  
ÉLECTRONIQUES

## **CHEZ LE MÊME ÉDITEUR**

---

### ***Dans la collection « Serial Makers »***

D. KNOX. – **Petits robots à fabriquer.**

N°67575, 2018, 160 pages.

E. BARTMANN. – **Le grand livre d'Arduino (3<sup>e</sup> édition).**

N°67488, 2018, 528 pages.

S. MONK. – **Mouvement, lumière et son avec Arduino et Raspberry Pi.**

N°11807, 2016, 352 pages.

C. PLATT. – **L'électronique en pratique (2<sup>e</sup> édition).**

N°14425, 2016, 328 pages.

C. PLATT. – **L'électronique en pratique 2.**

N°14179, 2015, 336 pages.

E. DE KEYSER. – **Le Mavic Pro et DJI GO.**

N°67525, 2017, 208 pages.

E. DE KEYSER. – **Filmer et photographier avec un drone (2<sup>e</sup> édition).**

N°67435, 2017, 224 pages.

F. BOTTON. – **Les drones de loisir (3<sup>e</sup> édition).**

N°67444, 2017, 230 pages.

R. JOBARD. – **Les drones (3<sup>e</sup> édition).**

N°67434, 2017, 184 pages.

M. LAURY. – **À la découverte des cartes Nucleo.**

N°67369, 2017, 280 pages.

C. BOSQUÉ, Q. NOOR et L. RICARD. – **FabLabs, etc. Les nouveaux lieux de fabrication numérique.**

N°13938, 2015, 216 pages.

A. BANKS, MACUSER et iFIXIT. – **Réparez vous-même votre Apple.**

N°14251, 2015, 146 pages.

**JEAN BOYER**

# RÉPAREZ VOUS-MÊME VOS APPAREILS ÉLECTRONIQUES

2<sup>e</sup> édition

**EYROLLES**





En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du Droit de Copie, 20 rue des Grands Augustins, 75006 Paris.

Éditions Eyrolles  
61 bd Saint-Germain  
75240 Paris Cedex 05  
[www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com)

© Éditions Eyrolles, 2019 pour la présente édition © Groupe Eyrolles, 2014  
ISBN : 978-2-212-67621-1

# REMERCIEMENTS

*À Eugène Aisberg, qui m'a appris que « l'électronique, mais c'est très simple ! » dans ses ouvrages ;*

*À Monsieur Galois, de Télé-Reims, qui m'a ouvert son atelier quand j'avais 13 ans ;*

*À Eugène Poirot, ancien directeur de l'École centrale d'électronique, rue de la Lune, à Paris ;*

*Aux lecteurs de la première édition qui ont pris le temps de me faire part de leurs critiques et suggestions.*







# TABLE DES MATIÈRES

<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1. SÉCURITÉ ET PRÉVENTION .....</b>	<b>5</b>
<b>Prévention des dangers électriques .....</b>	<b>5</b>
Une alimentation électrique aux normes.....	6
Prévention des chocs électriques inopinés.....	7
Règles de base.....	9
<b>Prévention des autres dangers.....</b>	<b>9</b>
Risques de brûlures et d'incendie .....	9
Risques chimiques.....	10
Risques de blessures .....	11
<b>Chapitre 2. L'ESPACE DE TRAVAIL DU RÉPARATEUR .....</b>	<b>13</b>
<b>Aménagement du lieu de travail.....</b>	<b>13</b>
L'indispensable.....	13
L'utile .....	14
Le précieux .....	17
<b>Les appareils de mesure.....</b>	<b>18</b>
L'indispensable.....	18
L'utile .....	20
Le précieux .....	24
<b>Logiciels utiles au réparateur.....</b>	<b>25</b>
Logiciels de contrôle et de dépannage (pour Windows) .....	25
Logiciels de test autonome d'un ordinateur .....	26
Logiciels de test des téléviseurs et vidéoprojecteurs .....	26
<b>Autres utilitaires de test.....</b>	<b>27</b>
Test des différentes entrées audio/vidéo des appareils.....	27
<b>L'outillage .....</b>	<b>28</b>

Les outils de base.....	28
Le matériel de soudure.....	33
Les produits chimiques .....	37
<b>Chapitre 3. IDENTIFIER, CONTRÔLER ET SUBSTITUER LES COMPOSANTS.....</b>	<b>39</b>
<b>Reconnaître les composants .....</b>	<b>39</b>
Les composants passifs.....	39
Les composants actifs : diodes, transistors et circuits intégrés.....	51
Les composants divers .....	58
<b>Codification et marquage des composants.....</b>	<b>63</b>
Les composants passifs.....	63
<b>Méthodes de contrôle des composants.....</b>	<b>74</b>
Contrôle rapide des principaux composants .....	74
Contrôle précis des composants.....	75
Contrôles complexes ou impossibles .....	76
<b>Fiabilité relative des composants.....</b>	<b>77</b>
<b>Substitution des composants.....</b>	<b>79</b>
Dans le cadre d'un essai .....	79
Réparations définitives .....	81
<b>Cas particulier des connecteurs.....</b>	<b>82</b>
Réparer un connecteur .....	83
<b>Quels composants avoir en stock ? .....</b>	<b>85</b>
<b>Chapitre 4. LES OPÉRATIONS DE BASE.....</b>	<b>87</b>
<b>Les soudures .....</b>	<b>87</b>
Précautions à respecter.....	88
Souder et dessouder les composants traditionnels .....	90
Dessouder et récupérer les CMS .....	91
Dessouder les CMS sans les récupérer .....	93
Souder les CMS .....	94
<b>Isolation d'un signal .....</b>	<b>95</b>
Isoler et réparer une piste de circuit imprimé.....	95
Simuler un signal .....	97

<b>Chapitre 5. RÉPARER LES PETITS APPAREILS ÉLECTRONIQUES .....</b>	<b>99</b>
<b>Télécommandes diverses .....</b>	<b>99</b>
Test rapide d'une télécommande infrarouge .....	99
Démontage et remontage d'une télécommande .....	100
Pannes dues à l'encrassement .....	101
Pannes dues aux faux contacts des piles .....	102
Pannes électroniques .....	102
Remplacement des télécommandes défectueuses.....	102
<b>Horloges à quartz .....</b>	<b>103</b>
Calculatrices et montres à quartz .....	104
<b>Sauver la batterie rechargeable d'un appareil portable .....</b>	<b>106</b>
 <b>Chapitre 6. RÉPARER L'ÉLECTROMÉNAGER, L'OUTILLAGE ÉLECTROPORTATIF ET LES ÉCLAIRAGES À LED .....</b>	 <b>107</b>
<b>Petits appareils électriques, outillage électroportatif .....</b>	<b>107</b>
Démontage des petits appareils électriques et électroportatifs.....	107
Diagnostic des dysfonctionnements .....	108
Réparation des circuits électroniques des petits appareils .....	113
Sauvetage économique d'un appareil à moteur électrique.....	115
<b>Fours à micro-ondes .....</b>	<b>116</b>
Diagnostic du dysfonctionnement d'un four à micro-ondes qui ne chauffe plus .....	117
<b>Appareils d'éclairage à LED .....</b>	<b>121</b>
Pourquoi tant de dysfonctionnements ? .....	121
Réparation d'un système d'éclairage à LED.....	125
LED et variateurs d'intensité.....	127
Cas des bornes solaires .....	129
<b>Autres réparations réussies .....</b>	<b>130</b>
Problèmes généraux de fonctionnement .....	131
Circuits de chauffage du gros ou petit électroménager.....	131
Réfrigérateurs et congélateurs .....	131
Outillage électroportatif alimenté par le secteur électrique.....	132
Outillage électroportatif sans fil.....	132
Sécurités diverses.....	133
Et les autres !.....	133



<b>Chapitre 7. RÉPARER LE MATÉRIEL INFORMATIQUE .....</b>	<b>135</b>
<b>Souris d'ordinateur .....</b>	<b>135</b>
<b>Écrans d'ordinateurs .....</b>	<b>137</b>
Architecture des moniteurs informatiques .....	137
Démontage des moniteurs informatiques .....	137
Diagnostic des défaillances des moniteurs informatiques.....	138
Réparation d'un moniteur informatique .....	140
<b>Ordinateurs de bureau.....</b>	<b>140</b>
Architecture physique des ordinateurs de bureau.....	140
Démontage de l'unité centrale des ordinateurs de bureau .....	141
Diagnostic des défaillances des ordinateurs de bureau .....	145
Réparation des éléments d'un ordinateur de bureau .....	152
<b>Ordinateurs portables .....</b>	<b>157</b>
Architecture des ordinateurs portables.....	157
Démontage des ordinateurs portables.....	158
Diagnostic des défaillances des ordinateurs portables.....	160
Vérification et réparation des éléments d'un ordinateur portable...	164
<b>Tablettes numériques .....</b>	<b>180</b>
Principaux dysfonctionnements des tablettes.....	181
Démontage/remontage d'une tablette .....	181
Remplacement de l'écran .....	182
Remplacement d'un connecteur de charge, de carte SD ou de carte SIM .....	184
Remplacement des autres éléments d'une tablette.....	185
Réparation d'une carte mère .....	185
Résolution des problèmes d'initialisation .....	186
<b>Chapitre 8. RÉPARER LES APPAREILS MULTIMÉDIAS .....</b>	<b>187</b>
<b>Consoles de jeu.....</b>	<b>187</b>
Consoles portables.....	187
Consoles de salon .....	189
<b>Appareils photo numériques.....</b>	<b>189</b>
<b>Caméscopes .....</b>	<b>191</b>
<b>Radios portatives.....</b>	<b>192</b>
Typologie des réparations possibles .....	192



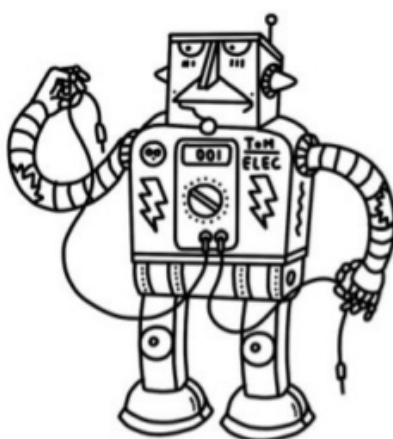
Crachements et instabilités du fonctionnement .....	194
Problèmes d'oxydation des piles.....	194
Circuit imprimé cassé .....	194
Réparation d'un haut-parleur.....	195
<b>Combinés récepteurs radio-CD-cassettes portatifs .....</b>	<b>196</b>
Vérification et réparation d'un lecteur CD .....	196
Vérification et réparation d'un lecteur/enregistreur de cassettes.....	197
<b>Chaînes hi-fi .....</b>	<b>201</b>
Réparation des unités de CD .....	202
Vérification et réparation des circuits des chaînes hi-fi.....	203
<b>Vérification et réparation des enceintes acoustiques.....</b>	<b>203</b>
Pannes fréquentes sur les enceintes .....	203
Démontage et remontage d'une enceinte acoustique .....	206
<b>Lecteurs/graveurs de CD, DVD et Blu-ray .....</b>	<b>206</b>
Diagnostics des pannes de lecteurs/graveurs optiques.....	206
Réparations envisageables .....	208
<b>Magnétoscopes .....</b>	<b>212</b>
Nettoyage des têtes d'effacement et d'enregistrement-lecture.....	214
Nettoyage du mécanisme et changement des courroies .....	215
<b>Vidéoprojecteurs .....</b>	<b>217</b>
Typologie des pannes.....	217
Technologies à distinguer .....	218
Remplacement d'une lampe haute pression.....	219
Nettoyage, alignement optique, remplacement d'une roue chromatique ou d'une puce DMD .....	222
<b>Téléphones et smartphones .....</b>	<b>223</b>
<b>Appareils divers .....</b>	<b>227</b>
Lecteurs MP3 .....	227
Enceintes Bluetooth .....	228
 <b>Chapitre 9. RÉPARER LES TÉLÉVISEURS</b>	
<b>À ÉCRAN LCD/LED .....</b>	<b>229</b>
<b>Architecture des téléviseurs LCD/LED .....</b>	<b>229</b>
<b>Les différents types d'écrans plats LCD .....</b>	<b>231</b>
La technologie d'affichage .....	231
Les résolutions de l'image .....	232

Les facteurs de format d'image .....	232
Écrans incurvés .....	232
Modèles d'écrans et fabricants.....	232
Démontage d'un téléviseur LCD/LED .....	233
Diagnostic des défaillances d'un téléviseur LCD/LED.....	239
<b>Vérification et réparation des circuits du téléviseur .....</b>	<b>250</b>
Vérification des circuits d'alimentation .....	251
Vérification et réparation des circuits inverter de rétroéclairage CCFL et LED .....	257
Vérification et réparation d'une carte principale.....	270
Vérification et réparation d'une carte T-Con.....	287
Vérification et réparation d'une dalle écran LCD ou LED .....	291
Réparation d'une dalle écran au niveau rétroéclairage .....	294
Réparation d'une dalle écran au niveau du panneau LCD .....	306
 <b>Chapitre 10. RÉPARER LES TÉLÉVISEURS</b>	
<b>À ÉCRAN PLASMA .....</b>	<b>313</b>
<b>Particularités de la technologie plasma .....</b>	<b>313</b>
<b>Fonctionnement simplifié d'un écran plasma .....</b>	<b>315</b>
<b>Architecture des téléviseurs plasma.....</b>	<b>319</b>
<b>Démontage des téléviseurs plasma .....</b>	<b>321</b>
<b>Diagnostic des défaillances des téléviseurs plasma .....</b>	<b>321</b>
Le téléviseur ne s'allume pas du tout .....	321
Le téléviseur s'allume, mais il n'y a ni son ni image .....	322
Le téléviseur s'allume, mais seul le son fonctionne .....	322
Le téléviseur s'allume normalement (électriquement) mais présente d'autres dysfonctionnements .....	322
<b>Vérification et réparation des circuits spécifiques .....</b>	<b>325</b>
Vérification et réparation d'une carte de contrôle logique (T-Con). .....	326
Vérification et réparation d'une carte buffers d'adressage X .....	328
Vérification et réparation d'une carte Y-scan .....	329
Vérification et réparation d'une carte Y-buffers .....	334
Vérification et réparation d'une carte Z-sustain.....	340
Vérification et réparation d'une dalle plasma .....	344



<b>Chapitre 11. RÉPARER LES CIRCUITS D'ALIMENTATION .....</b>	<b>347</b>
<b>Précautions de base .....</b>	<b>347</b>
<b>Caractéristiques principales d'une alimentation à découpage .....</b>	<b>348</b>
<b>Synoptique fonctionnel d'une alimentation à découpage .....</b>	<b>350</b>
Exemple d'une alimentation de type externe .....	350
Alimentation intégrée à un appareil .....	351
Description du circuit primaire .....	351
<b>Vérification du circuit primaire .....</b>	<b>358</b>
Vérification des protections et du filtrage de la tension du réseau .....	359
Vérification des circuits de commande et de l'étage de puissance .....	359
<b>Vérification du circuit secondaire d'une alimentation .....</b>	<b>361</b>
Vérification des étages de redressement et de filtrage de sortie .....	362
<b>Substitution d'une alimentation .....</b>	<b>365</b>
<b>Démontage des blocs d'alimentation externes.....</b>	<b>366</b>
<b>Annexe A. RECHERCHE DE DOCUMENTATION .....</b>	<b>369</b>
<b>Les documents utiles .....</b>	<b>369</b>
<b>Méthodes de recherche .....</b>	<b>371</b>
Première recherche sur Internet.....	372
Recherches suivantes .....	372
<b>Annexe B. RECHERCHE DE COMPOSANTS .....</b>	<b>375</b>
<b>Une recherche parfois difficile .....</b>	<b>375</b>
Composants de base .....	375
Composants spécifiques.....	376
Cartes ou circuits assemblés complets .....	376
Récupération de composants .....	377
<b>Où acheter les composants ? .....</b>	<b>377</b>

<b>Annexe C. RESSOURCES UTILES .....</b>	<b>379</b>
<b>Formation théorique.....</b>	<b>379</b>
Traduction.....	379
Cours de vulgarisation électronique .....	379
<b>Informations sur les appareils.....</b>	<b>379</b>
Caractéristiques, tests et avis .....	379
Notices d'utilisation.....	379
Manuels de maintenance .....	380
Correspondance modèle-châssis .....	380
<b>Matériel .....</b>	<b>380</b>
Vente de composants et d'outillage.....	380
Liste de revendeurs de composants électroniques en région .....	380
Vente de produits chimiques .....	381
Identification et marquage des composants .....	381
Informations sur les composants .....	381
Fiches techniques.....	382
<b>Appareils de mesure, logiciels et tutoriels.....</b>	<b>382</b>
<b>Forums techniques .....</b>	<b>382</b>
<b>Annexe D. GLOSSAIRE .....</b>	<b>383</b>
<b>INDEX.....</b>	<b>387</b>



Avec quelques connaissances en électronique, il est généralement assez facile de réparer les appareils électroniques actuels. En effet, la majeure partie des pannes se produisent « là où ça chauffe », c'est-à-dire dans les circuits de puissance (alimentations électriques ou leurs circuits associés, étages d'amplification de puissance...).

Après plusieurs mois au cours desquels j'ai collecté les informations relatives aux réparations que j'effectuais, j'ai pu rédiger et faire paraître la première édition de cet ouvrage. Depuis, j'ai recueilli les réactions de lecteurs mais aussi celles de mon éditeur.

Étant bénévole et animateur dans plusieurs Repair Café (voir [repaircafe.org/fr/](http://repaircafe.org/fr/)), j'ai également consacré une plus grande part à la réparation des appareils qui nous sont apportés tels que le petit électroménager ou les appareils électroportatifs, qui de plus en plus intègrent une partie électronique sujette à des dysfonctionnements. Par ailleurs, les techniques évoluant, les appareils évoluent également, et les plus anciens disparaissent, surtout ceux qui présentaient des problèmes de fiabilité. De ce fait, certaines pannes se rencontrent moins souvent, mais de nouveaux dysfonctionnements se révèlent. Ainsi va le temps, on ne parle plus d'appareils à tubes (en électronique grand public) depuis longtemps, on parle de moins en moins d'écrans LCD (à rétroéclairage à lampes fluorescentes) mais d'écrans LED dont le rétroéclairage plus moderne, moins consommateur d'énergie, n'est pas pour autant à l'abri des pannes ; les appareils hi-fi à cassette paraissent antédiluviens à nos adolescents, tout comme les magnétoscopes VHS ou, pire, Bétamax – on parle maintenant d'appareils audio MP3, d'enceintes Bluetooth, d'enregistreurs vidéo sur disques durs ou cartes mémoire, etc.

Bref, les appareils évoluent, les pannes évoluent, les besoins de leurs propriétaires évoluent.

Ce qui évolue également, c'est l'intégration et la miniaturisation toujours galopante des appareils qui rendent leur réparation de plus en plus difficile sans remplacer la moitié de leurs éléments, pour un coût souvent (pour ne pas dire toujours !) prohibitif. Face à la recherche d'un coût toujours plus faible des appareils, le manque de documentation fournie par les fabricants, poste de coût important, rend encore plus difficiles les investigations. Il reste néanmoins bon nombre de situations où la réparation des appareils demeure possible, très souvent à faible coût matériel, mais au prix d'une recherche longue et fastidieuse parfois, qui rend cette activité passionnante pour qui a la fibre du « réparateur ».

Dans cette seconde édition, j'ai repris l'essentiel de la première version du livre tout en mettant à jour mes propos, notamment en tenant compte des évolutions des matériels mais aussi selon les suggestions de lecteurs qui m'ont été faites. Afin d'aérer l'ensemble, la description détaillée des composants que l'on peut trouver dans de nombreux ouvrages de débutants en électronique ou en consultant Internet se résume maintenant à un guide pour les reconnaître, les remplacer et se les procurer.

Parmi les critiques faites à ce livre, il m'a été reproché plusieurs fois de consacrer une part trop importante à la réparation des téléviseurs et écrans d'ordinateurs. Cette seconde édition leur consacre



toujours une quantité importante de pages car ces appareils sont complexes, coûteux, mais souvent facilement réparables. Ainsi, il est fréquemment plus facile de réparer un téléviseur qu'une chaîne hi-fi compacte en raison du manque de données techniques disponibles pour ces dernières obligeant le plus souvent à tâtonner. De plus, bon nombre de circuits présents dans d'autres appareils comme les moniteurs informatiques font partie des constituants d'un téléviseur. En lisant les chapitres 9 et 10 relatifs aux téléviseurs, on trouvera les trucs et astuces applicables à beaucoup d'autres appareils. Les chapitres dédiés aux écrans et téléviseurs restent donc volumineux, et tout ce qui a été dit précédemment reste valable ; seule la réparation des écrans à rétroéclairage LED s'est étoffée. Ces derniers, présentés comme la panacée en matière de fiabilité, sont cependant bien loin de tenir leurs promesses, mais se réparent facilement pour qui sait être minutieux. Suite à la demande grandissante, la réparation des autres types d'appareils est également apparue dans cette édition : je les ai donc ajoutés au sommaire de cet ouvrage, ainsi que la réparation des appareils d'éclairage à LED qui sont assez coûteux et d'une fiabilité parfois critiquable.

Pour tout amateur réparateur prévoyant, il convient tout d'abord de se constituer un bon espace de travail, équipé du matériel nécessaire (appareils de mesure, outils, logiciels...). Ce livre vous guidera dans cette tâche, en vous indiquant ce qui est indispensable, utile ou facultatif. Il faudra ensuite savoir identifier les différents blocs constitutifs des appareils, selon leurs catégories. Attention, cet ouvrage n'a pas la prétention d'être un recueil d'apprentissage de l'électronique : pas de mathématiques donc, mais juste ce qu'il faut de théorie simple sur le fonctionnement des différents circuits pour être en mesure de les réparer, tout cela restant à la portée de toute personne ayant des notions d'électricité.

Face à un appareil défectueux, vous devrez d'abord vous mettre à la recherche des informations indispensables (notice d'utilisation détaillée souvent perdue, manuel de service ou de dépannage, schémas...), avant d'explorer les forums spécialisés où chacun peut soumettre son problème ou faire partager son expérience. N'oubliez pas qu'il y a quelques années encore, il était quasiment impossible en l'absence d'Internet de réparer ces appareils, tellement la documentation les concernant était importante, complexe et souvent coûteuse à se procurer sous forme papier.

Discerner les types de pannes rencontrées et les localiser est une étape majeure où le flair est indispensable ; si la chance vous sourira parfois, ce seront surtout la persévérance et la réflexion qui se révéleront payantes.

À ce stade, il faudra parfois, avec regret mais réalisme, vous résigner à laisser cet appareil rejoindre les trop nombreux objets mis à la déchetterie. Je dis trop nombreux car justement peu d'entre nous sont à même de distinguer ceux qui sont réparables, auxquels il est envisageable d'accorder une deuxième vie, de ceux qui sont manifestement en bout de course ou dont la réparation serait trop compliquée, nécessitant des moyens hors de portée de l'amateur. Une autre raison conduisant à jeter un appareil est le coût des réparations assurées par un professionnel, très souvent dissuasif face à la baisse des prix du matériel neuf : dans la plupart des cas, le propriétaire préfère jeter l'éponge et se débarrasser de l'appareil défaillant dès la lecture du devis du réparateur, pour le plus grand bonheur de l'amateur friand de réparations qui y trouvera de l'intérêt.

Une fois la panne (a priori) localisée, il importe de repérer l'intrus, et bien souvent les intrus, c'est-à-dire les composants qui sont à l'origine du dysfonctionnement, ayant défailli soit d'eux-mêmes, soit entraînés par le voisin dans une destruction irréversible. S'il est facile de se constituer un minimum de stock de composants classiques de remplacement (condensateurs, diodes, transistors, résistances, etc.), il est en revanche impossible de disposer, à portée de main, de tous les circuits intégrés utilisés, qui de nos jours sont bien trop nombreux. De plus, ceux d'hier sont déjà dépassés par les circuits plus récents, c'est pourquoi se constituer un stock de ces circuits serait une mauvaise approche. Un

diagnostic précis et fiable s'impose donc avant d'acheter en remplacement une carte électronique coûteuse ou un circuit intégré difficile à dénicher. C'est le cœur même de ce livre, qui vous accompagnera dans l'établissement de ce diagnostic et vous aidera à déterminer la réparation appropriée.

Commence alors la recherche de la pièce neuve ou d'occasion. Cette fois encore, merci à Internet d'exister ! Imaginez sinon le nombre de courriers ou d'appels téléphoniques nécessaires pour trouver un revendeur en Angleterre, Allemagne, Pologne, Lituanie, Chine... car c'est rarement en France, malheureusement, que l'on peut se fournir en pièces détachées peu courantes.

Le moment fatidique arrive enfin ! Avec précaution et méthode, le ou les composants défectueux sont remplacés... Ultime vérification, première remise sous tension... Et toujours la petite angoisse de voir surgir la fumée ou d'entendre le « clac » ruinant tous les espoirs : voilà à nouveau les composants neufs détruits car un autre intrus se cachait, malfaisant, ne se contentant pas de provoquer la panne mais emportant les autres dans sa chute ! Alors, cette fois encore, il faudra être persévérant, méthodique, consciencieux et réfléchi pour ne pas retomber dans le piège. Mais soyons positifs, ce scénario est plutôt rare si l'on sait s'en prémunir par quelques précautions toutes simples.

Alors survient finalement le moment tant attendu de SATISFACTION ! Une image apparaît enfin sur l'écran du téléviseur, un son limpide s'échappe de la chaîne hi-fi ! Même si, après le petit moment bien mérité d'euphorie contemplative de son travail, il faut cependant s'assurer que l'appareil est réparé « pour de bon », je veux dire de façon complète, sûre et durable.

C'est ainsi que s'achève, presque à regret, le dépannage d'un appareil. Je dis à regret car si, comme moi, vous aimez les romans policiers, vous savez bien que le plus intéressant n'est pas de démasquer l'assassin et de le punir, mais plutôt de partir à sa recherche avec pour seuls outils son discernement, des indices toujours trop peu nombreux, des fausses pistes, un peu de chance et beaucoup de patience. L'aventure s'achève peut-être, mais peut-être pas car au moment de ranger son labo, c'est incroyable ce qu'on sort comme outils, composants, documentation, le tout se trouvant alors en vrac sur la table de travail.

Mais pour bien finaliser votre mission, pourquoi ne pas en partager les émotions avec les autres ? Tous à vos claviers, à vos forums, sur vos sites favoris, et si possible en bon français (pensez aux lecteurs puristes mais aussi aux étrangers déjà en difficulté face à notre langue complexe)... ou pourquoi pas en anglais ! Là, on vous pardonnera plus volontiers vos fautes, gratifiant l'effort que vous aurez fourni pour vous exprimer. C'est en effet souvent en langue anglaise que les forums les plus riches existent. Rappelez-vous que l'anglais technique est très facile : avec un peu d'habitude, on parvient à se faire comprendre aisément : si vous ne savez pas comment traduire en anglais votre propos, soyez plus simple, moins académique mais tout aussi explicite. Croyez-moi, ça marche avec un peu d'entraînement. Un exemple ? Si vous voulez dire : « j'ai consulté le schéma de l'appareil mais sans avoir la chance de trouver la partie qui m'intéressait, présentée comme une boîte noire », dites simplement : « Cette partie du schéma n'est pas dans la documentation ». Essayez de traduire les deux phrases, vous verrez. Vous pouvez même vous faire aider d'un traducteur automatique en ligne pour construire votre propos.

Autre chose, n'oubliez pas que la réparation des appareils n'est pas sans risque, qu'on ne réussit pas toujours et que parfois le remède est pire que le mal ! Il existe malheureusement des situations où la tentative de réparation se traduira par un échec lamentable et l'appareil restera ou deviendra (en cas de casse) définitivement irréparable. N'en faites pas un drame : j'ai eu de tels échecs, et j'en aurai encore, mais rappelez-vous que c'est ainsi que l'on apprend et se perfectionne.



Ah, encore un dernier conseil : votre premier réflexe doit être d'utiliser vos yeux et vos oreilles, votre odorat parfois, lors des premiers instants consacrés au diagnostic de la défaillance. En effet, une première observation visuelle vous livrera d'innombrables indices comme la déformation d'un condensateur, les traces de produits ayant coulé sur les circuits, les signes d'échauffement ou de brûlures, d'oxydation, d'arc électrique, etc. Avec l'oreille, vous entendrez les circuits d'alimentation souffrir parfois d'une surcharge ou d'un court-circuit. Oui, on les entend ! Un bruit anormal, un son provenant de l'alimentation réessayant sa mise en marche sans cesse... sont autant d'indices à prendre en compte. N'oublions pas non plus qu'une odeur de brûlé, précisément localisée, sera également un précieux indicateur de l'endroit qui a souffert. Avec un peu d'habitude, vous parviendrez aussi à reconnaître le son caractéristique d'une surchauffe (condensateur) ou d'un arc électrique se produisant dans un circuit.

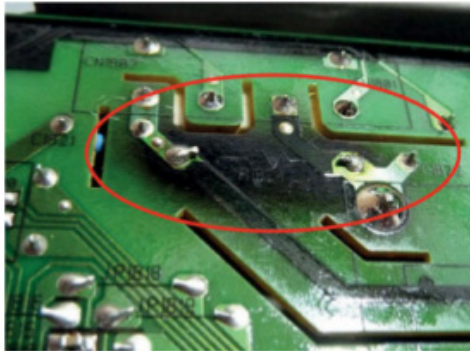


Figure 1. Traces de surchauffe sur le recto et le verso d'un circuit

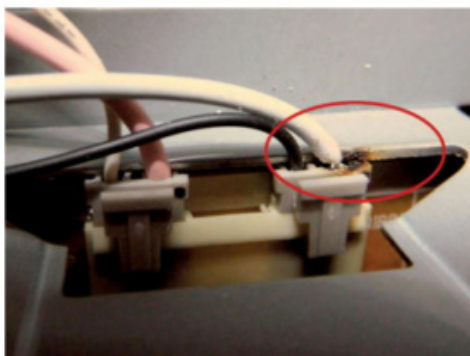
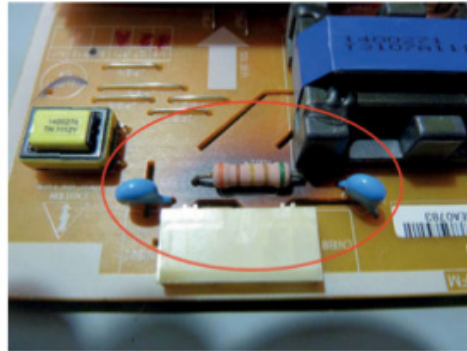


Figure 2. Présence d'un arc électrique



Figure 3. Traces de liquide ayant coulé sur le circuit d'un téléviseur

Pour ce premier contact avec un appareil défectueux, travaillez dans le silence et avec un bon éclairage.

Alors à vos labos, que votre recherche soit fructueuse, et bonne chance !

## SÉCURITÉ ET PRÉVENTION

Je ne l'ai pas évoquée dans l'avant-propos de cet ouvrage, mais la sécurité est un sujet incontournable avant d'entreprendre une activité de réparation d'appareils électriques ou électroniques.

En effet, tout appareil électrique, même alimenté par piles ou batterie, peut présenter des dangers réels lors de sa manipulation par le dépanneur. De même, une fois débranché, un appareil électrique peut stocker encore pendant plusieurs minutes (parfois des heures) de l'énergie électrique qu'il faut donc savoir éliminer avant toute intervention. Par exemple, un ordinateur portable alimenté par une batterie de 15 ou 19 volts (tension non dangereuse) possède parfois des circuits générant plusieurs milliers de volts au niveau du rétroéclairage de son écran LCD ! Par ailleurs, l'intensité de décharge de la batterie peut provoquer des échauffements lors de courts-circuits non intentionnels, voire une explosion. Un téléviseur a lui aussi des circuits générant de la très haute tension à des valeurs létales. De plus, il est alimenté en général par la tension du secteur, c'est-à-dire 220 V, ce qui est donc très dangereux. Un lecteur de CD ou DVD possède quant à lui un laser dangereux pour les yeux. Il faut donc se prémunir contre les risques de choc électrique, brûlure ou blessure et, pour cela, un certain nombre de précautions élémentaires s'imposent. Nous allons les examiner.

Bien que moins fréquents, d'autres dangers sont aussi à considérer et doivent faire l'objet d'une attention particulière de la part du réparateur : blessures liées au démontage mécanique des appareils, au tranchant des tôles formant le châssis, à certains outillages et aux produits chimiques utilisés..

Ces risques existent dans toute activité de bricolage, mais encore plus en électronique.



N'oubliez jamais que rien ne peut remplacer votre attitude responsable en face du danger et sachez qu'il est impossible de l'éliminer totalement !

### Prévention des dangers électriques

La manipulation d'appareils électroniques implique souvent, même pour ceux alimentés par piles ou batteries, des investigations au cœur des circuits. Ceux-ci sont alimentés par des tensions parfois élevées qui peuvent provoquer brûlures ou électrocution. Un simple choc électrique, inoffensif en lui-même, peut s'avérer fatal pour un cœur fatigué ou malade. Il convient donc d'être très prudent en la matière et de respecter un minimum des règles de sécurité, que ce soit dans l'établissement de l'espace de travail ou lors de la manipulation des appareils. Nous allons les passer en revue.



## UNE ALIMENTATION ÉLECTRIQUE AUX NORMES

La première précaution à respecter au niveau de l'espace de travail dédié à la réparation des appareils électriques ou électroniques sera d'utiliser une alimentation électrique aux normes et surtout d'éviter les bricolages qui peuvent se révéler dangereux. En particulier, on devra s'assurer de disposer :

- d'une prise de terre efficace sur chaque prise ;
- d'un nombre suffisant de prises électriques (éviter ainsi les prises multiples et les rallonges) ;
- d'une protection par interrupteur ou disjoncteur différentiel (minimum 30 mA, voire 10 mA si possible) ;
- d'une protection par disjoncteur modulaire (16 A ou moins) ;
- d'un transformateur d'isolement (pas un autotransformateur qui n'isolait pas du réseau électrique) pour certaines manipulations particulières que nous évoquerons ;
- d'un local non humide dans lequel vous disposerez d'une table de travail en matériau isolant et d'un sol non humide.

Concernant ces recommandations, je voudrais préciser un certain nombre de points.

- 1 Disposer d'un nombre de prises suffisant permet de se dispenser des prises multiples qui sont toujours source de problèmes. On a peu de raisons de devoir utiliser des appareils à forte consommation, donc peu de risques de surcharge des prises ; mais en évitant prises multiples et rallonges, on se pare aussi contre l'encombrement inutile du plan de travail.
- 2 La protection différentielle, si elle ne supprime pas les accidents, peut en limiter la portée : en effet, elle coupe l'alimentation électrique dès qu'un fil est touché, si le corps est en liaison avec une masse métallique mise à la terre (châssis d'un appareil par exemple ou le sol peu ou mal isolant). La faible intensité (30 ou 10 mA) évite que le corps ne soit choqué par une puissance trop importante et dangereuse. Mais attention, cette protection n'est pas toujours efficace, notamment pour les personnes cardiaques. De plus, le disjoncteur différentiel sera totalement inopérant si vous touchez simultanément les deux conducteurs (phase et neutre) de votre alimentation secteur 220 V, un disjoncteur ou interrupteur différentiel ne détectant que les écoulements de courant électrique vers la terre.
- 3 La protection par disjoncteur modulaire permet d'éviter la surcharge des prises, mais elle évitera également (au moins parfois) à vos appareils défectueux de subir des chocs électriques puissants trop longtemps, voire de priver toute votre habitation de courant électrique en faisant sauter le disjoncteur général.
- 4 Utiliser un transformateur d'isolement de qualité et puissance suffisantes pour le travail sur les alimentations permet de rendre flottante l'alimentation électrique de l'appareil sous examen, ce qui est indispensable pour le dépannage de la partie primaire du circuit des alimentations. Nous en parlerons plus longuement dans le chapitre 11 consacré à la réparation des alimentations.
- 5 Disposer d'une table de travail isolante (bois ou matériau plastique non électrostatique, genre Formica...) est indispensable pour écarter, durant les manipulations, les contacts intempestifs des éléments avec la terre car, bien entendu, si une table métallique devait être utilisée, elle devrait impérativement être reliée à la terre, à la fois pour une meilleure sécurité mais aussi pour éviter l'accumulation de charges électrostatiques dangereuses pour les circuits électroniques.

- 6 Le sol, quant à lui, s'il est isolant (linoléum, caoutchouc, parquet...) préservera le corps de tout contact, même imparfait avec la terre, par l'intermédiaire des pieds. On évitera carrelage ou ciment et, encore plus, tout sol humide comme la terre battue d'une cave, qui est à proscrire impérativement. Il est en effet peu recommandé mais peu dangereux de toucher par inadvertance un fil électrique (pas les deux) sous tension moyenne (220 V) si le corps est bien isolé de la terre (pensez aux oiseaux sur les fils électriques : ils se tiennent allègrement sur des fils parcourus par des courants et tensions élevés ; mais ils évitent en revanche tout contact simultané avec le poteau ou une branche d'arbre). Si le sol n'est pas isolant, on peut toujours y adjoindre un tapis isolant en caoutchouc ou linoléum ou porter des chaussures isolantes, mais surtout bannir tout local humide pour travailler sur des équipements reliés au secteur électrique.
- 7 Il est parfois recommandé d'utiliser des bracelets conducteurs de mise à la terre pour éviter l'accumulation d'électricité statique par le corps, ce qui pourrait provoquer la destruction de circuits, notamment des circuits intégrés. Autant je juge cette mesure indispensable dans un laboratoire ou lors de la manipulation des circuits en cours de fabrication ou d'assemblage, autant je la déconseille dans le cadre d'activités de réparation. En effet, les circuits sont suffisamment protégés par construction et dans leur environnement d'utilisation. Ces bracelets iraient à l'encontre des précautions mentionnées précédemment tendant à éviter la mise en liaison du corps avec la terre sans pour autant apporter un avantage au dépanneur. Je n'ai pour ma part jamais porté un tel bracelet et n'ai jamais eu de problème.



Une bonne précaution lors de la manipulation des circuits consiste à toucher le circuit imprimé d'une main et le composant concerné (tournevis ou autre élément à mettre en contact avec le circuit) de l'autre main, avant d'entreprendre réellement l'action envisagée. Cela aura pour conséquence de décharger en douceur les éventuelles charges électrostatiques présentes entre les circuits de l'appareil et l'élément à relier grâce à la résistance électrique élevée du corps humain. Il est bien entendu tout à fait déconseillé de changer des éléments ou connecter/déconnecter des liaisons intérieures à un appareil lorsqu'il est sous tension, à la fois pour la sécurité de l'intervenant, mais aussi pour éviter la destruction des circuits avoisinants.

## PRÉVENTION DES CHOCs ÉLECTRIQUES INOPINÉS

Pour supprimer tout contact électrique involontaire du corps, le plus simple (à part de couper le courant) est de limiter au maximum les surfaces dangereuses susceptibles d'entrer en contact avec les mains ou bras de l'opérateur. C'est souvent par inadvertance que ces contacts inopinés et parfois dangereux surviennent (je cherche la pince et touche par mégarde les parties sous tension élevée de l'appareil lors du mouvement). Nombreux sont en effet les éléments métalliques comme les refroidisseurs en aluminium qui peuvent être sous tension élevée, notamment au niveau des circuits d'alimentation.

Une bonne précaution consiste à isoler temporairement l'accès aux parties sous tension élevée, à l'aide de couches de plastique (comme une couverture de cahier d'écolier) collées sur le circuit imprimé avec du ruban adhésif.

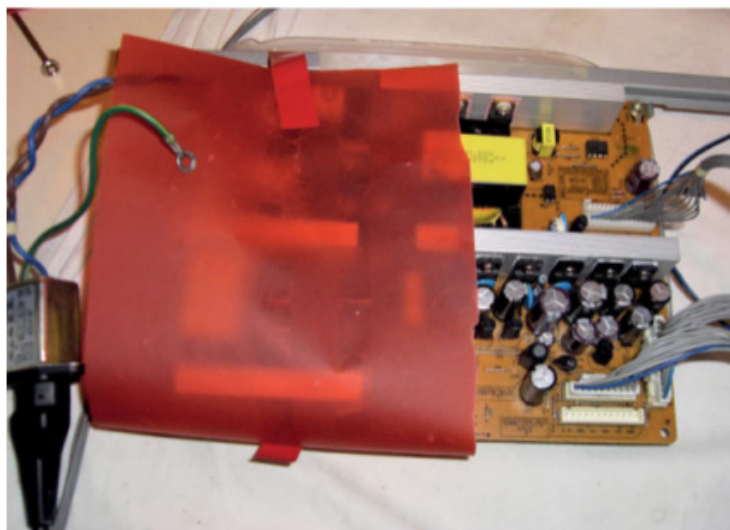


Figure 1-1. Protection d'une alimentation en cours de dépannage

Bien entendu, si l'on doit travailler sur les parties reliées au réseau électrique, cette précaution ne pourra être suivie ; dans ce cas, un bon réflexe est de mettre une main dans sa poche lorsqu'on approche une sonde de mesure ou un tournevis de réglage des parties sous tension. Cette précaution évitera que, en cas de contact accidentel de la main utilisée pour la manipulation, l'autre main puisse être en contact avec une partie non isolée et puisse ainsi engendrer une secousse électrique.



Certains appareils alimentés par piles ou batteries (petits téléviseurs, ordinateurs portables, appareils photographiques avec flash incorporé, flash électronique...) possèdent des circuits éleveurs de tension, générant plusieurs centaines voire milliers de volts. Ces tensions peuvent être dangereuses.

Il est aussi recommandé de porter des vêtements couvrant les bras et les jambes, suffisamment épais, et des chaussures isolantes. On peut également porter des gants isolants mais attention, s'ils sont trop fins (latex), ils risquent de se percer facilement, rendant l'utilisateur se croyant correctement protégé encore plus vulnérable. De plus, ils n'isolent pas des tensions élevées fréquentes, notamment dans les écrans LCD. Je reconnais que travailler avec des gants au niveau de la micro-électronique est utopique !

Par ailleurs, il est impératif de ne pas porter de bijoux aux mains, aux bras, encore moins au cou. Une simple bague, mise en contact avec une tension de 3,3 V sous plusieurs ampères, pourra s'échauffer en cas de court-circuit et, bien que la tension soit inoffensive, provoquer une forte brûlure. Que dire d'une chaîne de cou avec sa médaille, qui entrera en contact avec les circuits sous tension en se penchant au-dessus de l'appareil !



Toujours débrancher les appareils lors de leur manipulation ou du changement d'un composant soudé ou enfiché, bien penser à décharger les condensateurs qui peuvent avoir emmagasiné des tensions élevées et les conserver durant plusieurs minutes.



## RÈGLES DE BASE

Afin de mettre toutes les chances de votre côté et éviter les accidents, il est indispensable de travailler dans un endroit possédant une installation électrique bien conçue et protégée (selon les normes en vigueur), non humide, sur une surface isolante suffisamment grande et bien rangée et surtout dans le calme.

La présence à proximité d'une autre personne est recommandée lorsqu'on opère sur des appareils présentant des risques d'électrocution, afin d'intervenir en cas d'accident. S'il s'agit d'une règle impérative de sécurité dans les entreprises industrielles ou de maintenance, rappelons aux amateurs que le travail d'une personne seule est proscrit, par sécurité.

Soyez prudent, méthodique et jamais trop sûr de vous, l'inattention coûte parfois très cher !

## Prévention des autres dangers

Les autres dangers spécifiques à la réparation des appareils électroniques concernent essentiellement le soudage/dessoudage des composants et l'utilisation des produits chimiques lors du nettoyage ou décapage des circuits.

## RISQUES DE BRÛLURES ET D'INCENDIE

L'outillage spécifique permettant de réaliser des soudures à l'étain est indispensable, nous y reviendrons dans le chapitre 2 consacré à l'équipement de l'espace de travail. Le démontage des composants à remplacer (ou à récupérer) requiert également d'utiliser des appareils de dessoudage.

Or, un fer à souder électrique ou, parfois, à gaz de briquet, génère une température de l'ordre de 300 à 400 °C selon la soudure employée. Inutile de dire qu'une telle température peut provoquer des brûlures importantes et profondes sur la peau humaine. Il faudra donc prendre garde à ne toucher ni les éléments chauds du fer à souder, ni les composants lors de leur soudure. De même, si la soudure concerne un élément à inertie thermique importante (blindage métallique par exemple), il faudra s'armer de patience et ne pas toucher trop rapidement, après l'opération de soudage, l'élément considéré mais également le circuit imprimé sur lequel il est soudé. Enfin, une bonne soudure nécessite un fer à souder en bon état et doté d'une panne propre. Son nettoyage à chaud, fréquemment nécessaire, devra être réalisé à l'aide d'une éponge mouillée ou dans un creuset rempli de laine d'acier, à l'exclusion de tout morceau de chiffon qui risquerait de brûler et qui, d'ailleurs, ne nettoierait pas correctement la panne du fer. Le fer à souder devant rester chaud durant toute l'opération de soudure, veillez à disposer d'un support permettant de le laisser au repos, les parties chaudes étant inaccessibles.



Les autres outillages présentant un danger lors des opérations de soudage/dessoudage sont les appareils à air chaud. En plus des parties chaudes qu'il faut bien entendu éviter, il faudra se méfier des jets d'air chaud (plusieurs centaines de degrés) sous pression et évidemment invisibles, qui peuvent facilement atteindre la peau lors des opérations.

Le contact des outils de soudure avec les plastiques environnants, voire avec des étiquettes en papier, sera proscrit : bien que le risque d'entrée en combustion soit faible, cette précaution évite d'abîmer parfois de façon irréversible un composant (connecteur par exemple) ou le précieux marquage existant sur une carte circuit imprimé, et cela empêche de plus l'émission d'une fumée souvent nocive (plastiques).

Ne laissez évidemment jamais un équipement de soudage/dessoudage sous tension (ou allumé s'il s'agit d'un fer à gaz) en votre absence : cela est inutile, consommateur d'énergie et surtout dangereux.

Des produits hautement inflammables sont fréquemment utilisés pour nettoyer ou décaper, acétone ou alcool isopropylique par exemple. Il faudra se méfier de ne pas provoquer d'arc électrique lors de leur utilisation. Même mis hors tension, rappelez-vous que les condensateurs peuvent conserver une charge électrique susceptible de provoquer des arcs en cas de court-circuit accidentel.



Pour éviter tout problème de sécurité ou tout problème de fonctionnement durant la manipulation d'un circuit, il est impératif de décharger les condensateurs (électrochimiques) de filtrage ou de maintien d'énergie des circuits d'alimentation des appareils. Pour ce faire, la méthode barbare consiste à court-circuiter les deux fils du condensateur avec la lame d'un tournevis isolé. C'est une mauvaise méthode car lors du court-circuit, le condensateur est traversé par une très forte intensité qui risque de détruire ses armatures. Pour éviter cela, il convient d'utiliser un élément capable d'absorber l'énergie emmagasinée par le condensateur de façon moins abrupte. Une résistance de valeur et puissance suffisantes ferait l'affaire, mais son utilisation n'est pas très pratique, une lampe à incandescence de 220 V-40 W, équipée de deux fils rigides isolés, fera parfaitement l'affaire. Il sera bon de vérifier au multimètre la décharge complète du condensateur.



Figure 1-2. Lampe à incandescence utilisée pour la décharge des condensateurs

Faut-il avoir un extincteur à proximité ? Pourquoi pas. Je me garderai bien de le déconseiller mais soyons honnêtes, les risques d'incendie important restent faibles. Un bon vieux chiffon en coton (dont on a besoin par ailleurs pour de multiples raisons) sera tout à fait approprié pour étouffer un départ de feu si un appareil venait à entrer en combustion.

## RISQUES CHIMIQUES

Il va de soi que l'usage de produits chimiques présentant des dangers devra se faire avec la plus grande attention : a priori peu de produits très agressifs comme les acides sont utilisés, mais des produits hautement toxiques ou fortement inflammables sont fréquents. Ces produits peuvent aussi dégager des vapeurs nocives lors de leur échauffement par un fer à souder par exemple ou même si les choses tournent mal lors d'un essai infructueux ! On bannira, bien entendu, l'utilisation de produits dont l'usage est interdit par la législation comme le trichloréthylène.

Principaux produits toxiques au toucher ou par inhalation :

- peintures et vernis (protection des circuits imprimés) ;
- solvants (alcool, acétone, produit de nettoyage des contacts...) ;
- flux de soudure (lorsqu'il est chauffé) ;
- plastique surchauffé ou en combustion.

Évitez de respirer les vapeurs dégagées lors de leur utilisation ou d'une surchauffe accidentelle durant une réparation, et notamment au cours des soudures faites sous une loupe (miniaturisation oblige), contraignant le dépanneur à rester très près de la source de dégagement toxique. Rappelons que la soudure en fil comporte une âme de flux décapant permettant de faciliter la soudure des éléments et dont les vapeurs sont toxiques.

La plupart de ces produits étant très inflammables, prudence donc. L'acétone utilisé pour nettoyer les circuits est, quant à lui, non seulement inflammable mais susceptible en plus d'altérer certains plastiques : à ne pas utiliser sans avoir fait au préalable un essai sur une partie non visible.



Ne travaillez jamais dans un local trop exigu et insuffisamment aéré. Les vapeurs et fumées issues de produits utilisés (parfois des appareils récalcitrants) doivent pouvoir rapidement se dissiper.

## RISQUES DE BLESSURES

Le réparateur aura souvent besoin de démonter les appareils défectueux afin d'accéder aux éléments internes. Quelques précautions sont à prendre durant le démontage, notamment avec des appareils dont les boîtiers sont « clipsés » (ordinateurs, petits appareils divers, certains téléviseurs) car ces boîtiers sont difficiles à ouvrir parfois, surtout si on ne connaît pas la position des clips : risques de cassure du boîtier rendant les morceaux coupants, ou de pincement des doigts ! Un boîtier qui résiste c'est très énervant, il faut donc savoir calme et raison garder !

Une autre cause fréquente de blessures des mains est la manipulation des appareils ouverts munis de plaques ou d'équerres métalliques dont les bords, mal ébavurés, se révèlent souvent très blessants.

On se méfiera également des outils tranchants : cutters, pinces à dénuder, pince coupante qui, outre les possibilités de pincement, peuvent provoquer des coupures. Bien entendu, on n'utilisera jamais une lame de cutter à mains nues hors de son support. Même un tournevis peut se révéler dangereux s'il est utilisé à des fins telles que l'ouverture d'un boîtier récalcitrant. On évitera toujours d'avoir les mains ou le visage dans une zone probable d'accident (trajet prévisionnel du tournevis prenant la fuite par exemple !).

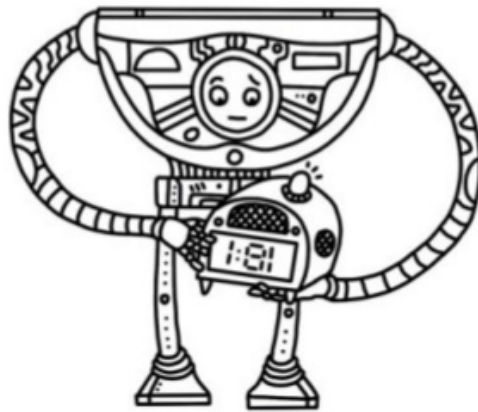
Pour toutes ces manipulations, il sera sage de passer une paire de gants de bricolage, parfois même de porter des lunettes de protection.



Rappelez-vous une règle essentielle : ne jamais travailler avec des outils inadaptés, dans un environnement mal ventilé, trop exigu ou mal rangé, la confusion rendant les risques plus importants.



Au sujet des lunettes, si vous avez la chance de ne pas en porter, des lunettes de protection peu coûteuses suffiront, gardez-les à portée de main si vous devez manipuler des produits ou matériaux susceptibles d'atteindre vos yeux. Vous les trouverez en grande surface de bricolage. En revanche, si vous portez des lunettes correctrices, gardez votre ancienne paire pour bricoler, cela vous évitera d'abîmer ou salir vos lunettes habituelles. Si vous portez des verres progressifs, la réparation exigeant une vision rapprochée des éléments constitutifs des appareils, une bonne astuce serait de vous faire faire des lunettes adaptées uniquement à la vision de près. À l'heure où j'écris ces lignes, vous pouvez vous procurer des lunettes adaptées à votre vision de près pour moins de 30 €. Ce faible coût vous évitera d'abîmer votre paire de lunettes de tous les jours, et surtout de vous tordre le cou pour adapter la position de votre tête à la vision de près avec des verres progressifs sur les appareils de grande taille.



## CHAPITRE 2

# L'ESPACE DE TRAVAIL DU RÉPARATEUR

Travailler dans un lieu organisé, sécurisé, optimisé, est déjà un premier pas vers la réussite de son travail. Disposer des bons outils, du rangement nécessaire et d'un bon éclairage est indispensable. La recherche des pannes sera ainsi facilitée, alors qu'un environnement mal ordonné sera souvent le prétexte pour ne pas persévérer.

### Aménagement du lieu de travail

Bien qu'on soit parfois obligé de réparer sur un coin de table du salon et avec pour seul outil ses yeux, les cas de brillantes réussites dans de telles conditions sont rares et les occupants du salon souvent enclins à l'exaspération... Voici, dans l'ordre d'importance, les installations, outils et produits nécessaires à la réparation des appareils.

#### L'INDISPENSABLE

Tout d'abord, il faut s'équiper d'une **surface de travail** isolante mais non électrostatique, suffisamment grande pour permettre la manipulation aisée des appareils (poser à plat un écran LCD de grande dimension, tourner un téléviseur, disposer et interconnecter l'ensemble des cartes constituant un appareil hi-fi en test, etc.).

Un **miroir** fixé sur le mur derrière le plan de travail renverra une image des parties cachées de l'appareil : pour voir l'écran, les voyants ou l'afficheur à l'avant d'un appareil lorsqu'on travaille sur les circuits placés à l'arrière. Il sera utile également de disposer d'un miroir portatif pour l'examen minutieux des détails : dessus, dessous ou derrière un appareil.

Un **éclairage** important mais non éblouissant est idéal pour une bonne observation des coins et recoins des appareils. On prévoira bien entendu l'éclairage de la pièce, mais aussi plusieurs moyens d'éclairage de l'espace de travail indépendants les uns des autres pour éviter l'éblouissement lorsqu'on manipule un appareil vidéo.

Une **loupe éclairante** permettra l'observation détaillée des circuits ou la recherche de défauts (mauvaises soudures, circuits brûlés, etc.). Il peut s'agir d'une loupe portative, d'une loupe de table ou d'horloger, les grossissements s'échelonnant de 3, 10 à 30 fois sont utiles.

Des **outils de précision**, si possible avec des manches isolés. Nous y reviendrons ultérieurement.



Des **prises électriques** en nombre suffisant pour pouvoir y brancher les appareils en test et les appareils auxiliaires (lecteur DVD, platine disque, etc.) ainsi que les appareils de mesure et les outils électriques utilisés.

#### On récapitule ?

- Une grande surface de travail isolante.
- Un miroir fixé sur le mur derrière le plan de travail.
- Un éclairage important et non éblouissant.
- Une loupe éclairante.
- Des outils de précision avec manches isolés.
- Des prises électriques nombreuses à proximité.

## L'UTILE

Un **transformateur d'isolement 220 V/220 V** de puissance au moins égale à 100 W (300 W pour le dépannage des téléviseurs) est bien utile lorsqu'il s'agit de travailler sur les alimentations à découpage, en isolant leurs circuits primaires du réseau électrique public. Attention, prenez bien la précaution de vous équiper d'un transformateur qui permettra l'isolement primaire-secondaire indispensable à votre sécurité et non pas d'un autotransformateur n'assurant pas cet isolement.

Une **prise électrique portable avec protection différentielle** (30 mA ou mieux 10 mA) avec coupure de test permettra, en cas d'urgence, d'interrompre l'alimentation de l'appareil sans avoir à retirer la prise électrique (souvent difficile à extraire). De plus, cette prise offrira une protection supplémentaire au dépanneur.



Figure 2-1. Prise différentielle 30 mA

Une **prise mobile**, contrôleur de consommation électrique, permettra de vérifier la consommation en veille et en fonctionnement des appareils, fournissant ainsi une bonne indication sur d'éventuels problèmes d'alimentation électrique rencontrés.

Une **prise équipée d'une lampe en dérivation** fait partie des équipements à prévoir. Si votre appareil fait sauter les fusibles de la maison, inutile de le brancher sans précaution pour essayer à nouveau : ça va sauter inéluctablement si vous n'avez pas trouvé le ou les coupables de la panne. Les appareils électroniques consommant peu en général, surtout en veille, le mieux est de munir une prise électrique d'une ampoule à incandescence intercalée en série sur l'un des fils : celle-ci s'allumera plus ou moins fortement selon la consommation de l'appareil et sa puissance. Véritable indicateur de l'état de santé du circuit qui est alimenté, la lampe doit pouvoir être alimentée en 220 V et sa consommation doit être comparable au double de celle de l'appareil (par exemple, pour dépanner une minichaine hi-fi, une lampe de 220 V - 40 W suffira pour les premiers essais). On y reviendra dans les chapitres 4 et 7 à 11 du livre. L'utilisation d'une simple ampoule sur un culot amovible permettra de changer celle-ci selon les besoins en puissance. Rappelons que si les ampoules classiques à incandescence deviennent rares, les ampoules halogènes sont toujours commercialisées en puissances variées.

### Pas d'ampoules basse consommation !

Il est bien entendu hors de question d'utiliser des ampoules basse consommation pour cet usage, en raison de la présence d'un circuit électronique interne à la lampe qui ne permet pas un fonctionnement normal en dehors de la tension électrique nominale prévue. Ces lampes ne peuvent pas absorber la puissance électrique de façon progressive en fonction de la consommation de l'appareil relié. C'est pour cette même raison que ces lampes ne peuvent pas être utilisées avec un variateur de puissance. Les lampes à incandescence vont être prochainement interdites à la vente, je ne saurais trop vous conseiller d'en faire provision pour vos usages de ce type, tout comme certaines lampes halogènes à basse tension utilisées dans les luminaires et qui vous rendront service lors de la réparation des circuits d'alimentation.



Figure 2-2. Prises mobiles dont une avec lampe à incandescence en série

On pourra doter une prise normale et la prise équipée de la lampe en série d'un interrupteur coupant la phase (par sécurité), afin d'offrir la possibilité, lors des essais, de couper le courant immédiatement si nécessaire. Prévoir bien entendu de couper le fil de la phase, ou les deux fils du secteur, pour plus de sécurité.

Un **accès à Internet** et un **ordinateur personnel** à portée de main sont indispensables pour accéder aux divers documents (manuels de dépannage, fiches techniques des composants, forums de discussion, etc.). En se munissant en plus d'une imprimante, on pourra imprimer les fiches, ce qui s'avère infiniment plus pratique que la consultation des schémas à l'écran ! Une tablette (minimum 10 pouces) est également très commode pour les visualiser aisément ; facilement déplaçable et à forte autonomie, elle sera bien plus pratique qu'un ordinateur, même portable. On en trouve d'occasion pour quelques dizaines d'euros.

Une ou plusieurs **prises d'antenne TV et FM** font aussi partie d'un équipement bien utile au dépanneur.



Personnellement, j'utilise deux tables de travail ; l'une permet d'examiner les appareils en fonctionnement, l'autre de réparer les circuits démontés une fois la panne localisée. Cela évite de faire cohabiter sur un même espace les outils et les appareils.

Retenez bien que toutes les prises électriques doivent être munies d'une terre de qualité et protégées par un disjoncteur adapté et par un interrupteur différentiel. Prenez soin de bien choisir un transformateur d'isolement et non pas un autotransformateur qui n'assure pas la séparation entre les circuits primaire et secondaire. Indispensable lors de l'observation des signaux du circuit primaire d'une alimentation à découpage à l'aide d'un oscilloscope dont la masse est reliée à la terre, c'est aussi une sage précaution de sécurité pour le dépanneur qui pourra l'utiliser durant tous ses travaux de réparation.



Figure 2-3. Transformateur d'isolement 220 V/220 V - 100 W



### On récapitule ?

- Un transformateur d'isolement 220 V.
- Une prise électrique portable avec protection différentielle (30 mA ou mieux 10 mA) et interrupteur.
- Une prise mobile.
- Une prise équipée d'une lampe en dérivation.
- Un accès à Internet.
- Un ordinateur personnel.
- Une ou plusieurs prises d'antenne TV et FM.

## LE PRÉCIEUX

Pourrait-on demander à un non-voyant de dépanner un appareil électrique ou électronique ? Sans doute non, hélas, quoique connaissant leur pugnacité, leur capacité de concentration et leur persévérance, je suis convaincu que cela serait possible pour certains. Mais que peut-on attendre d'un dépanneur qui ne peut correctement voir les circuits de ses appareils ? C'est pourquoi je préconise de se doter des **divers moyens permettant d'examiner en détail les appareils** : éclairages portatifs, à piles ou alimentés par le secteur électrique (à utiliser pour l'observation des parties dissimulées des appareils), mais aussi des petits miroirs, loupes éclairantes ou non, voire une loupe d'horloger, bien précieuse parfois, etc.

Un auxiliaire utile sera l'**appareil photo numérique** disposant si possible d'une position de mise au point « macro ». Ce dernier permettra non seulement de garder des souvenirs de ses dépannages (comme un pêcheur de ses prises !), mais surtout de prendre des clichés des appareils avant et durant leur démontage afin de pouvoir les remonter sans difficulté, après avoir attendu parfois plusieurs semaines les pièces de remplacement. La prise de clichés sera aussi une nécessité si vous souhaitez intervenir dans les forums de discussions techniques, que vous soyez demandeur ou fournisseur d'informations : pour illustrer la panne si elle est visuelle (téléviseur ou ordinateur), ou pour montrer les circuits suspectés, ce qui permet aux internautes de reconnaître les appareils...

Enfin, un **logiciel de dessin** ou de tracé de schéma permettra au technicien averti de documenter son travail par un plan ou un schéma. Il existe de nombreux logiciels gratuits, largement suffisants pour les besoins du technicien en dépannage. Si en plus d'être intéressé par la réparation, vous aimez également concevoir des circuits, ces logiciels vous seront indispensables pour la réalisation des plans mécaniques et électroniques de vos projets. N'oubliez pas qu'un bon dessin (ou une bonne photo) vaut souvent mieux qu'un long discours !

### On récapitule ?

- Divers moyens d'éclairage de précision.
- Un appareil photo numérique.
- Un logiciel de dessin technique ou de schématique.

## Les appareils de mesure

Il est évidemment nécessaire de disposer d'un minimum d'instruments de mesure pour pouvoir réparer les appareils électroniques de plus en plus sophistiqués que nous connaissons aujourd'hui.

### L'INDISPENSABLE

À moins de limiter ses ambitions à la vérification visuelle ou au remplacement (souvent insuffisant) d'un fusible, la réparation des appareils électroniques nécessite quelques appareils indispensables pour pouvoir diagnostiquer les pannes avec succès (outre des connaissances de base en électronique).

#### Un multimètre numérique

Il doit avant tout permettre de vérifier tensions et intensités, mais également la valeur des résistances, voire des condensateurs et inductances. Un multimètre digital permettant la mesure des tensions et intensités (un calibre 10 A est nécessaire), des courants alternatifs et continus, des résistances et si possible des capacités deviendra vite incontournable. Le *nec plus ultra* permettra la mesure des fréquences, des inductances, la vérification des diodes et transistors.

Il est inutile de se procurer des appareils coûteux de très haute précision : un multimètre coûtant quelques dizaines d'euros sera largement suffisant dans presque tous les cas.



Figure 2-4. Multimètre numérique

## Un multimètre analogique

Quitte à paraître rétrograde à certains, il me semble que le bon vieux multimètre à cadran (à aiguille) a toujours sa place dans l'espace de travail de l'électronicien. Je ne cesserai jamais de le recommander car il permet de voir les valeurs fluctuantes bien mieux qu'un multimètre digital. De même, les tests de continuité des liaisons lorsqu'on vérifie un circuit, la vérification des diodes ou transistors bipolaires par exemple, seront beaucoup plus rapides et facilités avec un multimètre à aiguille, l'œil étant attiré par le mouvement de cette dernière, parfois accompagné de l'allumage d'un voyant, ou le bip d'un buzzer pour les tests de continuité. Mieux vaut avoir l'œil sur son circuit (sécurité et prévention des contacts accidentels des sondes de test) que de devoir surveiller l'affichage d'un multimètre digital dont l'interprétation peut, parfois, engendrer un questionnement pénible pour des tests simples qu'on espère rapides. Le cerveau retiendra en effet plus facilement le mouvement ou la position d'une aiguille que la valeur affichée.

Attention toutefois : prévoir si possible un appareil de classe  $20\,000\ \Omega / V$ , afin de ne pas perturber le fonctionnement des circuits en cours d'analyse lors de la prise des mesures.

Alors que le multimètre digital permettra d'effectuer des mesures plus précises et complémentaires à celles du multimètre analogique, ce dernier sera indispensable pour les vérifications les plus courantes en dépannage et les comparaisons de tensions. Les deux types d'appareils sont donc complémentaires. Ne pas négliger les cordons de mesure qui doivent être souples et munis de pointes de touches très fines pour accéder aux broches des composants miniatures sans provoquer de courts-circuits.



Figure 2-5. Multimètres analogiques



Inutile de mettre un prix fou dans un appareil de haute précision ; en dépannage, la précision des mesures n'est pas essentielle et les appareils courants sont amplement suffisants.



## L'UTILE

Ayant dépassé le stade des vérifications essentielles permises par le seul multimètre, on risque rapidement de perdre beaucoup de temps ou d'argent par manque de précision dans ses investigations. Des outils plus pointus deviennent alors indispensables. Il n'est pas nécessaire de mettre une fortune pour s'équiper de tels instruments, les occasions à bon prix se trouvent facilement sur les sites d'annonces ou d'enchères bien connus.

### Un contrôleur de composants

Il est récemment apparu des petits contrôleurs vendus parfois sous forme de « kit » et qui permettent la reconnaissance des composants et la mesure de leurs caractéristiques électriques. Ces appareils vous dispenseront de l'achat d'un multimètre coûteux, en apportant une précision suffisante en dépannage. Leur fonction est de reconnaître le composant en cours d'analyse, son brochage le cas échéant et sa valeur, ainsi que certaines caractéristiques auxiliaires comme la résistance parasite d'un condensateur électrochimique de filtrage (ESR ou *Equivalent Series Resistance*). Ils peuvent contrôler efficacement les résistances, condensateurs, inductances, les diodes, le type de transistor bipolaire ou FET, leur brochage, etc.

Ces petits appareils sont constitués de composants microcontrôleurs et leur mise à jour logicielle est parfois possible, les rendant ainsi évolutifs. Personnellement, je conseille vivement un tel achat (quelques dizaines d'euros sur les sites Internet de vente de composants ou d'enchères).



N'utilisez ces appareils que sur des composants retirés de leurs circuits et n'oubliez pas de décharger les condensateurs au risque de détruire l'appareil lors des vérifications !

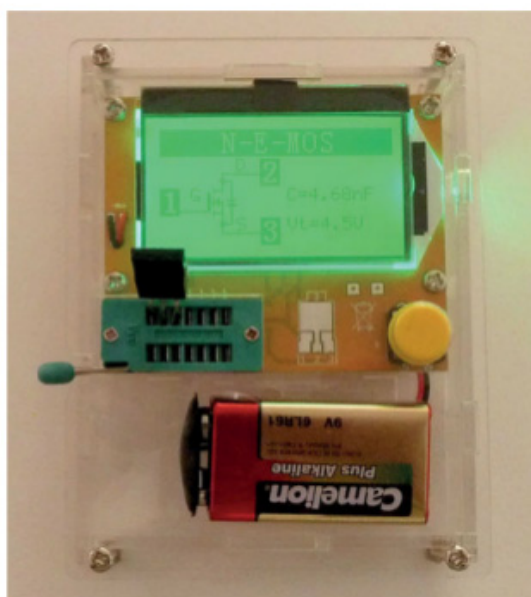
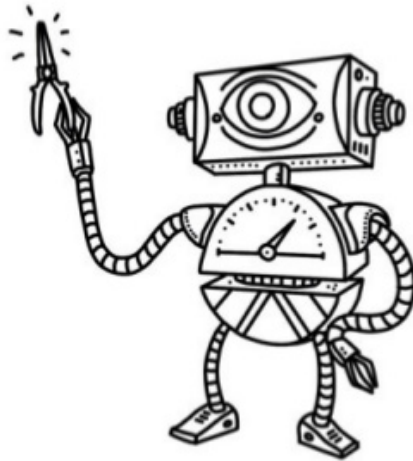


Figure 2-6. Appareil de contrôle des composants



## Un oscilloscope



Sans qualifier l'oscilloscope d'indispensable, je le jugerai plus qu'utile pour peu qu'on dépasse le stade du remplacement de fusible : l'oscilloscope est lui aussi incontestablement un appareil de vision puisqu'il permet de « voir à l'intérieur des circuits » (il faudra alors aussi savoir apprécier visuellement la qualité des signaux présents), et surtout de façon dynamique, mettant ainsi en évidence les instabilités ou bruits parasites, excellents indicateurs de défauts. Mais on aborde là le domaine des appareils coûteux. Un oscilloscope peut se trouver d'occasion pour quelques dizaines d'euros... ou neuf pour plusieurs milliers ! Cela dépendra de ses caractéristiques. Comment choisir celui qu'il vous faut ?

■ **Un ou plusieurs canaux** – Choisir deux canaux est préférable, car un monocal sera quelquefois trop

limité lorsqu'il devient indispensable de comparer deux signaux entre eux ou de se synchroniser sur un signal pour en observer un autre. Pour les études de circuits complexes, quatre canaux c'est encore mieux, mais soyons pragmatiques : je n'en ai pas et n'en ai jamais eu, n'ayant ressenti ce besoin que rarement, le plus souvent motivé par une soif de curiosité, en approfondissant le fonctionnement des circuits, mais hors du cadre du dépannage...

■ **Bande passante** – 2 à 20 MHz permettront de couvrir 95 % des besoins pour un coût modique, surtout d'occasion. Pourvu d'une bande passante supérieure (100, 150 voire 200 MHz), un oscilloscope permettra de visualiser les signaux vidéo digitaux, ce qui est parfois utile mais loin d'être indispensable.

■ **Sensibilité verticale** – La quasi-totalité des oscilloscopes ont une sensibilité de 5 ou 10 mV par division, ce qui est suffisant.



Les entrées de mesure d'un oscilloscope ont une tension maximale admissible qu'il convient de ne pas dépasser sous peine de détruire le bel (et coûteux) appareil. Une sonde « diviseur par 10 » (voir ci-après) permettra à un oscilloscope de mesurer une tension dix fois supérieure à la tension qu'il reçoit sur son entrée. De plus, une telle sonde évitera de perturber le circuit en cours d'analyse.

■ **Vitesse de balayage** – On doit avoir 50 à 100 ns par division (i.e. nanosecondes par division) au minimum, avec si possible une expansion « 10 x » permettant d'atteindre 5 ns.

■ **Simple ou double base de temps** – Un appareil à double base de temps permettra de se synchroniser sur un signal de durée longue (base de temps primaire) et de déclencher la base de temps secondaire à un instant choisi sur toute la durée du signal et ainsi de pouvoir en examiner les détails.

Cela sera parfois utile dans le cas du dépannage d'un téléviseur où on synchronisera l'appareil sur le début d'une image (de durée 40 ms) pour ensuite parcourir les différentes lignes de son contenu, chacune durant environ 64  $\mu$ s. Mais soyons honnêtes, c'est encore plus par soif de comprendre en détail que j'ai utilisé de tels moyens, jamais en dépannage.

- **Digital ou analogique** – Comme pour le multimètre, rien ne remplacera un bon vieil oscilloscope analogique pour observer des signaux enveloppe : on ne mesure pas, on observe globalement la forme du signal et ses variations éventuelles. En revanche, le modèle digital autorisera une meilleure connaissance des signaux en mesurant fréquence et amplitude (certains modèles analogiques le permettent également, mais ils sont plus coûteux).

Pour faire du dépannage, un oscilloscope analogique est largement suffisant, à prix correct d'occasion... De plus, il est en général facilement réparable par rapport à un modèle digital plus intégré (car il faut aussi parfois réparer ses appareils de mesure !).

J'ai parfois été surpris par des signaux observés à l'aide d'un oscilloscope numérique, notamment en gardant mes habitudes d'utilisateur d'oscilloscope analogique. En effet, l'observation de l'allure générale d'un signal variable (en utilisant une vitesse de balayage lente) est assez déformée par le mécanisme d'échantillonnage d'un modèle numérique, alors qu'un modèle analogique rendra fidèlement l'allure de la variation d'un signal. C'est un peu technique, je m'en excuse, mais utiliser un modèle numérique requiert des réglages plus finement élaborés, c'est pourquoi, au moins au début, je ne saurais que trop recommander l'achat d'un modèle analogique.

Lors de l'acquisition d'un oscilloscope digital, il ne faudra pas négliger ses caractéristiques, en particulier la bande passante réelle par rapport au nombre d'échantillons par seconde. Pour un bon appareil, le taux d'échantillonnage doit être égal à 10 fois la bande passante, soit  $10^9$  échantillons par seconde (soit 1 giga échantillons par seconde) pour une bande passante de 100 MHz. Leur coût est plus élevé mais ils permettent également la mesure des tensions, temps et fréquences des signaux. À titre de comparaison, j'ai pu acquérir récemment, d'occasion, l'appareil digital d'un grand constructeur d'appareils de mesures (à gauche sur la figure 2-7), pour 100 €, mais un modèle analogique 2 × 20 MHz ne vous coûtera même pas la moitié en cherchant bien.

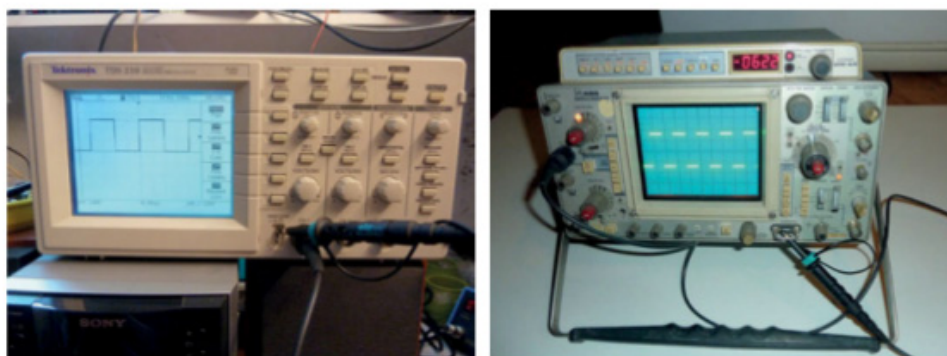


Figure 2-7. Réglage des sondes d'un oscilloscope numérique (à gauche) et analogique à multimètre intégré (à droite)

## Des sondes

L'oscilloscope devra souvent être utilisé pour contrôler des signaux rapides de très faible niveau (vidéo, signaux de réception haute fréquence, etc.). Le contrôle de ces signaux impose de ne pas perturber leur environnement par l'appareil de mesure ; c'est pourquoi l'utilisation d'un simple câble de mesure est à proscrire au profit d'une sonde « diviseur par 10 » qui limitera la capacité parasite appliquée au circuit et augmentera l'impédance d'entrée, réduisant ainsi les perturbations apportées par l'appareil de mesure au circuit en cours d'observation.

Le contrôle des circuits d'alimentation amènera également le réparateur à devoir contrôler des signaux de puissance sous des tensions importantes. L'utilisation d'une sonde permettra de limiter la tension appliquée à l'entrée de l'oscilloscope. On préférera une sonde supportant 600 V.

Une sonde est aussi beaucoup plus petite au niveau du point de contact (pointe de touche) et peut être munie d'un embout « grip-fil » permettant de la maintenir en contact avec un point de test ou un fil de composant. Il ne faudra pas oublier de régler la compensation des sondes utilisées afin de ne pas fausser les mesures.



Il est indispensable de réaliser le réglage de la compensation d'une sonde qui lui permet de s'adapter parfaitement à l'entrée de l'oscilloscope. Cela consiste à régler un petit condensateur ajustable afin qu'un signal carré soit correctement représenté. Les oscilloscopes disposent tous d'un générateur de signal carré pour effectuer ce réglage.

Il existe des sondes à coefficient  $100 \times$  et des sondes haute tension, mais elles sont très coûteuses et rarement utiles au réparateur.

Si la tension à mesurer dépasse (légèrement) la capacité de l'oscilloscope muni d'une sonde  $10 \times$ , on peut se prémunir contre tout risque : sachant que l'impédance d'entrée d'un oscilloscope est en général  $1 \text{ M}\Omega$ , en utilisant une prise BNC en T sur le connecteur d'entrée de l'oscilloscope, on mettra une résistance de  $2 \text{ à } 3 \text{ M}\Omega$  en parallèle sur l'entrée, ce qui réduira ainsi la sensibilité de l'appareil. Attention toutefois à ne pas dépasser la tension admissible par la sonde et à calibrer la compensation de la sonde lors de son utilisation dans ces circonstances. Une sonde  $10 \times$  possède une résistance interne de  $9 \text{ M}\Omega$ , l'entrée de l'oscilloscope une résistance de  $1 \text{ M}\Omega$ . En reliant en parallèle avec l'entrée une résistance de  $3 \text{ M}\Omega$ , on obtiendra une résistance d'entrée de  $750 \text{ k}\Omega$  donnant ainsi un coefficient multiplicateur de  $12 \times$ . Mais bien entendu les amplitudes mesurées seront à interpréter en fonction de la résistance utilisée et de sa précision.



Figure 2-8. Sondes pour oscilloscope (diviseur par 1 et 10)



N'oubliez pas de calibrer la compensation en fréquence des sondes utilisées, au risque de déformer les signaux observés conduisant à de fausses conclusions. Le réglage de la compensation permet à la sonde de s'adapter parfaitement à l'entrée de l'oscilloscope ; il consiste à régler la vis d'un petit condensateur ajustable intégré à la sonde afin qu'un signal carré soit correctement représenté, sans arrondi ni pic, lorsque la sonde est en position 10 ×.

Les oscilloscopes disposent tous d'un générateur de signal carré prévu pour ce réglage.



Les sondes ont aussi une tension maximale admissible qu'il convient de ne pas dépasser, sous peine de les détériorer voire d'abîmer les entrées de l'oscilloscope de façon irréversible.

## LE PRÉCIEUX

On peut dépenser une fortune en équipant son atelier de travail d'un générateur basse fréquence (GBF) pour tester les amplificateurs audio, d'un générateur haute fréquence (GHF) pour vérifier ou régler les appareils récepteurs radio, d'un générateur VHF pour le dépannage des récepteurs FM ou des téléviseurs, d'une mire TV, d'un fréquencesmètre, d'un vobulateur, etc. Pour ma part, je ne recommanderais pas l'achat de ces appareils dont l'utilité est discutable dans les cas courants de dépannage. Je conseillerais en revanche :

- deux ou trois alimentations stabilisées réglables qui permettront de se substituer à une alimentation défectueuse pour tester le reste de l'appareil avant de dépenser inutilement temps et argent dans le dépannage de l'alimentation de l'appareil si le reste n'en vaut pas la peine.

Attention aux choix des tensions et intensités : un téléviseur de grande dimension consomme parfois plusieurs ampères sous des tensions de 3,3 V, 5 V, 12 V ou 24 V, parfois 33 V. Une solution peu coûteuse consiste à utiliser une ou plusieurs alimentations d'ordinateur délivrant 3,3 V, 5 V, +12 V et -12 V sous des intensités importantes. Pour les autres tensions, il faudra posséder des alimentations de laboratoire ;

- un simple logiciel sur un ordinateur PC permettra de générer des signaux de test à basse fréquence pour le test et le dépannage des amplificateurs (voir en annexe les liens Internet utiles) ;
- d'autres logiciels, souvent gratuits, pourront aussi être utilisés, surtout dans le domaine des basses fréquences.



Figure 2-9. Autres appareils de laboratoire

### LOGICIELS DE CONTRÔLE ET DE DÉPANNAGE (POUR WINDOWS)

Les ordinateurs fonctionnant sous Windows (toutes versions) sont souvent l'objet de ralentissements ou, plus grave, d'infections par des virus plus ou moins virulents et dangereux.

Les logiciels indiqués ci-après et que j'utilise depuis des années sur mes propres ordinateurs ont prouvé leur efficacité puisque, à ce jour, je n'ai jamais eu à réinstaller le système d'exploitation, ni même subi de sévères attaques.

De même, mais dans une moindre mesure, les logiciels de nettoyage permettent de redonner des performances correctes à un ordinateur devenu très lent. L'utilisation régulière de ces logiciels devrait permettre un maintien en état correct de fonctionnement des ordinateurs. Ils ont l'avantage d'être gratuits pour les particuliers. Certains ont toutefois des versions payantes offrant plus de fonctionnalités. Notons enfin que certains ne sont malheureusement disponibles qu'en anglais.

- **Antivirus** : Antivir de la société AVIRA, à installer et laisser fonctionner en permanence, les mises à jour sont automatiques et quotidiennes.
  - **Antimalware** (détection des intrusions et des processus malveillants) : Spybot à installer et laisser fonctionner en permanence, les mises à jour et processus de « vaccination » sont manuels ; Adwcleaner et Malwarebytes, ces deux logiciels sont complémentaires et à utiliser périodiquement ; enfin Roguekiller.
  - **Nettoyage des fichiers inutiles** (et recherche/correction des erreurs de la base de registre) : CCleaner, à utiliser périodiquement.
  - **Défragmentation des disques** : Auslogics Disk Defrag, à utiliser périodiquement.
  - **Défragmentation de la base de registre** : Auslogics Registry Defrag.
  - **Test du matériel** :
    - Memtest86, s'installe en gravant un CD qui est ensuite utilisé en dehors de Windows, ce CD permettant l'initialisation de la machine pour le test de la mémoire vive ;
    - Seagate Seatools ;
    - Hitachi Drive Fitness ;
    - Fujitsu Diagnostic tools ;
    - Samsung HUTIL ;
    - Western Digital Data Lifeguard Diagnostic.
- Les fabricants de disques durs mettent à disposition des utilisateurs des logiciels de contrôle et parfois de reformatage bas niveau de leurs disques durs. Ces logiciels fonctionnent soit de façon autonome soit sous Windows ou Mac OS, voire Linux. Ils se trouvent en téléchargement sur les sites des fabricants de disques.
- **Clonage d'une installation** Windows pour changer le disque dur : TrueImage (payant) ; EaseUS todo backup version gratuite ; ces logiciels permettent de cloner un disque dur existant et ses partitions afin de remplacer celui-ci par un modèle plus rapide ou à la capacité plus importante sans réinstaller le système d'exploitation et les logiciels.



Si vous devez remplacer un disque dur d'ordinateur fixe ou portable, ou si vous voulez redonner du tonus à un ordinateur un peu ancien (« *has been* », dirait mon fils !), choisissez un disque dur SSD (*Solid State Disk-drive*), c'est certes un peu plus coûteux mais vous ne reconnaîtrez pas votre ordinateur tant sa rapidité se trouvera améliorée.

L'objet de ce livre étant de traiter du dépannage matériel, je ne m'étendrai pas sur le fonctionnement de ces logiciels qui sont largement documentés sur Internet, sur les sites des fournisseurs et dans les forums de discussions. Certains, cependant, ne sont pas disponibles en français.



La visite de certains sites conduit au téléchargement de virus ou logiciels malveillants : la meilleure recommandation est de les éviter. Si l'objet d'un site est malveillant, il y a de grandes chances que de tels phénomènes malveillants se produisent. De même, l'installation de multiples logiciels d'usage plus ou moins régulier (car peu efficaces ou ne remplissant pas les fonctions attendues) conduit aussi, le plus souvent, à une telle pollution d'un ordinateur.

Une sage précaution serait de posséder un ordinateur fourre-tout dédié aux tests de ces logiciels afin de préserver l'ordinateur principal servant aux tâches essentielles (courrier, e-mails, etc.). Un ancien ordinateur équipé d'un disque SSD sera une solution économique et performante pour un tel usage.

## LOGICIELS DE TEST AUTONOME D'UN ORDINATEUR

Les ordinateurs présentant des instabilités peuvent être la cause de ces dysfonctionnements (panne matérielle) ou bien peuvent être victimes d'un système d'exploitation défectueux, d'un virus ou d'un disque dur défectueux.

Il peut être intéressant de vérifier le système en dehors de son utilisation normale afin de tenter d'isoler au mieux l'élément coupable.

- Test autonome de la mémoire : Memtest86, ce logiciel permet la gravure d'un CD ou DVD auto-chargeable (bootable) et vérifiera l'état de la mémoire.
- Test à configuration minimale : Linux Ubuntu, ce système d'exploitation propose une option de test de la version qui n'installe aucun fichier sur le disque et n'utilise pas ce dernier. Si le système est stable en faisant cet essai, il y a de fortes chances que le système d'exploitation ou le disque dur soit la cause de l'instabilité.

On pourra également installer un disque dur inutilisé et réinstaller le système d'exploitation de façon temporaire pour tester le matériel de l'ordinateur.

## LOGICIELS DE TEST DES TÉLÉVISEURS ET VIDÉOPROJECTEURS

*Mire TV* est une image d'une mire couleurs bien connue qui peut être utilisée pour voir la qualité de l'image d'un téléviseur ou d'un moniteur informatique.



## Autres utilitaires de test

Puisque le réparateur ne disposera jamais de tous les appareils sophistiqués et coûteux d'un laboratoire, il devra avoir recours à des moyens certes moins professionnels, mais surtout plus économiques et suffisants pour parvenir à ses fins.

- DVD de test : de nombreux DVD de test des téléviseurs à graver ou acheter sont disponibles sur Internet ; certains DVD commerciaux comportent des mires de test dans leurs bonus. On trouvera des images DVD à graver sur les sites suivants :
  - <http://www.w6rz.net>
  - <http://www.avsforsum.com/t/948496/avs-hd-709-blu-ray-mp4-calibration>

Mais bien d'autres existent, une recherche vous guidera vers des sites tout aussi intéressants.

- CD de test : même si, dans la plupart des cas, un CD musical suffira pour vérifier le fonctionnement d'un appareil sonore, il pourra être souhaitable parfois de disposer d'un ensemble de sons et signaux mono ou stéréo permettant de qualifier plus précisément la conformité des signaux sonores issus des appareils hi-fi. On trouvera de nombreux exemples à télécharger, puis graver, ou des CD de test commercialisés.

## TEST DES DIFFÉRENTES ENTRÉES AUDIO/VIDÉO DES APPAREILS

### Tuner TNT externe

Du fait de la présence obligatoire d'un tuner TNT HD sur les téléviseurs récents, de nombreux adaptateurs TNT HD externes se trouvent pour quelques dizaines d'euros sur le marché de l'occasion. Certains de ces appareils possèdent des sorties Péritel, HDMI, RGB, Vidéo Composite, Composantes Vidéo et audio RCA permettant le test des différentes entrées possibles d'un téléviseur.



La diffusion hertzienne des émissions télévisées en France utilisant une transmission HD, les anciens décodeurs-tuners TNT non HD sont par conséquent inutilisables. Aussi soyez prudent lors de la recherche d'un appareil d'occasion.

### Lecteur CD ou DVD/Blu-ray

Un lecteur CD à portée du réparateur permettra de disposer d'une source de signal audio utile lors de la recherche de pannes d'un appareil multimédia. Certains lecteurs de DVD haut de gamme ou Blu-ray disposent de sorties de différents types utilisés en télévision, notamment HDMI et composantes vidéo, ils permettront également de vérifier les appareils vidéo.

### DVD antimarquage

Lorsqu'un écran de téléviseur est marqué par l'affichage prolongé d'une image fixe ou la présence du logo des chaînes TV en surimpression des images diffusées, il est possible d'utiliser des successions d'images alternant phases sombres et phases fortement illuminées pour tenter d'effacer ou limiter le



phénomène. De nombreux sites proposent des informations ou fichiers à graver sur DVD. On pourra par exemple se reporter aux sites suivants :

■ <http://www.avsforum.com>

■ <https://www.pixelprotector.com>

### Générateur de son

Il est parfois nécessaire de disposer d'un générateur de son pour diagnostiquer et vérifier le fonctionnement d'un appareil audio. Un générateur basse fréquence fera bien entendu l'affaire dans tous les cas mais son prix est souvent prohibitif. D'autres solutions existent, par exemple l'achat ou la réalisation d'un CD ou DVD de test ou l'utilisation d'un logiciel qui générera les sons attendus sur la sortie ligne d'un ordinateur. On prendra soin de placer un condensateur de liaison (isolement) d'environ 100 nF entre la sortie ligne de l'ordinateur et l'appareil à tester.

De nombreux logiciels ou fichiers de test sont disponibles sur Internet. On pourra par exemple visiter le site [www.audiocheck.net](http://www.audiocheck.net).

## L'outillage



Mon grand-père ébéniste me disait toujours : « mauvais outillage, mauvais ouvrier ». Je dirai que le meilleur spécialiste en dépannage deviendra un piètre réparateur s'il ne dispose pas des outils adéquats : un jeu de clés à embouts pour desserrer des écrous, par exemple. Le choix des outils est donc primordial, d'autant plus que le dépannage attendu requerra minutie et méticulosité.

Les outils s'usent aussi pour certains, il ne faut pas l'oublier. Leur qualité sera également à prendre en compte : les outils bas de gamme, peu pratiques, pas solides, dangereux parfois, termineront

très vite à la déchetterie. Mieux vaut quelques outils de précision (tournevis, pinces...) de bonne qualité qui dureront longtemps et permettront un travail rigoureux et facilité.

### LES OUTILS DE BASE

Il ne faut pas hésiter, je crois, à choisir une bonne qualité pour l'outillage indispensable. Si l'investissement paraît plus cher, la durée d'utilisation et la qualité du résultat justifient au final un tel choix : certains outils illustrant ce livre, utilisés quotidiennement, sont en ma possession depuis plus de quarante ans !



Figure 2-10. Quelques outils de base

### Des tournevis

Pour cet outil essentiel, il faut prévoir :

- d'en avoir différentes sortes (lame plate, cruciforme, hexagonal...) ;
- de ne pas négliger leur isolation électrique, notamment pour les tournevis dits « d'horlogerie » souvent utiles mais dont le manche en métal représente un danger potentiel ;
- des modèles adaptés à des vis récalcitrantes ou de fort diamètre et éviter ainsi d'endommager les outils de précision non prévus pour de gros efforts ;
- des modèles dits « amagnétiques », parfois nécessaires aux réglages des circuits accordés des petits appareils (mais ne pas en disposer n'est pas un obstacle à la majorité des réparations).
- Des pinces. Il faut au minimum trois sortes de pinces :
  - une pince plate à bec court et long ;
  - une pince coupante ;
  - une pince à dénuder.

Bien sûr, disposer de ces mêmes catégories mais en différentes dimensions ne sera pas superflu (notamment pour les réparations du domaine de l'électricien, car on ne coupe pas un fil de 2,5 mm<sup>2</sup>, soit 1,8 mm de diamètre, comme un fil de câblage de 0,5 mm<sup>2</sup>, soit 0,8 mm de diamètre).

### Des outils spécifiques

- Clés à douilles hexagonales et clés plates.
- Clés Allen ou Torx.
- Tournevis spéciaux (Posidriv, Triwing...).
- Pincettes brucelles diverses.
- Cutter de précision.
- Outils spécifiques parfois à réaliser soi-même (clé Torx allongée, par exemple).
- Aimant (pour magnétiser les tournevis et récupérer les vis errantes).
- Une coupelle magnétique pour mettre les vis de l'appareil en réparation.
- Des seringues avec aiguilles pour déposer huile, alcool ou colle dans les endroits exigus.
- Divers outils de manipulation des petits composants...

La liste peut sembler longue, il ne faut pas pour autant s'en affoler, c'est au fur et à mesure du besoin qu'il faudra se les procurer, ils sont tous facilement disponibles en grande surface de bricolage. Inutile donc de tout se procurer, en dehors des outils standards, pour commencer.



Figure 2-11. Quelques outils spéciaux dont un aimant et une clé Torx allongée

À titre anecdotique, sachez que j'entretiens depuis toujours une relation conflictuelle avec un outil en particulier : la pince à dénuder. Souvent trop grosse ou imprécise pour les travaux d'électronique, je dois souvent terminer mon dénudage de fil au cutter, ce qui suscite, en mon for intérieur, un flot d'injures lorsque j'ai massacré mon fil de petit calibre ou mes doigts : « mauvais outillage, mauvais ouvrier » !

Je mets en photo une pince à dénuder très simple et pourtant des plus efficaces. Vous la trouverez sur Internet à l'étranger car elle n'est pas vendue en France. J'en possède une depuis plus de quarante ans qui ne m'a jamais fait défaut. Je ne saurais que trop la recommander. Elle permet de dénuder tous les fils : du plus petit fil de wrapping au câble électrique de 6 mm<sup>2</sup> ; elle permet de couper les câbles aussi, sans devoir changer d'outil. Pour la trouver, faites une recherche avec « wire stripper » sur votre site d'enchères favori.



Figure 2-12. Quarante ans séparent ces deux pinces à dénuder.

### Équipement complémentaire

C'est en forgeant qu'on devient forgeron et c'est en faisant vos réparations que vous identifierez ces petits auxiliaires souvent utiles : loupes, lampes d'éclairage légères et autonomes (torches, lampe frontale, stylo lumineux), mais aussi miroirs, pinceaux de nettoyage, etc. Étant un peu plus âgé que mes outils cités plus haut, j'ai aussi acheté des lunettes adaptées uniquement à la vision de près afin d'éviter de devoir sans cesse pencher la tête vers le haut pour voir de près les circuits avec mes verres progressifs. Les plus jeunes d'entre vous encore non atteints par la presbytie apprécieront peut-être des lunettes de lecture (grossissantes). Inutile de prendre la dernière monture à la mode et des « verres high-tech », qui vous coûteraient une fortune, on trouve pour moins de 30 € des lunettes de correction monofocale réalisées par des professionnels et parfaitement adaptées.

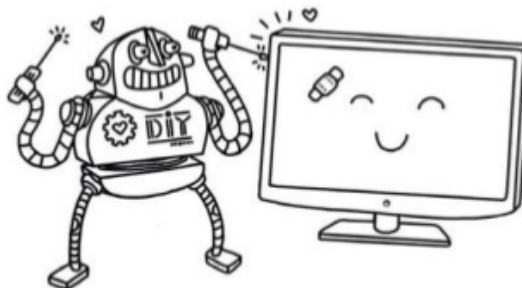






Figure 2-13. Quelques instruments pour mieux voir

N'hésitez pas sur cet équipement essentiel : la vue est le plus précieux des outils du réparateur, qui doit toujours commencer son travail par une observation minutieuse de l'état des circuits, à la recherche d'indices visuels.

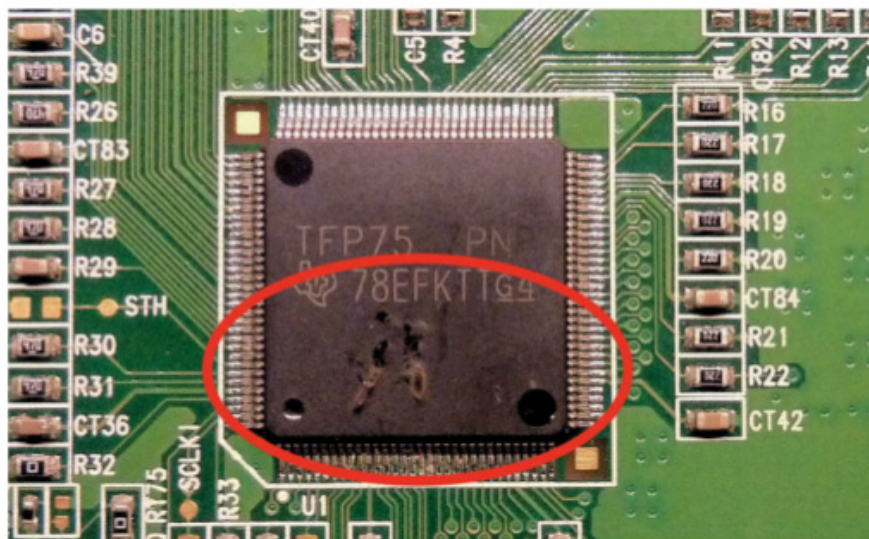


Figure 2-14. Contrôle visuel d'un composant (traces d'échauffement)

## LE MATÉRIEL DE SOUDURE

Le dépannage des appareils électroniques se limitera rarement au seul remplacement de composants montés sur des supports (cartouche fusible, par exemple) ou de cartes enfichables ou reliées par des connecteurs. Il faudra quasiment toujours procéder à la soudure des composants.

Avant de souder un composant à remplacer, vous devrez tout d'abord dessouder le fautif : c'est souvent l'étape la plus difficile d'ailleurs, car il ne faut pas endommager le circuit imprimé, toujours très fragile, ni provoquer de court-circuit. La soudure du composant neuf n'est pas toujours simple non plus, selon la taille toujours plus réduite des composants (montés en surface pour la plupart), et en raison des distances minimales entre les pistes conductrices.

Il est même des composants pour lesquels les chances de succès d'un démontage (dessoudage), suivi d'une remise en place (soudure), sont des plus aléatoires pour un non-professionnel, tant il serait coûteux de disposer des appareils nécessaires (four à refusion, par exemple). Cette raison conduira, entre autres, à abandonner le dépannage de certains circuits, comme ceux utilisant des composants de type BGA (*Ball Gate Array*) dont les connexions sont réalisées par des billes d'étain, placées sous le composant maintenu par colle au circuit imprimé, avant de passer au four.

Cependant, en général, les composants de la catégorie « irremplaçables » sont aussi souvent ceux de la catégorie « impossibles à trouver dans le commerce », il n'y a donc pas de regrets à avoir.

### L'indispensable

- Un fer à souder de 40 à 60 W. Il servira à souder/dessouder les éléments les plus importants, par exemple les carters de blindage courants sur les cartes électroniques où se traitent les signaux faibles.
- Une pompe à dessouder manuelle.
- Un fer à souder d'environ 30 W réglé en température et à élément chauffant céramique 24 V. Accompagné de plusieurs pannes interchangeables (0,8 mm, 1 mm, 2 mm, 3 à 5 mm). Ce type de fer basse tension évitera la transmission de courants à basse fréquence 50 Hz au circuit lors des opérations de soudure, de tels courants pouvant être destructeurs parfois. On préférera un modèle à température réglable et à pointe interchangeable. On choisira des pointes de 0,8 à 3 mm.



Ce type de fer à souder est en général relié à la terre (c'est d'ailleurs conseillé). Il ne faut donc pas l'utiliser sur les appareils sous tension ou simplement reliés au secteur électrique, même éteints, sans utiliser un transformateur d'isolement.

- De la tresse à dessouder de différentes largeurs sera utilisée pour enlever la soudure des pattes des composants montés en surface (CMS), là où la pompe à dessouder se montre insuffisante. Je conseille de la tresse étamée, bien plus efficace.



Figure 2-15. Tresse à dessouder, soudure et flux « fait maison »

- Du flux de soudure (en gel par exemple) facilitera la soudure des composants montés en surface. On pourra réaliser soi-même ce type de flux en mélangeant colophane et alcool isopropylique (voir recette page 38).
- Bien entendu, on doit envisager de la soudure avec âme décapante de plusieurs diamètres (0,5 à 2 mm). À noter que la soudure sans plomb devient obligatoire ; elle nécessite un point de fusion plus élevé que la soudure plomb-étain, mais elle est moins toxique.
- Une bombe de nettoyage de contacts servira également à nettoyer les circuits imprimés à l'aide d'une brosse à dents par exemple.
- De l'alcool à 90° ou isopropylique (c'est mieux pour l'électronique) ainsi que de l'. font partie des produits de base pour les travaux de soudure et de nettoyage des circuits.



Ces produits sont très inflammables et irritants. Ne pas négliger le nettoyage des circuits avant et après réparation afin, d'une part, de faciliter les opérations de mesure et soudage sur les circuits protégés par peinture ou vernis, puis de les débarrasser de tout produit oxydant déposé lors des opérations de soudure. Il sera parfois conseillé de le protéger par dépôt ou pulvérisation d'un vernis protecteur.

### L'utile

- Un fer à dessouder avec pompe manuelle incorporée permettra d'avoir l'autre main libre lors des opérations de dessoudage.
- Un support de circuits imprimés avec petite loupe dit « troisième main » (voir figure 2-16) rend de précieux services.
- Déjà mentionnées, une loupe éclairante et une lampe frontale complètent utilement cette liste.
- Un sèche-cheveux permettant de diffuser air chaud et air froid permettra de chauffer ou refroidir les parties suspectes d'un circuit qui peut parfois redevenir opérationnel dans des conditions thermiques différentes, ou au contraire mettre en évidence un défaut.



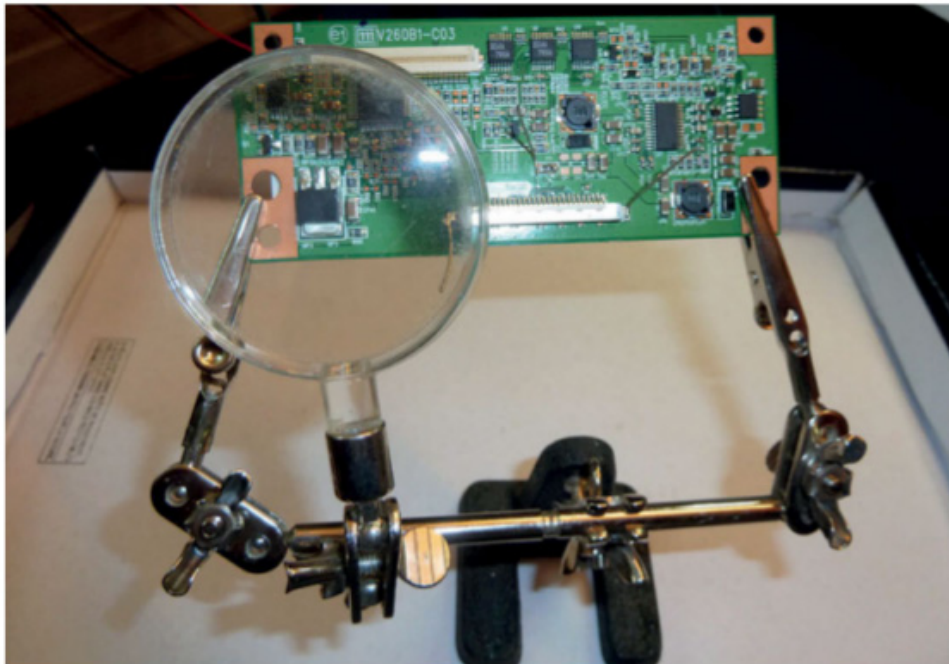


Figure 2-16. Instruments de soudure et support loupe

### Le nec plus ultra

Malheureusement beaucoup plus coûteuse, une station de soudage/dessoudage à air chaud se révèle être le meilleur équipement pour les opérations concernant les CMS (composants montés en surface). Elle évite la surchauffe des pattes de connexion des composants tout en permettant de toutes les chauffer simultanément, facilitant ainsi les opérations, notamment de dessoudage.



Figure 2-17. Station de soudage à air chaud



## L'outsider

En raison du prix élevé d'une station à air chaud, celle-ci ne sera pas toujours disponible dans l'équipement du réparateur amateur. Si souder des composants CMS peut se faire à l'aide d'un fer à souder classique à pointe fine, en utilisant une loupe et du flux de soudure, le dessoudage d'un CMS, soit pour le remplacer, soit pour le récupérer, est une tâche bien plus difficile qui risque de se terminer par la destruction du composant, mais aussi des pistes du circuit imprimé auxquelles il était relié.

Pour pallier cette difficulté, et en prenant soin de ne pas trop chauffer le circuit, l'utilisation d'un décapeur thermique muni d'un embout concentrant le flux d'air chaud permet un démontage facile et propre des circuits CMS.

Un tel outil, muni d'un embout concentrant l'air chaud et, si possible, doté d'un réglage de la puissance pour éviter la surchauffe, permettra la récupération de composants. Cependant, quelques dégâts collatéraux (dus notamment à la diffusion mal contrôlée et trop puissante de l'air chaud) sont à redouter. Son utilisation devra donc être réservée à la récupération de composants sans les détruire. Il ne remplacera pas une station de soudage/dessoudage à air chaud. L'ajout d'embouts faits maison permettra de concentrer le flux d'air chaud, évitant la trop grande dispersion de chaleur, et le réglage de température évitera la « cuisson » destructrice des éléments ou du support.



Figure 2-18. Décapeur thermique avec embout réducteur « maison »

Certains lecteurs m'ont reproché de suggérer cette solution qui à leurs yeux présente des risques pour les circuits. Ils ont à la fois raison et tort. Raison car si l'on s'en sert comme pour décapier un portail métallique peint, les circuits sont d'ores et déjà condamnés. En revanche, un modèle à plusieurs allures de chauffe muni d'embouts concentrant le flux d'air utilisé avec précaution pour éviter la surchauffe rendra quasiment le même service. Nous verrons par la suite comment se prémunir contre les risques lors de son utilisation. Pour ma part, je n'ai pas encore réussi à me convaincre d'acheter une station à air chaud qui me coûterait 5 à 10 fois plus cher, les modèles peu coûteux étant à bannir pour leur manque de précision et fiabilité. Décapeur thermique ou station à air chaud, des risques existent pour l'utilisateur qui évitera de se brûler les doigts avec le jet d'air chaud.

## LES PRODUITS CHIMIQUES

Certains produits servent à nettoyer ou protéger les circuits sur lesquels on intervient, d'autres sont utiles au travail en lui-même, notamment de soudure.

### Les produits de nettoyage

Que ce soit pour la préparation des circuits avant dessoudage des composants défectueux ou pour nettoyer après avoir terminé la réparation, les produits indispensables sont :

- de l'alcool à 90° ou mieux de l'alcool isopropylique (plus difficile à trouver), pour le nettoyage des circuits imprimés avant et après soudure, ainsi que pour éliminer les souillures, traces de liquides, saletés, etc. ;
- de l'acétone, pour éliminer peinture, colle ou souillures récalcitrantes.



Ces produits sont très nocifs et inflammables. De plus, l'acétone devra faire l'objet d'un essai préalable avant toute utilisation, car il risque d'altérer plastiques ou marquages.

### Les produits de graissage

Il est quelquefois nécessaire de graisser les parties mécaniques des appareils. Pour ma part, n'étant pas spécialiste des huiles et graisses, j'utilise :

- de l'huile au Téflon liquide ou en bombe ;
- de l'huile universelle trois en un (dégrippe, nettoie et graisse) ;
- de l'huile de machine à coudre ;
- de la graisse synthétique haute température pour les mécanismes soumis à des températures élevées ;
- de l'huile et de la graisse silicone.

Tous ces produits se trouvent en grande surface de bricolage.

### Les produits de travail

J'appelle « produits de travail » les produits qui ont un rôle spécifique à jouer lors de la réparation des appareils. Ces produits indispensables sont :

- une bombe de nettoyage/désoxydation des contacts, à utiliser lorsque les contacts d'un appareil sont défectueux (interrupteurs, potentiomètres, claviers mécaniques, etc.) ;
- du flux de soudure liquide ou en gel, pour faciliter la prise des soudures sur les contacts métalliques et éviter les contacts inopinés par bavure des soudures.

Certains autres produits pourront se révéler utiles :

- pâte à souder les CMS ;
- bombe à air sec pour sécher les circuits ;
- bombe de refroidissement pour détecter les composants défectueux en les refroidissant ;

- bombe de pulvérisation de couche conductrice ;
- bombe de pulvérisation de colle néoprène ;
- vernis conducteur pour réparer les circuits imprimés ;
- vernis isolant pour protéger les circuits contre l'oxydation ;
- isolant silicone en tube ou cartouche (type plombier) ;
- pâte thermique à intercaler entre les circuits et leurs refroidisseurs.

### Confectionner son flux de soudure

Parce que le flux de soudure est cher et difficile à trouver, bien qu'il soit indispensable au travail de soudure sur les circuits de type CMS, de nombreux hobbyistes confectionnent leur propre flux de soudure. Il sera d'aussi bonne qualité que bien des produits commercialisés dans les boutiques spécialisées et, de plus, vous n'aurez plus de raison de rationner les quantités utilisées lors de vos manipulations, vu son faible coût de fabrication, ce qui restait une source accrue de difficultés.

#### Ingrédients

- alcool isopropylique ;
- colophane (les musiciens l'utilisent pour enduire les archets des violons).

#### Recette

- Disposez la colophane sur une feuille de papier épais que vous allez replier afin d'emprisonner puis de broyer la colophane en petits morceaux ( $< 3$  mm) en vous aidant par exemple d'une bouteille en verre utilisée comme rouleau.
- Remplissez d'alcool isopropylique une petite fiole en verre, puis ajoutez-y les morceaux de colophane. Mélangez et laissez quelques jours pour permettre à la colophane de se dissoudre. Les proportions à respecter en poids vont de 20 % de colophane (flux très liquide) à 80 % de colophane (gel épais). Une formule épaisse évitera la dispersion du flux autour de la zone de soudage. Personnellement, je préfère cette formule mais son nettoyage est plus difficile.

Il vous faudra peut-être faire quelques essais avant de trouver le flux qui convienne à vos travaux. S'il s'évapore trop rapidement, ajoutez de la colophane. S'il laisse d'importants dépôts sur votre circuit imprimé, c'est qu'il y en a trop.

Dans tous les cas, il faudra nettoyer les éléments soudés après utilisation ; l'alcool isopropylique convient très bien pour cela.

Les ingrédients se trouvent assez facilement dans des boutiques spécialisées sur Internet, notamment sur le site <https://www.mon-droguiste.com>.

# IDENTIFIER, CONTRÔLER ET SUBSTITUER LES COMPOSANTS

Il est essentiel de reconnaître les composants qui sont utilisés dans les appareils électroniques, sinon comment diagnostiquer correctement les dysfonctionnements et leurs causes ? Les composants se présentent sous différentes formes, certains composants ayant plusieurs formats et technologies envisageables. Certains sont interchangeables, d'autres non. Nous allons donc tenter de faire le point le plus exhaustivement possible dans la jungle des composants modernes ou plus anciens, constituants essentiels des appareils électroniques.

Malheureusement, de nouveaux composants apparaissent presque chaque jour ; en dresser une liste complète n'est ainsi pas réalisable.

### Reconnaître les composants

Afin de ne pas tout mélanger, trois catégories de composants peuvent être définies, regroupant l'essentiel de ce que l'on peut rencontrer. Tout d'abord les composants passifs, c'est-à-dire les composants n'ayant pas en réalité un fonctionnement électronique mais électrique : on les retrouvera parfois dans des appareils peu « électroniques » comme un ancien grille-pain muni d'une résistance chauffante. Ensuite, nous étudierons les composants actifs : ce sera en priorité les semi-conducteurs, diodes, transistors et circuits intégrés, sachant que cet ouvrage ne traite pas des anciennes technologies à tubes électroniques trop peu utilisés de nos jours, à part pour des applications très particulières (émetteurs de puissance, hi-fi haut de gamme...), même si l'on considérera dans notre dernière catégorie un tube électronique très particulier, le « magnétron », utilisé au cœur des fours à micro-ondes dont nous étudierons la réparation. Enfin, dernière catégorie, je l'ai baptisée « divers » pour éviter de considérer trop de sous-catégories. Nous y trouverons les connecteurs, source d'ennuis divers dont il ne faut pas négliger l'entretien et surtout la fragilité ; nous y trouverons également tout ce qui se trouve dans nos appareils n'entrant pas dans les premières catégories. Je citerai par exemple les commutateurs, les supports de piles, les charbons de moteurs, les interrupteurs divers, les piles et les batteries ou accus rechargeables...

### LES COMPOSANTS PASSIFS

Pour faire simple, ayant créé la sous-catégorie « divers », on peut dire que les composants passifs se résument aux fusibles, résistances, potentiomètres, condensateurs, inductances et transformateurs. Cela ne suffit pas toutefois, ce serait trop simple... il existe en effet différentes catégories pour chacun de ces composants. Voyons en détail ce qui les différencie.



## Les fusibles

Les fusibles sont les premières protections des appareils électriques et électroniques, mais aussi de leurs utilisateurs, voire des installations électriques auxquelles ils sont reliés. Leur rôle consiste à assurer le passage du courant électrique en fonctionnement normal mais d'interrompre le circuit en cas de surcharge. À ce titre, il convient de les considérer avec attention et surtout de ne pas négliger leur remplacement tant leur rôle protecteur est important. Ils protégeront les appareils, les empêcheront de pouvoir trop chauffer et brûler parfois ; de même, ils éviteront de faire sauter toute l'installation électrique de la maison en cas de surcharge importante. À la différence d'un disjoncteur qui peut se réarmer, un fusible est un élément destructif qui doit être remplacé lorsqu'il a joué son rôle.

Dans les appareils électroniques, ils se présentent sous différentes formes ; la plupart du temps, ce sont de petits tubes de verre ou céramique contenant un fil « fusible » qui fondra en cas de surcharge. Ils existent également sous la forme de petites capsules soudées par des fils traversant une carte à circuit imprimé, ou, plus récemment sous la forme de petits CMS sur ces mêmes cartes. Dans ce dernier cas, le plus fréquent aujourd'hui dans les appareils électroniques, il convient d'être vigilant car ils ressemblent beaucoup à d'autres composants, résistances ou condensateurs, avec lesquels il conviendra de ne pas les confondre.

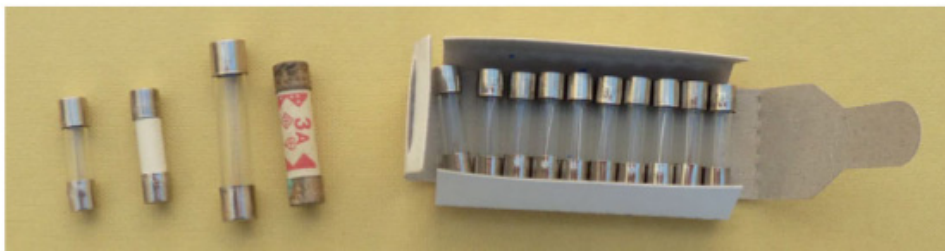


Figure 3-1. Différentes sortes de fusibles à cartouches

En dehors de leur forme, les fusibles sont caractérisés par trois valeurs : l'intensité de rupture, la tension maximale admise à leurs bornes après fusion et leur catégorie qui peut être à fusion instantanée ou à fusion retardée. Dits « temporisés », ceux-ci permettant d'absorber une surcharge temporaire, par exemple lors de la mise sous tension d'un appareil. Ces trois valeurs étant respectées, leur forme n'a que peu d'importance, c'est surtout une question de pratique. Ainsi, il pourra parfaitement être admis de remplacer un fusible capsule par un fusible à cartouche de verre, pour peu que l'on puisse le placer dans l'espace disponible. Parmi les trois paramètres caractérisant un fusible, l'un peut sembler bizarre, il s'agit de la tension maximum admissible à ses bornes puisqu'en effet, par définition, cette tension doit être nulle, le fusible étant un conducteur parfait. C'est à partir du moment où il joue son rôle, en interrompant le circuit que cette tension devient importante. Ainsi, un fusible protégeant l'arrivée du secteur électrique d'un appareil subira une tension alternative efficace de 220 volts, c'est-à-dire une tension sinusoïdale dont la valeur maximale atteint 311 volts. C'est pourquoi la plupart des fusibles en cartouche ou en capsule admettent en général une tension efficace de 250 volts. Les fusibles de type CMS sont moins tolérants mais utilisés en général dans des circuits utilisant des tensions continues beaucoup plus faibles.

Il est cependant une catégorie de fusibles qu'il conviendra de ne pas considérer à la légère, il s'agit de ceux montés dans le circuit du magnétron des fours à micro-ondes dont la tension maximale doit pouvoir atteindre plusieurs milliers de volts en cas de rupture. Remplacer un tel fusible par un fusible

ordinaire prévu pour 250 volts conduirait à la production d'un arc électrique lors de la rupture du fil fusible ; le courant continuerait donc à circuler, provoquant un fort échauffement et donc un risque d'incendie.



Figure 3-2. Fusible spécial du circuit magnétron d'un four à micro-ondes et la diode haute-tension

### Identification

S'il est facile de reconnaître un fusible de type cartouche (en général monté sur un petit support), ou de type capsule, il est plus difficile de reconnaître un fusible de type CMS et surtout de ne pas le confondre avec un condensateur ou une résistance. Plusieurs indices peuvent éviter la confusion.

Le premier indice consistera à rechercher le marquage du circuit imprimé dont la première lettre identifie le type de composant. Une résistance est en général numérotée R153 par exemple, un condensateur C45, une diode D12, une diode Zener ZD8, un fusible F2. Un fusible CMS est souvent de couleur blanche (boîtier céramique), ce sera parfois une résistance de valeur 0 indiquée sur le boîtier. Ce dernier type n'est pas vraiment un fusible mais, en cas de surcharge du circuit, son comportement sera identique, sans qu'une valeur précise d'intensité de rupture soit spécifiée.

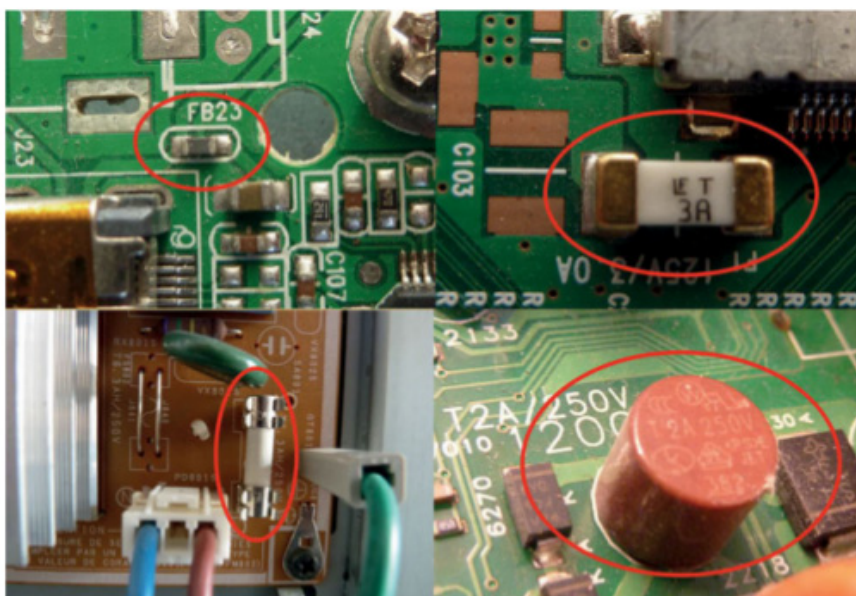


Figure 3-3. Différents fusibles miniatures dans leurs appareils

## Les fusibles en bref

Il existe deux types de fusibles ; à fusion instantanée et à fusion retardée, ces derniers acceptant une surcharge temporaire (à l'allumage d'un appareil par exemple) sans agir, contrairement aux fusibles à fusion instantanée. Les fusibles existent sous différentes formes d'encapsulation et enfin, leur intensité de rupture et leur tension maximale admissible caractérisent leur capacité à interrompre les circuits selon l'intensité normale de fonctionnement et leur tension d'alimentation.

## Les résistances

Les résistances sont des éléments qui limitent le passage du courant électrique en « résistant » au déplacement des électrons qui caractérisent ce courant. Chacun le sait, quand on s'oppose à une quelconque action, on transpire ! Imaginez que vous soyez en train de limiter la vitesse à laquelle un palan descend une charge en limitant la vitesse de la corde, inévitablement votre main sentira un échauffement, et plus vous limiterez la vitesse ou plus la charge sera lourde, plus ça vous chauffera la main. Et si la charge est trop importante, votre main souffrira trop et lâchera prise avant de subir une forte brûlure.

Il en est de même pour une résistance, elle aura donc une caractéristique qui mesurera sa capacité à s'opposer au passage du courant (donc des électrons traversant un circuit) et une autre qui indiquera l'effort qu'elle est capable de supporter avant de rendre l'âme. Dans certains circuits critiques, il est nécessaire d'utiliser des résistances de précision (1 % ou moins). La valeur d'une résistance exprimée en ohms (unité utilisée en hommage au physicien allemand Georg Simon Ohm et dont le symbole est  $\Omega$ ) indique sa capacité à s'opposer au courant. Plus sa valeur est forte, plus son opposition sera forte et limitera ainsi le courant circulant dans un circuit. La seconde caractéristique importante d'une résistance est sa capacité à absorber la chaleur produite par son effet d'opposition, elle s'exprime par la puissance électrique maximum qu'elle est capable de subir donc de dissiper sous forme de chaleur avant de risquer la destruction. Cette puissance maximale s'exprime en watts. Sans tomber dans la théorie, la puissance dissipée par une résistance s'exprime par la formule simple :

$$P \text{ (en watts)} = U \text{ (en volts)} \times I \text{ (en ampères)}$$

P étant la puissance dissipée par la résistance

U la tension à ses bornes

I l'intensité du courant électrique circulant dans la résistance

Ou encore :

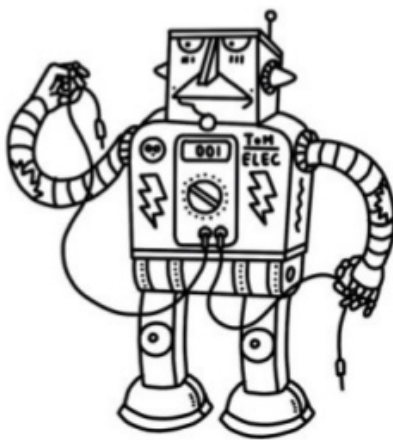
$$P \text{ (en watts)} = R \text{ (en ohms)} \times I^2 \text{ (en ampères)}$$

P étant la puissance dissipée par la résistance

R la valeur de la résistance en ohms

$I^2$  le carré de l'intensité du courant électrique circulant dans la résistance

Ces formules pourront vous être utiles pour déterminer la puissance que la résistance doit pouvoir absorber dans le cas où la valeur de cette résistance serait difficile à déterminer.







La taille physique d'une résistance augmente avec la puissance qu'elle peut dissiper. C'est en observant sa taille et en la comparant à celle d'une résistance connue que l'on peut évaluer la puissance qu'une résistance peut supporter. Cette manière de procéder sera suffisante lors d'une réparation lorsque la puissance d'une résistance à remplacer est inconnue.

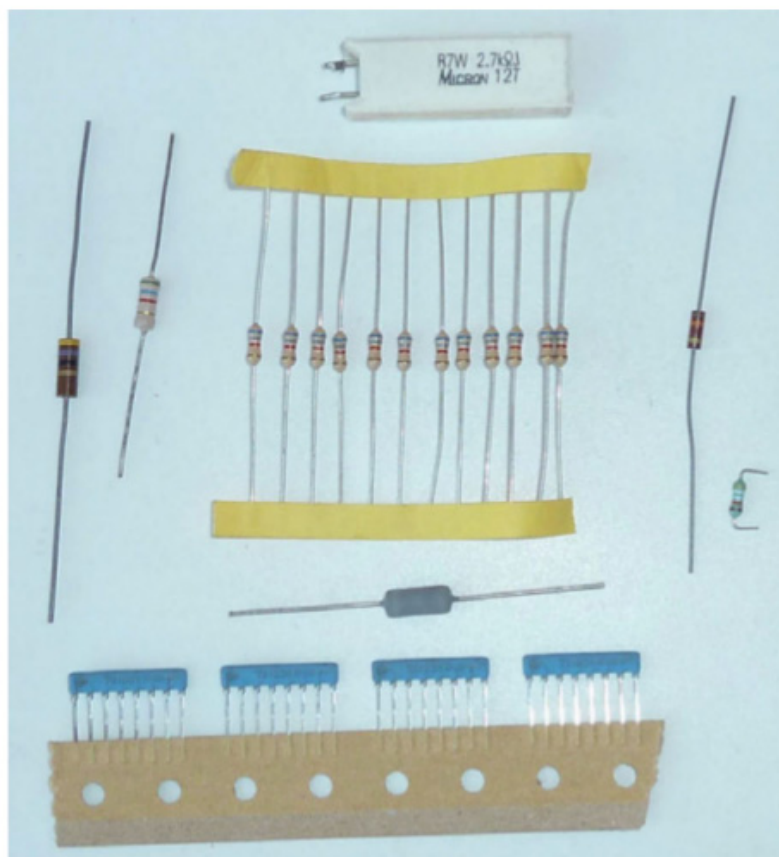


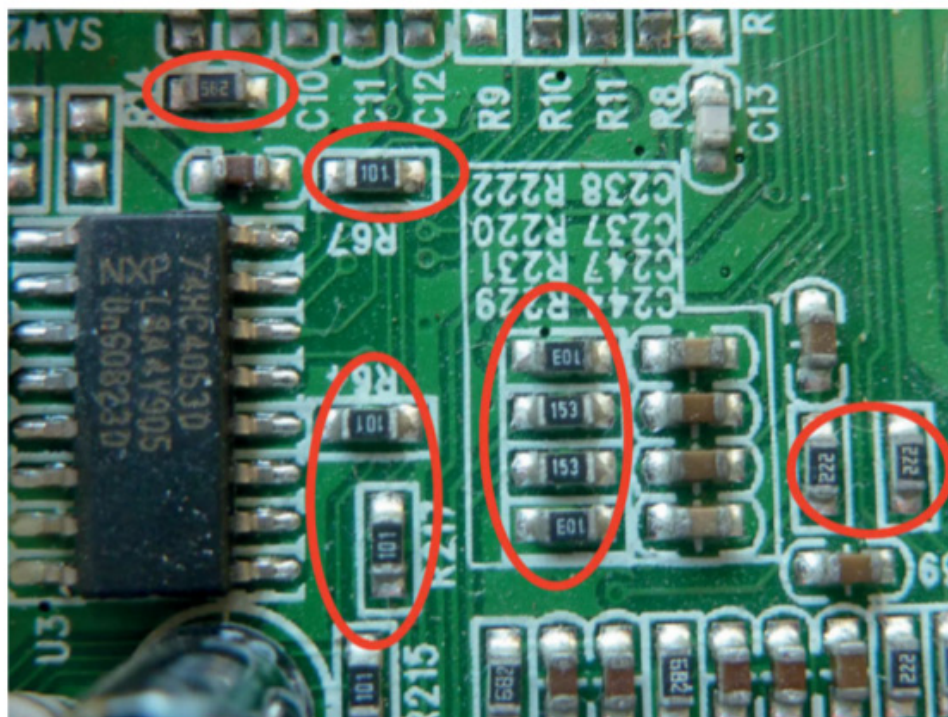
Figure 3-4. Différentes sortes de résistances à fils

Si l'on se contente de raisonner en électricien, ces deux valeurs suffiront à définir correctement une résistance ; on peut toutefois y ajouter des critères de dissipation de chaleur selon les conditions de montage de la résistance des éléments radiants (châssis métallique ou radiateur spécifique en aluminium), mais cela n'est pas important pour les appareils domestiques courants. Les imperfections principales pour les électroniciens sont leur inductance parasite et leur capacité parasite très importantes dans les circuits à haute ou très haute fréquence (réception radio par exemple).

Par contre, pour l'électronicien, les ennuis commencent du fait que, comme nul n'est parfait, les résistances ne sont pas parfaites non plus, et si leurs imperfections, à part une coupure totale, sont pratiquement invisibles par un électricien, un électronicien, dont la technologie opère dans de multiples domaines pointus, ne tardera pas à devoir prendre en compte les imperfections des différentes



Les résistances sont de type carbone, de type métallique ou de type bobiné à fil métallique. Les deux premiers sont les plus utilisés dans les appareils électroniques, le dernier étant le plus souvent réservé aux résistances de puissance qui peuvent en plus être vitrifiées afin de résister à de plus fortes températures (appareils de puissance ou circuits d'alimentation parfois). On aura le plus souvent à faire à des résistances de type radial à fils ou montées en surface. Seule la première catégorie, la plus vulnérable aux problèmes d'échauffement, nécessitera d'être vigilant pour son identification en vue d'un remplacement.



Il existe bien entendu une catégorie aux multiples aspects, celle des résistances de chauffage des appareils tels que les grille-pain, les chauffe-eau, les cafetières, les lave-linge ou lave-vaisselle et bien entendu les radiateurs et convecteurs ; mais ces résistances sont en général des pièces spécifiques à chaque appareil qui se trouveront en tant que pièces détachées dans les magasins spécialisés en SAV.

Identifier une résistance sera parfois immédiat, sa valeur étant inscrite sur son boîtier à l'aide d'anneaux colorés ou en inscription codée (voir la section « Codification et marquage des composants » page 63). Il sera quelquefois quasiment impossible de le faire si son boîtier a subi un dommage – il

est parfois totalement détruit ou carbonisé. Dans ce dernier cas, sauf à posséder le schéma de l'appareil, il faudra ruser pour déterminer la valeur adéquate ou approchée (en général cela suffit). Pour ce faire, trois astuces permettent de s'en sortir.

- Consulter les forums Internet : en recherchant par modèle d'appareil ou de carte électronique, les pannes se reproduisant souvent, il se peut qu'une discussion mettant en cause le composant (identifié par son numéro repère sur la carte ou par une photo de l'appareil) soit ouverte et vous livre la précieuse information. Si aucune discussion n'est trouvée, pourquoi ne pas en créer une pour demander si quelqu'un, propriétaire du même appareil, pourrait donner l'information ?
- Si le boîtier n'est pas trop détruit, mais la résistance coupée et la valeur illisible, faire un petit trou sur le boîtier afin d'atteindre l'élément résistant pour y placer la pointe de votre multimètre et mesurer la résistance entre une extrémité ou l'autre et ce point. Si le trou est fait au milieu du corps, on multiplier la valeur par deux, sinon on utilisera une règle de trois pour déterminer une valeur approchée mais suffisamment précise en dépannage.
- Relever le schéma autour de la résistance et voir à quel composant elle est reliée ; si c'est un circuit intégré, on pourra souvent trouver la valeur requise dans les fiches techniques du circuit ou dans un schéma d'un autre appareil utilisant le même circuit intégré. Si le schéma ne permet pas de trouver à coup sûr la valeur, selon ses connaissances, avec un peu de recherche et de connaissances, un électronicien pourra déterminer la valeur – mais cela reste du domaine du spécialiste.

### Les résistances en bref

Il existe plusieurs types de résistances selon leur technologie (au carbone, à film métallique ou bobinée), selon leur encapsulation (à fils traversants radiaux ou parfois axiaux, à montage en surface), ou spécifiques pour les appareils électriques chauffants. Leurs caractéristiques principales sont la valeur exprimée en ohms et la puissance dissipée maximale en watts. En raison des imperfections propres à chaque technologie, il sera parfois nécessaire d'en tenir compte lors de leur remplacement, notamment dans les circuits de puissance (résistance bobinée vitrifiée par exemple) ou dans les circuits à haute fréquence (carbone). Dans les autres cas, le type à film métallique est le plus courant. Il conviendra parfois de respecter également la tolérance de la valeur de la résistance.

### Les potentiomètres et résistances ajustables

De moins en moins utilisés, ces composants se rencontrent encore dans des appareils anciens. Ils sont constitués d'une piste circulaire ou linéaire sur laquelle est déposée une couche de carbone formant la résistance du composant ou d'un fil métallique résistant enroulé. Cette piste est en contact à ses extrémités avec deux fils ou broches de liaison et un troisième point de connexion est relié à un curseur qui se déplace sur cette piste, permettant de faire varier la résistance entre une extrémité et ce point intermédiaire.

Je cite les résistances ajustables, mais je les rencontre si peu fréquemment et elles posent tellement peu de problème de fiabilité qu'on pourrait les oublier. Sachons simplement qu'elles servent à régler le fonctionnement de certains appareils (par exemple dans les magnétophones ou magnétoscopes) ou à ajuster des tensions dans certaines alimentations d'appareils. Leurs valeurs sont clairement inscrites et leur remplacement, si nécessaire, ne devrait poser aucun problème. Je n'ai, pour ma part, jamais eu à remplacer un tel composant.





Figure 3-6. Divers potentiomètres à axe rotatif

Les potentiomètres, encore plus rares dans les appareils modernes, sont sujets à de fréquents dysfonctionnements et leur remplacement est souvent difficile tant il existe de formats physiques ; de plus, leur emplacement souvent critique impose de trouver un modèle quasiment identique. Mais soyons pragmatique, peu de remplacements sont à prévoir, il suffira souvent d'utiliser une bombe de produits de nettoyage de contacts pour corriger leur défaut principal de mauvais contact du curseur sur la piste, cause des « crachements » constatés sur le bouton de réglage du volume des anciens récepteurs radio.

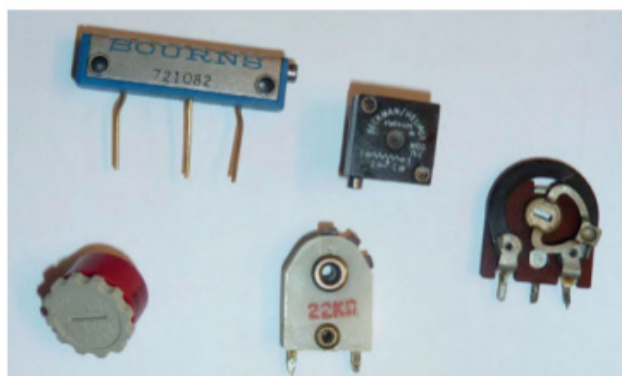


Figure 3-7. Résistances ajustables

Trois paramètres caractérisent les potentiomètres :

- la valeur de leur résistance totale ;
- leur puissance maximale admissible (pour les cas spéciaux des circuits de puissance) ;
- leur courbe de variation – soit linéaire, soit logarithmique (réservée au réglage de volume des amplificateurs).

Ces paramètres figurent sur le corps de leurs boîtiers ; si aucune puissance n'est inscrite, ce sont des éléments réservés aux circuits de faible puissance et à variation linéaire.

### Les résistances ajustables et les potentiomètres en bref

Il existe de nombreuses formes de résistances ajustables et de potentiomètres. Ils sont de moins en moins utilisés et leur remplacement peu fréquent. Leurs valeurs sont inscrites en clair sur leurs boîtiers et, dans le cas des potentiomètres, il conviendra de respecter leur courbe de variation (linéaire ou logarithmique en audio) mais surtout leur format physique afin de pouvoir les intégrer à leur emplacement.

### Les condensateurs

Parmi les composants présents en grand nombre dans les appareils électriques ou électroniques et responsables de nombreux problèmes en matière de fiabilité, les condensateurs sont probablement en tête, tout au moins certains d'entre eux qui représentent une forte proportion des causes de dysfonctionnement des appareils. Nous allons donc essayer de bien les décrire, afin de les identifier et de pouvoir les contrôler puis les remplacer sans commettre d'erreurs.

Un condensateur est constitué de deux surfaces conductrices placées face à face, isolées par une paroi non conductrice. Un condensateur emmagasine de l'énergie, un peu à la manière d'un accumulateur mais de faible ampleur, et il peut la restituer. Selon sa valeur, le cycle charge-décharge sera rapide ou très rapide, permettant d'utiliser ce principe à des fréquences très élevées. Quand un accumulateur met des heures à se recharger, un condensateur mettra de quelques picosecondes (1 picoseconde = 1 millième de milliardième de seconde) à quelques secondes.

Comme les résistances, les condensateurs se présentent sous forme de composants filaires (radiaux ou axiaux) de taille plus ou moins importante, se soudant dans les trous d'un circuit imprimé ou sur des bornes de liaisons, ou de composants miniatures montés (soudés) en surface.

Les condensateurs se caractérisent par leurs valeurs exprimées en farads (valeurs très élevées dont on utilise les préfixes définissant des valeurs plus faibles : micro, nano ou pico), la précision de ces valeurs, la tension maximale de fonctionnement en volts, leur polarisation et leur température de fonctionnement pour certains. Mais une autre caractéristique non quantifiable est également importante, il s'agit de leur technologie qui justifie leur choix d'emploi.

Il existe principalement cinq technologies de condensateurs rapidement résumées ainsi.

- Les condensateurs au mica de faibles valeurs très stables dans le temps : on les utilise dans les circuits à haute fréquence exigeant une grande stabilité.
- Les condensateurs céramique de faible valeur ou de valeur moyenne : ils sont petits mais admettent des tensions de fonctionnement relativement faibles et, surtout, leur stabilité dans le temps n'est pas très bonne. Ils seront utilisés dans tous les cas où la stabilité de leur valeur n'est pas primordiale, par exemple en filtrage ou élimination du bruit électrique qu'ils absorberont (au plus près des connexions d'alimentation des circuits intégrés par exemple). Ils ont l'avantage d'être relativement petits.
- Les condensateurs à film plastique, moyennement stables dans le temps mais assez durants, de valeurs moyennes à élevées, petits en taille : ils conviendront à la plupart des usages généraux quand les autres catégories ne sont pas indispensables. Ils sont présents en grand nombre dans les circuits modernes, notamment les alimentations, en dehors du filtrage assuré par les condensateurs électrolytiques. Plusieurs types existent, plus ou moins durants. On en tiendra compte en réparation, mais pour un essai ils sont tous interchangeables.



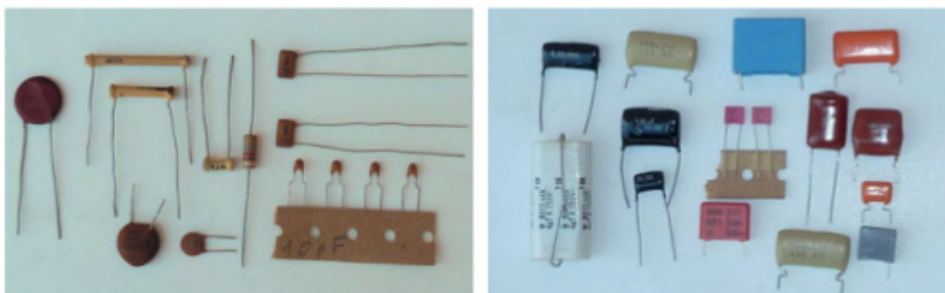


Figure 3-8. Divers types de condensateurs céramique et à film plastique

- Les condensateurs électrolytiques au tantale sont constitués de deux armatures métalliques séparées par une fine couche d'oxyde de tantale baignant dans un électrolyte gélifié, permettant la réalisation de très petits composants. Ils ont une tension maximale admissible assez faible (125 volts maximum) mais leur stabilité et leur robustesse sont excellents, ils permettent un fonctionnement dans une très large gamme de température (55 à 125 °C). Leur coût étant assez élevé, on les réservera donc à des usages où la fiabilité est primordiale (circuits de faibles puissances pour le filtrage ou les liaisons entre les circuits). Tout comme les condensateurs électrochimiques, ils sont polarisés.
- Les condensateurs électrochimiques sont également constitués de deux armatures métalliques en aluminium baignant dans un électrolyte constituant l'isolant entre ces armatures. Ils permettent de constituer des condensateurs de fortes valeurs sous des tensions de fonctionnement faibles et élevées, une large gamme de températures également, mais ils ont une stabilité dans le temps assez médiocre et surtout une fiabilité assez faible. Ils n'aiment pas les variations brusques de tension (charge-décharge) ce qui les rend inutilisables dans les circuits à fréquences de travail élevées. Également polarisés, ils ont un volume limité mais sont la cause de très nombreux dysfonctionnements d'appareils. Leur présence dans les appareils est très élevée.

#### Badcaps forum

Les condensateurs sont si fortement responsables de dysfonctionnements que leur est consacré un forum en langue anglaise appelé *Badcaps forum*, littéralement « forum des condensateurs défectueux ».

Une autre caractéristique primordiale des condensateurs au tantale ou électrochimiques est leur résistance parasite. La constitution de ces condensateurs mettant en jeu des conducteurs, nul n'étant parfait, un condensateur aura donc une résistance parasite répartie un peu partout dans ses constituants, mais que l'on peut assimiler à une résistance parasite située en série avec un condensateur parfait.

Ainsi, un condensateur parfait qui serait relié en série avec une résistance de valeur importante perdrait de son efficacité, surtout lorsqu'il s'agit d'emmagasiner puis restituer de l'énergie, ce qui est le principe même des condensateurs. L'idéal serait de pouvoir réduire à néant cette résistance parasite, ce qui est irréalisable. Un bon condensateur aura donc une valeur de résistance parasite, dite ESR, la plus faible possible. Cela est surtout important pour les condensateurs de fortes valeurs

et fera partie des critères d'appréciation de l'état d'un condensateur. Un tableau résumant les valeurs acceptables ainsi que le moyen de les déterminer figure dans la section « Méthodes de contrôle des composants » de ce chapitre page 74.

### Identification

Identifier un condensateur est chose facile lorsqu'il s'agit d'un composant traditionnel à l'opposé d'un composant CMS. En effet, son marquage est (presque) toujours évident, alors que le marquage d'un condensateur CMS est souvent inexistant. De plus, il est facile de confondre un condensateur CMS avec un fusible qui ne comporte que rarement une indication de valeur. C'est encore en se guidant à l'aide du marquage de la carte imprimée que l'on pourra les distinguer. De plus, sans marquage, il sera parfois impossible de déterminer sa valeur si ce n'est en étudiant le schéma de l'appareil ou en déterminant son emploi, ce qui peut, comme pour une résistance, guider sur sa valeur théorique.

Tout comme les résistances, les condensateurs sont des composants imparfaits. Aussi, il conviendra de respecter leur technologie selon leur utilisation. Ils présentent en effet une caractéristique d'inductance parasite gênante pour les applications en haute fréquence, pour ceux dont les armatures sont enroulées (électrolytiques et à film plastique), et de résistances parasites perturbant les effets d'absorption du bruit électrique dans les applications de filtrage (condensateurs électrolytiques). Ce dernier paramètre, nommé ESR (*Equivalent Serie Resistance* ou « résistance série équivalente »), sera un critère important à considérer lors du choix ou du contrôle d'un condensateur électrolytique utilisé dans les circuits d'alimentation des appareils.

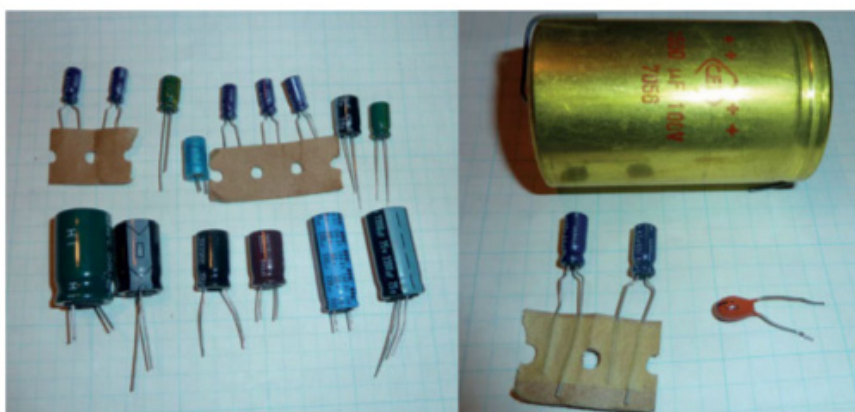


Figure 3-9. Condensateurs électrolytiques



Soyez prudent : les condensateurs polarisés (électrolytiques) n'admettent pas une inversion de polarité ni un dépassement de leur tension maximale admissible. Si l'une ou l'autre de ces contraintes d'emploi n'est pas respectée, le condensateur risque d'exploser rapidement en projetant son contenu, qui peut être dangereux pour la peau ou les yeux.

La présentation physique des condensateurs dépend à la fois de leur technologie, de leur valeur, de leur tension admissible. Les valeurs caractéristiques de fonctionnement et la technologie auront priorité dans le choix, mais l'encombrement ne sera pas à négliger bien entendu.



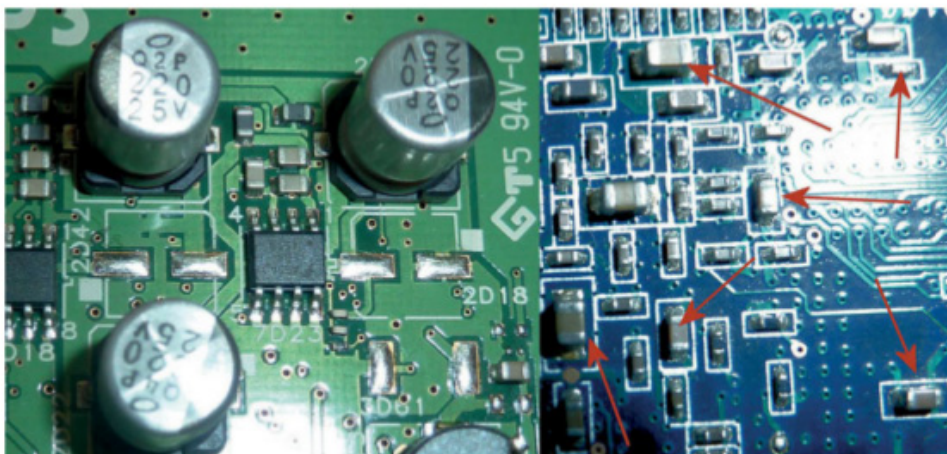


Figure 3-10. Divers types de condensateurs CMS dans leur environnement

### Les condensateurs en bref

Il existe plusieurs types de condensateurs différenciés par leurs technologies (à isolant mica, céramique, à film plastique ou électrolytiques), qu'il conviendra de respecter lors d'un remplacement. Ils se différencient également selon le type d'encapsulation (à fils traversants radiaux ou parfois axiaux, à montage en surface). Leurs caractéristiques principales sont la valeur exprimée en farads (ou un sous-multiple), la tension maximale admissible en volts et la valeur de leur résistance série équivalente qui devra être compatible avec leur utilisation dans le cas des condensateurs électrolytiques. Enfin, il conviendra parfois de respecter la tolérance de la valeur du condensateur et sa gamme de températures de fonctionnement. Les condensateurs de type CMS miniatures ne possèdent pas de marquage ; dès lors, connaître leur valeur est un défi que seul un schéma peut à coup sûr relever.

### Les inductances et les transformateurs

Il y a peu de choses que le réparateur doit savoir au sujet des inductances et des transformateurs. D'une part, ce sont des composants qui n'admettent pas l'amateurisme au niveau de leur remplacement, car ils sont pour la plupart très spécifiques et non interchangeables ; d'autre part, et par chance, ils sont très rarement la cause de dysfonctionnements. Il conviendra de les contrôler avec soin dans le cas des transformateurs. Je n'ai jamais remplacé d'inductance, excepté lorsque, dans des appareils peu sophistiqués, ils servent de fusible en entrée d'un circuit d'alimentation (cas d'un outillage électroportatif).

Plusieurs types de transformateurs se rencontrent de façon courante. Il y a tout d'abord les transformateurs d'alimentation directe à partir du secteur électrique. Utilisés surtout dans les amplificateurs audio phoniques et les chaînes hi-fi dans lesquels ils évitent le bruit inhérent aux alimentations à découpage, ou dans les appareils anciens. Ils transforment la tension du secteur 220 V en une ou plusieurs tensions secondaires plus faibles (5 à 48 V selon les appareils) mais en fournissant une puissance importante. Leur remplacement impose presque toujours soit de les faire rembobiner (il existe des ateliers de bobinage), soit de trouver leur pièce de remplacement exacte en respectant tensions et puissance ou intensités délivrées.

Les transformateurs des alimentations à découpage et des inverters d'écrans (circuits de rétroéclairage) sont des pièces spécifiques qu'il est presque impossible de remplacer par un autre composant.

Les inductances sont principalement utilisées dans les circuits d'alimentation pour le filtrage ou dans les convertisseurs de tension (voir le chapitre 11 consacré à la réparation des alimentations à découpage). Je n'ai pour ma part jamais constaté de défaillance de ce type de composant (sauf cas cité précédemment d'un rôle de fusible involontaire !).

Enfin, il existe les inductances utilisées dans les filtres et circuits oscillants des appareils récepteurs, mais là encore, je n'ai jamais constaté de défaillance. Elles se présentent sous forme de composants à fils, ou à souder en surface (CMS).



Figure 3-11. Divers types d'inductances



Figure 3-12. Divers types de transformateurs

## LES COMPOSANTS ACTIFS : DIODES, TRANSISTORS ET CIRCUITS INTÉGRÉS

### Les diodes

Les diodes sont nombreuses dans les circuits électroniques, et il convient de distinguer les diodes de redressement qui laissent passer le courant électrique dans un seul sens et les diodes Zener qui limitent la tension qui leur est appliquée dans le but de réguler ou protéger un circuit contre les surtensions. Les diodes de redressement permettent de transformer le courant alternatif en courant continu ou, associées à un fusible, de protéger un circuit contre l'inversion de polarité de son alimentation électrique. Il faut savoir que les diodes utilisées en grand nombre dans les circuits électroniques sont soumises à de multiples contraintes électriques qui les font fréquemment se couper ou être en court-circuit, causant ainsi de nombreux dysfonctionnements.



Les diodes de redressement se caractérisent par leur tension inverse maximum admissible, leur intensité maximale en fonctionnement continu ou en mode transitoire, la puissance qu'elles peuvent dissiper avec ou sans radiateur et, enfin, par leur rapidité de commutation de l'état conducteur à l'état non-conducteur et, de façon corollaire, leur fréquence d'utilisation maximale.

Sans entrer dans le détail, les diodes rapides de type Schottky qui entrent dans la composition des alimentations ou des circuits logiques rapides ne peuvent pas être remplacées par des diodes ordinaires, dites « diodes de signal ».

S'il s'agit d'une alimentation à découpage fonctionnant à une fréquence de plusieurs kilohertz, la diode de redressement reliée au secondaire d'un transformateur se comportera comme un véritable court-circuit si ce n'est pas une diode Schottky. Il conviendra donc d'être très prudent en dépannage en utilisant les types appropriés.

Les diodes Zener, quant à elles, sont utilisées pour limiter la tension à leurs bornes (attention, elles sont alors utilisées en polarité inversée). Leurs caractéristiques sont la tension de fonctionnement et le courant ou la puissance maximale admissible.



Une diode Zener est utilisée en polarité inversée, c'est-à-dire que le courant circulera de sa cathode vers son anode en maintenant une tension à ses bornes égale à la tension nominale de cette diode Zener. Dans le sens conventionnel, elle sera conductrice avec une tension anode-cathode faible, mais elle n'est pas faite pour fonctionner de cette façon.

Les diodes se présentent sous différentes formes, avec ou sans fils, avec ou sans possibilité de fixation à un radiateur ; parfois, plusieurs diodes sont encapsulées dans le même boîtier. Enfin, leurs dimensions sont standardisées et une même diode peut se présenter sous diverses encapsulations.

### Identification

Identifier une diode est souvent facile, il suffit d'observer l'inscription faite sur son boîtier soit par des anneaux de couleurs, soit par un marquage en clair, soit par un marquage codé (cas des diodes CMS). Les diodes uniques ont toujours leur cathode repérée par un anneau ou un trait. Les diodes multiples encapsulées en un seul boîtier ont parfois un marquage identifiant leurs pôles.

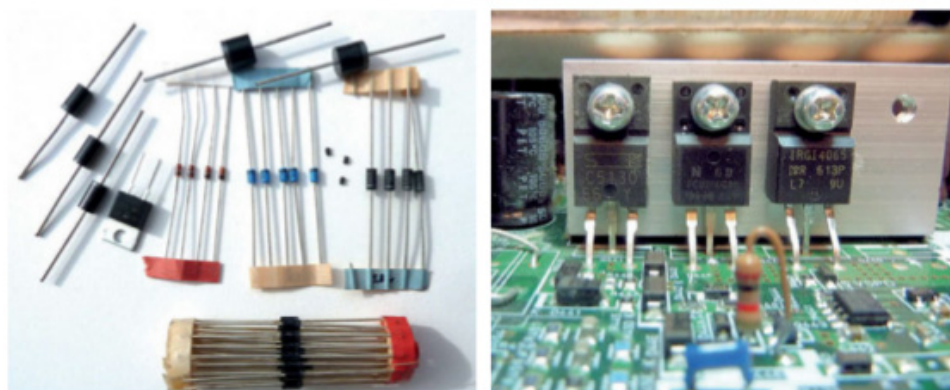


Figure 3-13. Divers types de diodes et diodes sur radiateur

### Les diodes en bref

Il existe plusieurs types de diodes selon leur technologie (diodes de redressement, diodes signaux faibles, Schottky...), il convient de toujours respecter le type utilisé en cas de remplacement. Plusieurs diodes peuvent être encapsulées dans un seul boîtier afin de former un groupe fréquemment utilisé (pont redresseur à quatre diodes par exemple). Les caractéristiques importantes d'une diode sont l'intensité maximale admissible, la tension inverse de pointe, la puissance pouvant être dissipée et la rapidité. Dans la recherche d'une diode de dépannage, il faudra bien respecter ces caractéristiques ; les composants compatibles sont en général nombreux. Pour les diodes Zener, la tension de fonctionnement et la puissance maximale admissible sont à prendre en compte.

### Les transistors

Plusieurs types de transistors cohabitent dans les montages électroniques modernes, il convient d'être assez prudent lorsque l'on est amené à les remplacer, leurs caractéristiques étant parfois primordiales pour assurer un bon fonctionnement du circuit. Il existe cependant de nombreuses possibilités de substitution lors d'un dépannage.

#### *Les transistors bipolaires*

Ce sont les premiers transistors apparus. Ils constituaient les fameux postes de radio à six transistors des années 1960 et n'ont jamais cessé d'être améliorés. Ils permettent de couvrir toutes sortes de fonctions, bien que dans de nombreuses applications, ils aient été supplantés par les transistors à effet de champ dont je parle ensuite. Deux types existent : le type PNP et le type NPN, chacun disposant de trois connexions : l'émetteur, la base et le collecteur. Dans un transistor PNP, la base et le collecteur doivent être à un potentiel négatif par rapport à l'émetteur ; dans un transistor NPN, la base et le collecteur doivent être à un potentiel positif par rapport à l'émetteur. Dans ces conditions, inutile de préciser qu'ils ne sont pas interchangeables.

Un transistor est un dispositif amplificateur de courant, un très faible courant fourni à la base produisant le passage d'un courant plus élevé dans le collecteur (ou l'émetteur).

Les principales caractéristiques à prendre en considération sont :

- la tension de fonctionnement maximale ;
- l'intensité maximale admissible par le collecteur ou l'émetteur ;
- la tension de saturation (quand le transistor est fortement conducteur) ;
- le gain en courant du collecteur par rapport à la base ;
- la puissance maximale admissible (avec ou sans radiateur) ;
- la fréquence maximale d'utilisation ;
- le boîtier, bien entendu, notamment au niveau des possibilités de fixation et refroidissement, mais aussi de l'isolement par rapport à son support s'il doit être fixé/vissé.
- Il existe une forme particulière de transistor bipolaire NPN ou PNP appelée Darlington, qui est une association de deux transistors de même type permettant d'obtenir un gain en courant très élevé, égal au produit du gain de chaque transistor. Ces transistors sont parfois utilisés, il conviendra de respecter leur type en cas de remplacement.

### Les transistors à effet de champ

Plusieurs types de transistors à effet de champ (FET en anglais) sont utilisés dans les appareils modernes, remplaçant en grande partie les transistors à jonction (ou bipolaires), en raison de leurs caractéristiques très intéressantes et de leur faible consommation d'énergie comparativement aux transistors bipolaires.

Les principaux sont :

- les transistors JFET (*Jonction Field Effect Transistor*), les plus anciens ;
- les transistors MOSFET (*Metal Oxyde Field Effect Transistor*) de type à « appauvrissement » (*depletion* en anglais) ;
- les transistors MOSFET (*Metal Oxyde Field Effect Transistor*) de type à « enrichissement » (*enhancement*, en anglais) ;
- les transistors bipolaires à grille isolée (IGBT pour *Isolated Gate Bipolar Transistor* en anglais).

Les transistors à effet de champ comportent trois connexions : la source, la grille et le drain. Pour se rappeler ces noms, la source (comme l'émetteur d'un transistor bipolaire) fournit le courant, la grille (en référence à la grille d'un tube à vide) contrôle le fonctionnement du transistor et le drain (comme le collecteur d'un transistor bipolaire) tire le courant vers l'extérieur. Le JFET type N doit avoir son drain à un potentiel supérieur à sa source et la grille à un potentiel nul pour qu'il conduise, et à un potentiel inférieur à sa source pour qu'il se bloque. On le compare aisément à un tube électronique triode (pour ceux qui connaissent) ; c'est un élément amplificateur de tension.

Les MOSFET à « appauvrissement » peuvent se comparer aux JFET dans leur comportement ; mais leur grille étant isolée, ils ont des caractéristiques différentes au niveau de la tension applicable à la grille.

Le MOSFET type P doit avoir son drain à un potentiel inférieur à sa source et la grille à un potentiel inférieur à sa source pour qu'il conduise. La grille doit être à un potentiel nul ou positif par rapport à la source pour qu'il soit bloqué. Le MOSFET type N doit avoir son drain à un potentiel supérieur à sa source et la grille à un potentiel supérieur à sa source pour qu'il conduise. La grille doit être à un potentiel nul ou négatif par rapport à la source pour qu'il soit bloqué.



Les transistors MOSFET de commutation comportent souvent une diode Schottky de protection, située entre source et drain, destinée à absorber les pointes de tension inverses qui pourraient détruire le transistor.

Un transistor IGBT combine les avantages d'un MOSFET et d'un transistor bipolaire. Sa grille ne nécessite pas de courant (contrairement à la base d'un transistor bipolaire), sa tension de saturation est très faible. On peut le comparer rapidement à un transistor MOSFET type P. Il est surtout utilisé dans les étages de puissance des téléviseurs plasma. Il présente comme intérêt d'avoir une tension de saturation drain-source très faible, minimisant les pertes par dissipation calorifique dans les circuits de forte puissance (donc de forte intensité traversant le transistor).

Les caractéristiques importantes pour les transistors FET et MOSFET sont :

- le type ;
- la tension maximale de service ;



- l'intensité maximale de service ;
- l'intensité nominale de service ;
- le gain ;
- la résistance ohmique en mode saturé (MOSFET) ;
- la puissance maximale dissipée ;
- la présence ou l'absence de diode de protection.

Dans le cadre des utilisations courantes des transistors MOSFET, c'est-à-dire en commutation, ces caractéristiques doivent être respectées ou meilleures lors d'un remplacement ou si un transistor chauffe trop. De même, les conditions du refroidissement doivent être respectées ou adaptées en cas de changement de modèle ou de boîtier lors d'un remplacement. Les exemples d'utilisation de ces transistors sont largement illustrés dans les différents chapitres de cet ouvrage.

### *Identification*

Quel que soit leur boîtier, les transistors sont le plus souvent très faciles à identifier par un marquage direct de leur référence. Il conviendra toutefois de faire attention aux particularités et dimensions du boîtier. Certains composants encapsulent plusieurs transistors dans un seul boîtier. Enfin, il convient, dans certains cas, de considérer que des transistors complémentaires ou appariés doivent être utilisés lorsqu'il s'agit d'étages amplificateurs, dits « push-pull », nécessitant un équilibrage parfait réalisé par la sélection et l'appariage des transistors utilisés. Cela reste rare.



Figure 3-14. Quelques transistors

À noter toutefois que les transistors de type CMS ne comportent pas un marquage direct mais un code qui indique la référence du transistor. Ces codes sans cesse enrichis peuvent être consultés sur Internet.

### Les transistors en bref

Il existe plusieurs types de transistors selon leur technologie (bipolaires, à effet de champ et leurs dérivés). Il convient d'être prudent dans la recherche d'un substitut selon le type d'application, les applications numériques permettant une plus grande souplesse dans le choix que les applications analogiques pour lesquelles les caractéristiques ont une importance plus élevée. Les transistors se présentent sous de nombreuses formes physiques dépendant de la puissance admissible ; certains peuvent également avoir plusieurs formes de boîtier avec ou sans isolation de la partie métallique, demandant ou non à être fixés sur un radiateur. Il faut être prudent dans le choix du transistor et de son boîtier selon la puissance manipulée dans le circuit et le type de refroidissement utilisé, en particulier pour les questions d'isolement. Le marquage des transistors est souvent direct pour les boîtiers le permettant ; pour les types ultraminiatures CMS, l'identification se fait par l'intermédiaire d'un code parfois propre au fabricant.

### Les circuits intégrés

Dresser une liste exhaustive des différents circuits intégrés qu'on peut rencontrer est impossible : ils se comptent par milliers, des plus simples (association de transistors ou de diodes par exemple) aux plus complexes (microprocesseur ou processeur d'image par exemple). Sachez que leurs caractéristiques sont le plus souvent telles qu'elles ne permettent pas un remplacement par un autre type, à part pour les types simples (association de composants, de portes logiques ou amplificateurs opérationnels par exemple) auxquels on pourra parfois substituer un modèle approchant. Les circuits intégrés, en revanche, sont souvent déclinés en plusieurs types de boîtiers (à broches traversantes ou CMS par exemple).

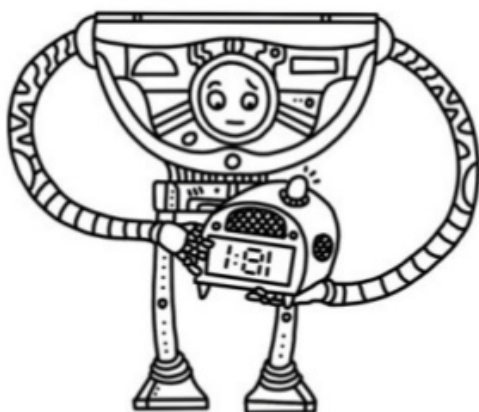
De même, sous différentes appellations, les circuits sont fréquemment fabriqués par différents « fondeurs » et, étant équivalents, ils pourront être indifféremment employés.

Leurs caractéristiques électriques et physiques sont en général facilement trouvées sous forme de *datasheets*, ou fiches techniques, sur les sites spécialisés. Certains circuits restent néanmoins peu ou pas documentés en raison de problèmes de confidentialité, ce qui n'est hélas pas uniquement le cas

des circuits très complexes dont le remplacement ne saurait être à la portée du dépanneur amateur.

Vous trouverez parfois des schémas d'appareils utilisant ces circuits, ce qui vous aidera à la compréhension du fonctionnement et dans la recherche des pannes.

Les circuits intégrés les plus sophistiqués, tels que les microprocesseurs ou calculateurs spécifiques se présentent le plus fréquemment sous des formes montées en surface. Selon le nombre de broches de connexions, celles-ci se trouvent en périphérie du boîtier, permettant



leur remplacement, bien que cela soit très délicat en raison de leur miniaturisation. Certains autres ont des connexions situées sous leur boîtier (types BGA par exemple), dont le remplacement n'est pas à la portée de l'amateur.



Certains circuits intégrés sont programmables ou sont des mémoires permanentes réinscriptibles ou non. Dans la situation où le remplacement d'un tel composant s'avérerait nécessaire, c'est l'ensemble du composant et de son programme ou de son contenu qu'il conviendrait de remplacer. Si le programme est enregistré dans une mémoire séparée (ce qui est rare), le remplacement ne posera pas de problème ; si le microprogramme est enregistré dans le composant, il faudra que le circuit intégré de remplacement soit préchargé avec le logiciel. Cela est rarement possible en raison de la confidentialité du microprogramme, principal constituant des fonctionnalités de l'appareil. Il reste une alternative qui consiste à copier le logiciel à partir d'un composant en bon état dans un appareil similaire. Ceci n'est pas à la portée de nombreux réparateurs mais est plutôt réservé aux spécialistes électroniciens.

### Identification

Quel que soit leur boîtier, les circuits intégrés sont le plus souvent très faciles à identifier par un marquage direct de leur référence. Il convient toutefois de considérer qu'un même circuit sur le plan électronique peut se présenter sous différents formats de boîtier.

Certains fabricants ont pris soin de dissimuler la référence des circuits utilisés, rendant un peu plus irréparables ou moins copiables leurs appareils ! Heureusement, ces cas sont en général limités à des appareils peu coûteux. Le plus souvent, c'est une marque de peinture qui dissimule la référence, et un peu d'acétone sur un bâtonnet de coton aura raison de cette mauvaise intention. S'il s'agit d'une usure par grattage de la surface du boîtier, c'est évidemment plus problématique. Enfin, certains circuits intégrés sont des puces directement soudées sur un circuit imprimé et recouvertes d'un revêtement de type brai d'aspect noir qu'il est impossible de retirer. De toute façon, ce type de circuit ne se trouve pas mais correspond vraisemblablement à des circuits spécifiques propres au fabricant. On les retrouve dans les calculatrices, par exemple.

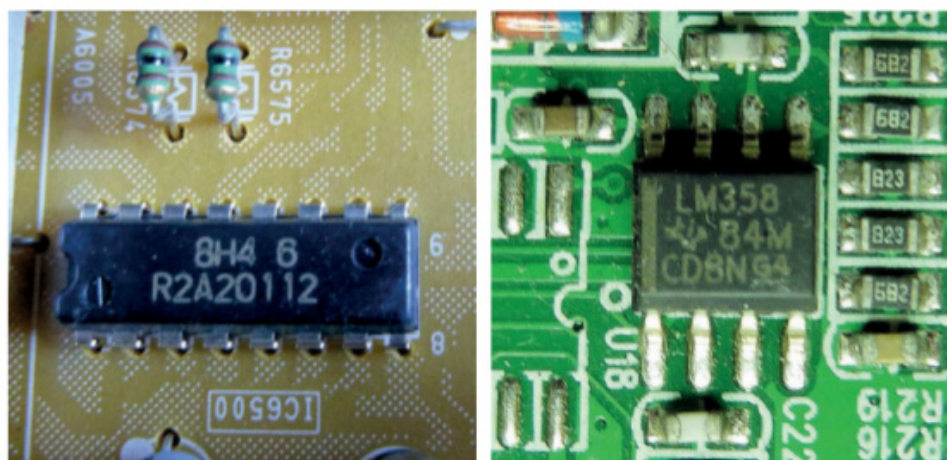


Figure 3-15. Circuits intégrés à broches et montés en surface sur cartes



### Les circuits intégrés en bref

Il existe une grande variété de circuits intégrés et, à part quelques types génériques courants, leur remplacement ne peut se faire que par un strict équivalent défini par la référence et le type de boîtier utilisé. Certains se présentent dans des boîtiers, demandant ou non à être fixés sur un radiateur. Certains ne sont pas remplaçables par l'amateur, en raison de la technologie utilisée mettant en œuvre des connexions sous leur boîtier soudé en surface par refusion. Le marquage des circuits intégrés est le plus souvent direct pour les boîtiers le permettant ; pour les types ultraminiatures CMS, l'identification se fait par l'intermédiaire d'un code parfois propre au fabricant.

## LES COMPOSANTS DIVERS

Cette rubrique pourrait comporter de nombreux types de composants, je vais toutefois limiter leur liste à ceux que vous rencontrerez à coup sûr et qui pourraient vous poser problème en réparation.

### Les interrupteurs et commutateurs

Tous les types d'interrupteurs à action permanente (par exemple, la mise sous tension d'un appareil ou le choix d'un mode de fonctionnement) ou à action temporaire (le plus souvent de type poussoir) sont très facilement remplaçables en prenant en compte la configuration de leurs contacts, leurs dimensions et surtout les tensions et intensité de coupure maximales à respecter. Il existe également des commutateurs à glissière à deux positions ou plus, possédant plusieurs séries de contacts indépendants. Enfin, les interrupteurs peuvent être des composants à fixer sur un panneau ou un appareil, sur un circuit imprimé avec des connexions de type traversant ou des composants montés en surface. Leurs variétés sont quasiment infinies mais, mis à part leur encombrement, ils sont assez facilement interchangeables, au moins pour le temps d'un essai.



Figure 3-16. Quelques interrupteurs fréquemment rencontrés

Les interrupteurs sont souvent la cause de dysfonctionnements en raison de l'oxydation de leurs contacts. On pourra toujours essayer une bombe de nettoyage de contacts qui apportera un remède temporaire, mais le plus souvent il est recommandé de remplacer l'interrupteur.

### Les relais

Ils se retrouvent fréquemment dès lors qu'il s'agit de couper tensions ou intensités élevées et quand un isolement entre le circuit de commande (transistor ou circuit intégré) et le circuit commuté (le plus souvent relié au secteur électrique comme un radiateur électrique par exemple) est nécessaire.

Étant des composants électromécaniques, les relais sont sujets à des défaillances et feront parfois l'objet d'un remplacement. Il convient de considérer, outre leur encombrement, le nombre de contacts et leur configuration ainsi que la tension et l'intensité maximales de coupure. Enfin, la tension de commande et l'intensité du courant à fournir à la bobine caractérisent un relais.

On considérera les relais à contacts NO (normalement ouverts au repos), NF (normalement fermés au repos) et INverseurs. Comme sous-entendu, un relais peut comporter plusieurs jeux de contacts indépendant les uns des autres mais commandés simultanément.

Les références des relais sont en général facilement identifiables et de nombreux types compatibles électriquement et parfois mécaniquement peuvent se trouver.

Un relais dont on peut retirer le capot protecteur pourra souvent être restauré par le nettoyage de ses contacts à l'aide d'une fine toile émeri, la coupure de sa bobine restant rarement réparable.

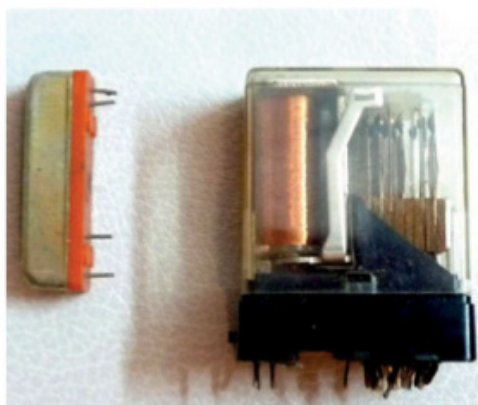


Figure 3-17. Quelques relais standards

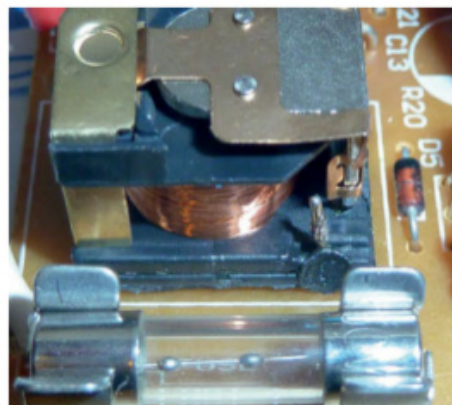


Figure 3-18. Réparation d'un relais capot retiré

Il existe également des relais dits « statiques », c'est-à-dire des composants semi-conducteurs assurant une commutation. Très rares dans les appareils électroniques, on en trouve plutôt dans les appareils de puissance ne faisant pas partie de l'électronique grand public.

### Les diodes et capteurs infrarouges

Cette catégorie de composants se retrouve dans les télécommandes (diode émettrice à rayons infrarouges) et dans leurs récepteurs (tout appareil muni d'une télécommande à infrarouges). On constate parfois leur dysfonctionnement : il convient de les remplacer par des composants

identiques, notamment en raison de la longueur d'onde de la lumière émise et de leur protection vis-à-vis des rayons lumineux visibles.



Figure 3-19. Récepteur infrarouge d'appareil télécommandé



J'indique dans la section consacrée aux télécommandes à infrarouges comment vérifier le fonctionnement d'une diode à infrarouges dont le rayonnement n'est pas visible, à l'aide d'un appareil photographique numérique.

## Les diodes LED

Il existe de multiples diodes LED et leur fiabilité est rarement mise en cause, à deux exceptions près : dans les lampes et appareils d'éclairage, dans le rétroéclairage des écrans LED, car il s'agit alors de diodes de puissance élevée souvent associées en nombre plus ou moins important.

Dans ces appareils, les LED sont soumises à de fortes intensités afin de produire un puissant flux lumineux, et elles sont reliées en série et fonctionnent sous une intensité électrique constante. Si une des LED vient à se couper, c'est tout l'éclairage qui se coupe. On prendra soin de déterminer la couleur, l'intensité nominale de fonctionnement et bien entendu la forme en se procurant les composants de remplacement. Sous le même boîtier ou aspect se trouvent des composants aux caractéristiques totalement différentes. Il conviendra d'être prudent dans leur choix, notamment pour réparer un écran ayant perdu son rétroéclairage.

On trouve tous les types de LED assez facilement ; par contre, leur marquage est presque toujours absent, et déterminer les caractéristiques d'une LED défectueuse est parfois difficile et tient de la connaissance des circuits.

On pourra parfois, temporairement, substituer une LED défectueuse par une diode Zener de tension équivalente à celle de la LED et d'intensité comparable ou supérieure, afin de rétablir l'éclairage et pouvoir mesurer l'intensité dans le circuit et de choisir ainsi la LED la plus adéquate.

La tension de fonctionnement d'une LED dépend de sa couleur :

- LED rouge : 1,6 à 2 V ;
- LED orange, jaune : 2,0 à 2,1 V ;
- LED verte : 2,1 à 2,5 V ;
- LED bleue : 2,5 à 2,8 V ;
- LED blanche : 3,3 à 3,6 V.



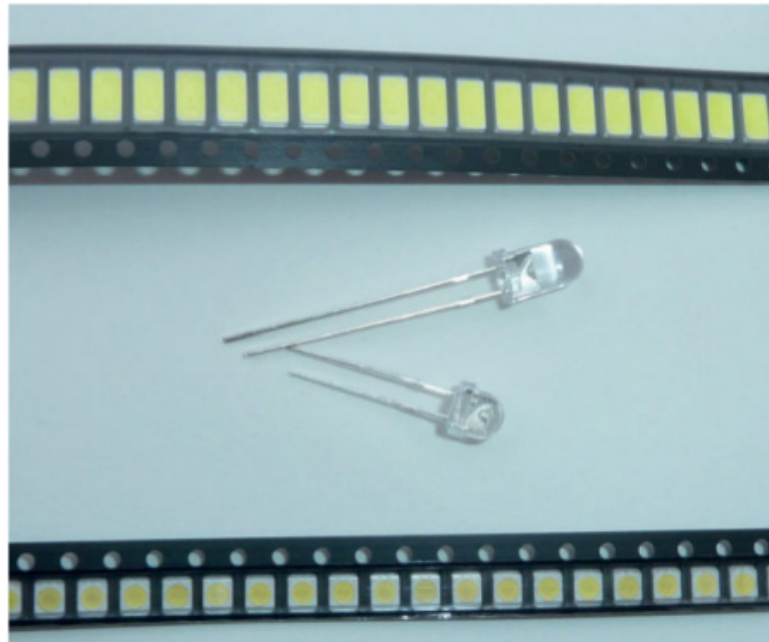


Figure 3-20. Divers types de LED à fils et CMS

### Varistances, thermistances, triacs...

Ces composants étant rarement employés ou mis en cause dans les pannes des appareils grand public, on se contentera de les remplacer par un équivalent. Le dépanneur devra estimer si les caractéristiques sont critiques dans le choix du remplaçant. En cas d'absence de marquage, c'est souvent en étudiant le schéma de l'appareil ou d'un appareil similaire qu'on pourra déterminer les caractéristiques du composant.

Les thyristors (fonctionnement en tension continue) ou les triacs (thyristors bidirectionnels fonctionnant en courant alternatif) sont des composants souvent utilisés pour commuter des tensions sous une puissance plus ou moins forte (ventilateur, pompe de cafetière, résistance de chauffage) et leurs tensions, intensité et puissance de travail doivent être respectées. Soumis à de fortes contraintes de commutation, ils sont assez souvent mis en cause dans les pannes des appareils électroménagers.

### Les haut-parleurs

Les haut-parleurs sont des composants fragiles, notamment en raison de leur sensibilité à la poussière (surtout métallique comme la limaille de fer) qui peut se loger dans l'entrefer de l'aimant, du dessèchement de leur membrane mobile et de la mousse qui permet le maintien de la membrane sur le corps du haut-parleur. Un haut-parleur se caractérise par :

- sa forme et ses dimensions ;
- sa bande passante audio ;
- son impédance caractéristique ;
- sa puissance maximale admissible.



Figure 3-21. Quelques haut-parleurs courants et une enceinte hi-fi

Un haut-parleur pourra souvent être réparé, mais le remplacer sera parfois difficile en raison de la diversité des modèles existants, surtout au niveau des caractéristiques mécaniques.

On pourra toujours y parvenir moyennant de légers ajustements du haut-parleur lui-même ou de son logement dans la carcasse de l'appareil. Il est essentiel cependant de respecter une parfaite étanchéité à l'air entre le haut-parleur et son logement. Dans le cas contraire, les sons graves seront atténués, rendant l'appareil déséquilibré s'il s'agit d'un appareil stéréophonique.



Bien que ce soit un composant non polarisé, lors du remplacement d'un haut-parleur, il convient de repérer les connexions afin de pouvoir relier les deux haut-parleurs d'une installation stéréophonique en phase. Dans le cas contraire, l'effet stéréo serait diminué. Utiliser une pile de 1,5 V en la reliant pendant un temps très court et repérer les connexions pour que le déplacement de la membrane se fasse dans le même sens (vers l'extérieur ou vers l'intérieur de la carcasse). Relier le haut-parleur aux bornes de connexion ou fils qui sont repérés par une couleur différente.

Vous pourrez réparer un haut-parleur dans les cas suivants :

- présence de poussières dans l'entrefer. On démontera délicatement le dôme de protection au centre de la membrane afin de retirer les poussières. Il faudra bien évidemment recoller le dôme protecteur ;
- coupure d'une liaison membrane à la cosse de connexion du haut-parleur : le fil utilisé est très souple et se coupe souvent ; on tentera une soudure ou, dans le cas de haut-parleurs de faible puissance, on le remplacera par un fil émaillé spiralé pour éviter les vibrations et le rendre souple. Cela est difficile dans le cas des haut-parleurs de puissance en raison du courant traversant la connexion ;



Figure 3-22. Vue des connexions d'une membrane

- membrane percée ou désolidarisée de la carcasse. Recoller la membrane ou son pourtour sera aisé si son état n'est pas catastrophique. Pour les puristes, membranes et pourtours en mousse se trouvent sur Internet. Le prix et la difficulté de la réparation réservent ce type d'intervention aux haut-parleurs onéreux et de très haute qualité.

Il sera difficile de recentrer une membrane afin d'isoler mécaniquement la bobine mobile de l'entrefer. Une bobine mobile coupée est irréparable, à moins de changer la membrane obligeant un démontage de la bobine mobile qui pourra alors être rembobinée en fil émaillé si elle n'est pas présente sur la membrane de remplacement. Vu le coût de la plupart des haut-parleurs, la question de l'opportunité d'une telle réparation peut se poser.

Pour les appareils grand public courants, étant donné le faible prix des haut-parleurs neufs, la facilité de se les procurer et malgré les difficultés d'adaptation à contourner, la réparation restera néanmoins réservée aux cas faciles mentionnés précédemment.



Figure 3-23. Réparation d'une membrane en mousse : pose des premiers points de collage

## Codification et marquage des composants

### LES COMPOSANTS PASSIFS

#### Les fusibles

Le marquage de la valeur d'un fusible est de la forme suivante : lettre F (fast ou rapide) ou T (temporisé ou lent) suivie de l'intensité de protection avec l'unité, suivie d'un espace ou d'une lettre et de la tension maximale du circuit à protéger.

Par exemple :

- F1AL250V signifie fusible rapide 1 A sous 250 V maximum ;
- T250mAL250V signifie fusible à fusion lente de 250 mA sous 250 V maximum ;
- T2A 250V signifie fusible à fusion lente de 2 A sous 250 V maximum.



Figure 3-24. Marquage des cartouches : 1 A « fast » (rapide) et 6,3 A temporisé (lent)

Le marquage des fusibles dépend de leur type physique. Il existe en effet des fusibles minuscules de type CMS qui ne possèdent pas de marquage, trop petits sans doute. Il y a fort à parier qu'ils sont destinés à la protection des circuits de basse puissance et auront donc une intensité de protection faible. Les fusibles de types cartouches sont en général marqués sur le corps (fusibles de diamètre important), tandis que les petits fusibles en cartouche ont un marquage sur l'une de leurs extrémités.



## Les résistances

En dehors des résistances ayant des inscriptions en clair (cas des anciennes résistances et des résistances de puissance), il existe plusieurs types de marquage normalisés : soit un marquage par un code de couleur (anneaux colorés sur le corps des résistances axiales), soit un marquage en clair (ou presque) de 3 ou 4 caractères chiffres ou la lettre « R », soit un marquage avec le code international EIA-96.

### Code couleur

Les résistances seront codifiées avec 3, 4, 5 ou 6 anneaux. Le premier anneau est placé en extrémité du corps de la résistance, il est parfois plus fin ; le dernier anneau est soit en retrait de l'extrémité, soit de largeur plus importante.

Tableau 3-1. Code couleur des résistances à six anneaux (résistances de haute précision)

VALEUR			MULTIPLICATEUR	TOLÉRANCE	COEFF. TEMP.
0	0	0	1		200 ppm
1	1	1	10	1 %	100 ppm
8	8	8			
9	9	9			

Pour la codification à cinq anneaux, ne pas tenir compte de la colonne Coefficient de température ; pour la codification à quatre anneaux, ne pas tenir compte des deux dernières colonnes.

Tableau 3-2. Code couleur des résistances à trois anneaux (tolérance 20 % non indiquée)

VALEUR		MULTIPLICATEUR
0	0	1
1	1	10
7	7	10 000 000
8	8	
9	9	

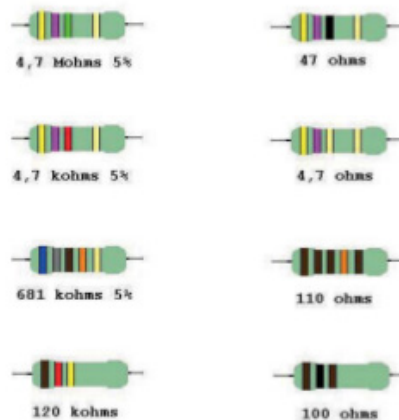


Figure 3-25. Code couleur des résistances : exemples de codifications

### Code à 3 ou 4 caractères

Il s'agit d'un marquage à lecture directe constitué de 3 ou 4 chiffres dont les premiers indiquent la valeur et dont le dernier est un multiplicateur sous forme de puissance de 10 (ou nombre de zéros à placer à droite de la valeur). Dans ce code, la plus petite valeur est 010 soit 1  $\Omega$  ; mais pour les plus petites valeurs, le code est constitué de 2 ou 3 chiffres entre lesquels la lettre R s'intercale à la place de la virgule.

Tableau 3-3. Quelques exemples de marquage

MARQUAGE	101	272	2221	320 ou 32R0	0R5	3R3
VALEUR	100 $\Omega$	2,7 k $\Omega$	2220 $\Omega$	32 $\Omega$	0,5 $\Omega$	3,3 $\Omega$

Les zéros non significatifs placés à gauche de la valeur sont parfois omis.  
Bien faire attention aux mauvaises interprétations comme 220 qui signifie 22  $\Omega$  et non pas 220  $\Omega$ .

### Codification EIA-96 des résistances

La codification EIA-96 est constituée de deux chiffres suivis d'une lettre. Les deux premiers chiffres représentent la valeur nominale de la résistance selon le tableau suivant.

Tableau 3-4. Codification EIA-96 des résistances (1/2)

CODE	VALEUR	CODE	VALEUR	CODE	VALEUR	CODE	VALEUR
1	100	25	178	49	316	73	562
2	102	26	182	50	324	74	576
3	105	27	187	51	332	75	590
4	107	28	191	52	340	76	604
5	110	29	196	53	348	77	619
6	113	30	200	54	357	78	634
7	115	31	205	55	365	79	649
8	118	32	210	56	374	80	665
9	121	33	215	57	383	81	681
10	124	34	221	58	392	82	698
11	127	35	226	59	402	83	715
12	130	36	232	60	412	84	732
13	133	37	237	61	422	85	750
14	137	38	243	62	432	86	768
15	140	39	249	63	442	87	787
16	143	40	255	64	453	88	806
17	147	41	261	65	464	89	825
18	150	42	267	66	475	90	845
19	154	43	274	67	487	91	866
20	158	44	280	68	499	92	887
21	162	45	287	69	511	93	909
22	165	46	294	70	523	94	931
23	169	47	301	71	536	95	953
24	174	48	309	72	549	96	976

Elle est suivie d'un coefficient multiplicateur constitué d'une lettre comme sur le tableau page suivante.

Tableau 3-5. Codification EIA-96 des résistances (2/2)

CODE	MULTIPLICATEUR
Z	0,001
Y or R	0,01
X or S	0,1
A	1
B or H	10
C	100
D	1 000
E	10 000
F	100 000

**Exemples de codification EIA-96**

$$01Y = 100 \times 0,01 = 1 \, \Omega$$

$$68X = 499 \times 0,1 = 49,9 \, \Omega$$

$$76X = 604 \times 0,1 = 60,4 \, \Omega$$

$$01A = 100 \times 1 = 100 \, \Omega$$

$$29B = 196 \times 10 = 1,96 \, k\Omega$$

$$01C = 100 \times 100 = 10 \, k\Omega$$

Il existe des compléments à cette codification permettant de connaître la précision de la valeur. Je vous conseille de vous reporter aux liens Internet figurant en annexe pour avoir une vue d'ensemble des règles qui, pour la plupart, ne sont pas nécessaires au dépanneur.

La puissance dissipée, quant à elle, est étroitement liée au type de boîtier et à ses dimensions, que ce soit pour un composant à fils ou de type CMS. Lors d'un remplacement, on prendra donc en compte la dimension du boîtier de la résistance afin d'éviter quelques échauffements incontrôlables en cas d'utilisation d'une résistance de moindre dissipation.

**Les condensateurs**

Le marquage des condensateurs à fils est le plus souvent présent et facile à déchiffrer. De plus, lorsqu'elle est importante ou absolument essentielle, la tension de service maximale est indiquée ainsi que la température de fonctionnement maximale ou la précision de la valeur.

Certains condensateurs utilisent le code couleur des résistances pour leur marquage. Les condensateurs CMS subminiatures ne sont quasiment jamais marqués. Seuls les condensateurs CMS électrochimiques de type capsule ou plat mais de taille relativement importante le sont. Leur polarité est également indiquée soit par une barre de couleur gris clair indiquant le pôle positif, soit par le signe « + », le signe « - » ou les deux. Les condensateurs électrochimiques à fils mentionnent toujours clairement valeur, tension maximale de service et température.

Le marquage des condensateurs de petite taille est parfois difficile à interpréter car l'unité est rarement indiquée, et il est possible de confondre des valeurs exprimées en nanofarads (nF) ou en picofarads (pF), notamment en ce qui concerne les condensateurs relativement anciens. Lorsque le code couleur des résistances est utilisé, il faut déterminer par quel trait de couleur ou anneau la valeur commence. Il faut bien avouer que c'est parfois ardu mais ce type de marquage est peu utilisé. Avec un peu d'habitude et une connaissance du circuit dans lequel il se trouve, vous n'aurez pas de mal à bien interpréter le marquage. Pour les pièces neuves, il est prudent, en cas de doute, de les tester avec un capacimètre et de les ranger par valeurs.



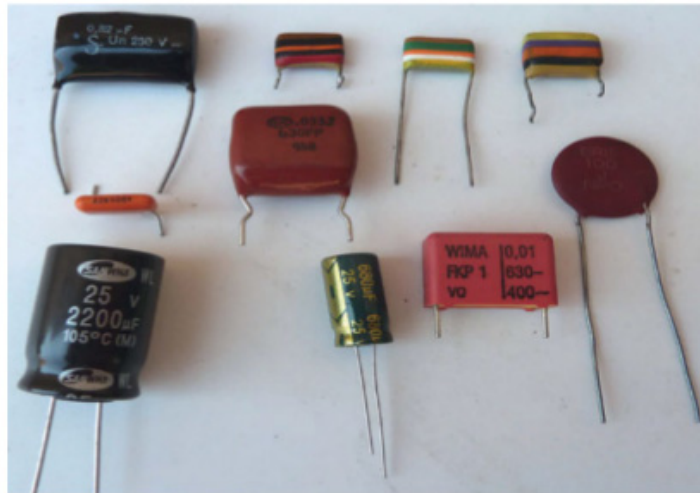


Figure 3-26. Exemples de marquage de condensateurs

Pour les condensateurs miniatures, il existe parfois des marquages du type N27 ; par exemple, cela signifie 0,27 nF alors que 4n7 signifiera 4,7 nF. Autre exemple : un marquage 102 sans précision d'unité signifie 1 000 pF.



Restons positifs ! La plupart des condensateurs sont bien marqués et facilement identifiables par le réparateur, sauf bien entendu les condensateurs CMS miniatures qui restent sans valeurs.



Figure 3-27. Exemples de marquage codifié de condensateurs

### Les diodes

Les diodes sont souvent mises en cause dans les pannes des appareils électroniques. Parfois elles sont la raison directe d'une panne, parfois un autre composant aura pu détériorer une diode voisine. Il faudra donc vérifier si la diode incriminée ne risque pas de se trouver à nouveau détériorée après son remplacement.

Faciles à identifier, les diodes sont le plus souvent correctement marquées. Toutefois, si la diode a surchauffé lors de sa destruction, son boîtier aura pu être détruit, rendant son identification impossible si l'on ne possède pas le schéma de l'appareil. Il est ainsi parfois difficile de savoir si la diode est de

type classique, Zener ou Schottky. Or, le respect du type correct de composant est indispensable, et ses caractéristiques sont également importantes. Il ne faut jamais remplacer une diode à la légère, sans avoir au préalable déterminé ses particularités, au risque d'endommager le circuit dans lequel elle est utilisée.



Si le circuit imprimé possède un marquage des composants, un repère commençant par D sera une diode, Z ou DZ une diode Zener.

Les diodes doivent toujours être identifiées par leur numéro de pièce, jamais par leurs caractéristiques (sur les fiches techniques des fabricants). Ainsi, le type de diode (Zener, Schottky...) ne sera connu que par les fiches techniques correspondant au numéro de pièce.

Les diodes peuvent se classer selon trois catégories principales :

- les diodes miniatures de faible puissance (normales, Schottky ou Zener) ;
- les diodes de puissance (normales, Schottky ou Zener) ;
- et les ponts de diodes de faible ou forte puissance.

#### Les diodes miniatures à fils

Constituées d'un corps en forme de bâtonnet en verre ou plastique, leur marquage est souvent directement écrit sur la diode et peut être facilement lu avec une loupe. Certaines diodes de la série 1NXXXX sont aussi parfois marquées par des anneaux selon le code couleur des résistances en excluant le préfixe 1N (par exemple : jaune marron jaune gris pour 1N4148).



Figure 3-28. Exemples de marquage à anneaux de couleur (1N4148)

Dans tous les cas, le premier anneau du marquage est l'anneau le plus large. Il repère également la cathode de la diode. Si le marquage est en clair, un seul anneau est présent et indique la cathode.

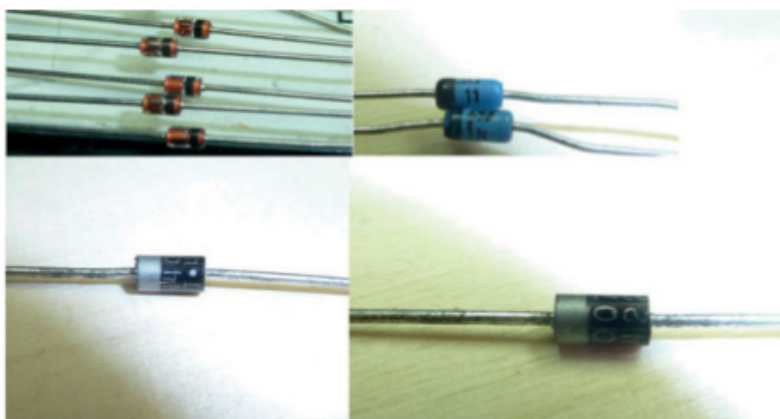


Figure 3-29. Exemples de marquage en clair des diodes miniatures

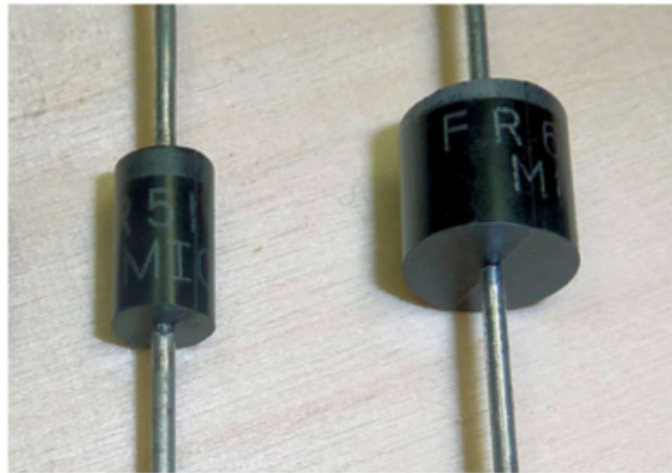


Figure 3-30. Exemples de marquage en clair des diodes de moyenne puissance (redressement)

#### Les diodes miniatures en boîtiers CMS

Les diodes de faible puissance et de faible tension inverse maximale sont souvent encapsulées dans des boîtiers de type CMS. En ce cas, leur marquage se fait selon un code à deux ou trois caractères. La cathode de ces diodes est repérée par une bande gravée ou grise, quelquefois par un point marqué ou gravé.

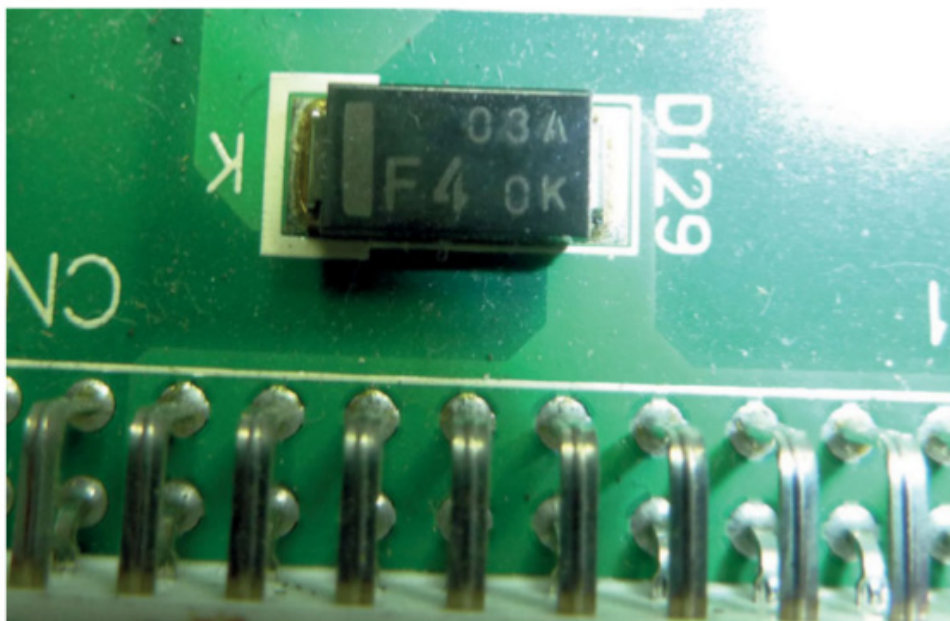


Figure 3-31. Diode CMS marquée F4



### Les ponts de diodes

Les diodes assemblées en pont sont le plus souvent des blocs redresseurs de courant pour les alimentations. Dans ce cas, elles sont encapsulées dans des boîtiers standards (TO220) par exemple, mais une même pièce peut se trouver déclinée en différents boîtiers. Attention, bien que la diode soit identique, sa dissipation thermique peut être différente selon le boîtier employé.

Les ponts de diodes peuvent comporter deux, ou deux fois deux assemblées selon une configuration à anode commune ou à cathode commune ou en série. Les ponts de diodes de redressement sont à deux diodes à cathode commune ou des ponts à quatre diodes. Cette fois encore, le marquage reprend le numéro de pièce du pont.

Lorsqu'il s'agit d'un pont de diodes de redressement, le marquage indique parfois les entrées du courant alternatif repérées par le signe « ~ » ainsi que les signes « + » et « - » indiquant les polarités de la tension redressée, comme sur la figure 3-32.

Tout comme les diodes, les ponts de diodes peuvent être de très faible puissance et tension inverse maximale, et être encapsulés dans des boîtiers de type CMS. En ce cas, leur marquage se fait selon un code à deux ou trois caractères.

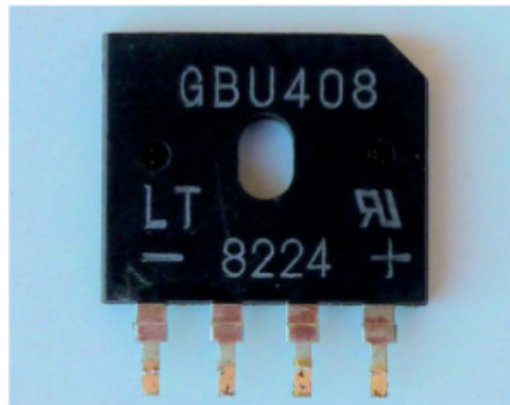


Figure 3-32. Pont de redressement à quatre diodes

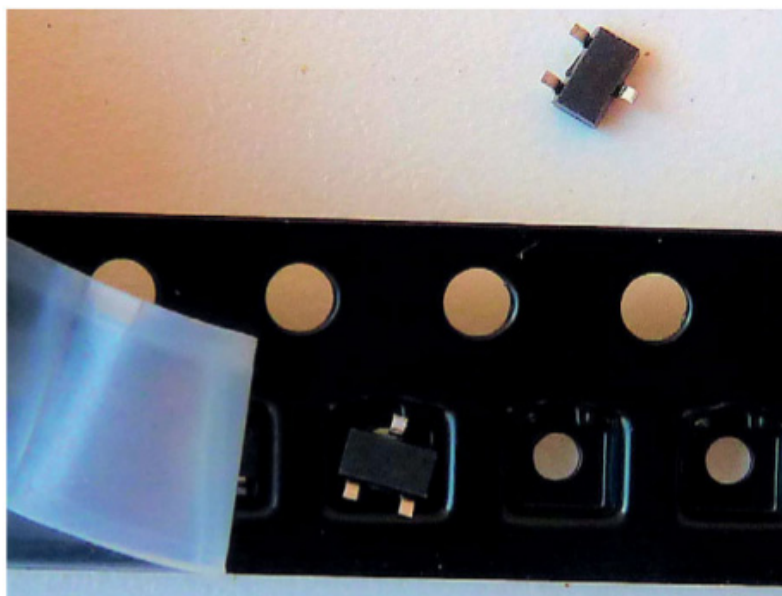


Figure 3-33. Ponts de diodes BAV99W (code A7t) livrés en film perforé

### Codes de marquage des diodes et ponts de diodes CMS

Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, en raison de leurs très faibles dimensions, les diodes CMS ne sont pas marquées directement avec leur numéro de pièce mais avec un code qui renvoie à ce numéro. On peut trouver de multiples tables de correspondance avec ces codes ; certaines redondances conduisent parfois hélas à des erreurs d'identification. Ainsi, j'ai déjà rencontré un code identifiant soit un pont de diodes, soit un transistor PNP, soit un transistor NPN ! Autre exemple, selon les tables trouvées sur Internet, le code F4 identifie un circuit BFS18R (équivalent à transistor BF495) ou un pont de deux diodes HSMP-3824 ou à la diode MMSZ52339 qui est une diode Zener. Bien entendu, le type de boîtier permet de s'y retrouver le plus souvent. Soyez donc très prudent dans la recherche de l'identification d'une diode ou d'un pont de diode CMS et ne tirez pas de conclusions hâtives.



Il existe de très nombreuses sources d'informations sur Internet dans ce domaine. Je recommande d'effectuer une recherche avec les termes « SMD Code Book » ou « SMD Marking Code » qui conduiront vers une multitude de documents intéressants.

Inutile de publier dans cet ouvrage les tables de correspondances tant elles sont nombreuses, et sans cesse remises à jour en fonction de l'arrivée des nouveaux composants. Il faut donc s'en remettre à des recherches ponctuelles sur Internet pour trouver les informations. Mais attention, ces informations proviennent pour la plupart de sites étrangers écrits en langue anglaise. Vous devez donc faire vos recherches en utilisant le sigle « SMD » (*Surface Mounted Device*) et non pas CMS (son équivalent en français).

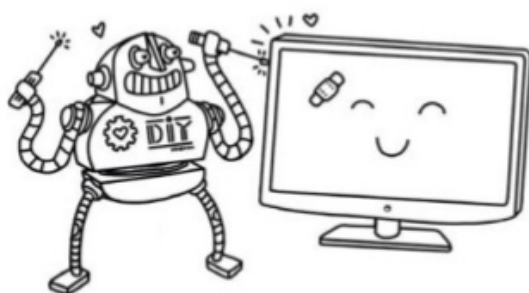
Ainsi, on pourra rechercher par exemple « SMD diode code F4 ». Essayez : vous obtiendrez des centaines de réponses plus ou moins utiles, il faut alors trier pour trouver la bonne information.

Avec un peu de persévérance, de bon sens, une pointe de chance et quelques notions d'anglais technique, vous trouverez toujours l'information recherchée ; mais n'oubliez pas que la connaissance du type de composant recherché (ne pas confondre un pont de diode et un transistor), et de son type de boîtier, aidera à identifier le composant recherché.

### Les inductances

Vous aurez rarement à changer une inductance. En revanche, il est important de savoir les distinguer des autres composants lorsqu'on vérifie le circuit pour déterminer une panne. Un marquage existe sur les petites inductances, mais il n'est pas toujours évident de déterminer leur valeur – ce marquage étant parfois un numéro de référence. Cette fois encore, ce n'est presque jamais le

problème. Par contre, la personne qui veut réaliser des équipements de radiocommunication aura besoin de connaître les valeurs des éléments utilisés.



Les inductances utilisées dans les alimentations à découpage sont pour la plupart exprimées en millihenrys (mH), les inductances utilisées en HF (hautes fréquences) sont en mH ou  $\mu$ H. Elles atteignent des valeurs en henrys (H) lorsqu'elles sont

employées dans des filtres pour haut-parleurs ou dans les alimentations classiques de très fortes puissances. Pour les très petites inductances à fils axiaux se pose le problème de confusion avec les résistances, car leur format est identique et leur marquage utilise le code couleur des résistances !



Figure 3-34. Laquelle est l'inductance, laquelle la résistance ?

### *Les autres composants passifs*

Il existe tant de variétés de composants passifs que nous ne les passerons pas en revue. Ils ne présentent pas de difficultés particulières ou sont rarement mis en cause dans les pannes ou bien très peu utilisés : je pense aux thyristors, aux triacs, aux diodes spécifiques, aux varistors, thermistances, cellules photoélectriques, etc.

En général, si un de ces éléments vient à être défaillant, vous devrez le remplacer tel quel ou par un modèle très approchant (électriquement). Leur marquage étant parfois peu explicite, vous devrez souvent faire part d'imagination en vous guidant sur un schéma de l'appareil lui-même ou d'un autre de même catégorie pour déterminer un remplaçant adéquat.

## Composants actifs et circuits intégrés

### *Les transistors*

Les transistors se présentant sous forme de composants à fils sont en général marqués de façon explicite. Toutefois, un transistor 2SC2344 pourra parfois, faute de place sur le boîtier, être marqué C2344. Le marquage d'un transistor comporte fréquemment des indications relatives à la fabrication (numéro de lot, date de fabrication, code de l'usine, etc.). Ces informations se trouvent en général en dernier, il faudra bien entendu lire la bonne ligne d'information pour trouver la désignation du transistor...



Entrez dans Google la référence que vous lisez, cela devrait vous diriger vers une information indiquant le type de composant ou une image du composant, ce qui vous permettra de valider la référence que vous avez relevée. Si c'est un marquage ne correspondant pas au composant recherché, vous le saurez rapidement.



Les transistors CMS sont quant à eux marqués à l'aide d'un code à deux ou trois caractères, à la manière des diodes CMS. Certains codes sont communs aux diodes et aux transistors : cela pourra conduire à des erreurs d'interprétation lorsque le schéma de l'appareil n'est pas disponible.



Comme pour les composants passifs, vous trouverez sur Internet de très nombreuses sources d'informations relatives aux transistors, consultables en ligne ou téléchargeables.

### *Les circuits intégrés*

Tout comme les transistors à fils ou à broches, les circuits intégrés, qu'ils soient en boîtier CMS ou à fils traversants, sont en général correctement marqués et facilement identifiables. Cependant, bon nombre de circuits sont disponibles chez différents fabricants et, à ce titre, bien qu'équivalents, ils comportent des numéros de pièces différents. On retrouve en général la même racine dans les différentes fournitures.



Figure 3-35. Marquage d'un circuit intégré HX8904TB (ligne 1)

Comme pour les transistors, les circuits intégrés comportent, outre le numéro de pièce, des informations concernant la fabrication. Il est là encore nécessaire de faire la distinction entre l'identification de la pièce et les autres informations. Avec un peu d'habitude, on se rend compte que l'identification est en général sur la première ou la deuxième ligne du marquage si celui-ci en comporte plusieurs.

Dans certaines situations, il faut prendre garde à l'identification des composants. Si le numéro de pièce supposé n'aboutit jamais à une information précise et fiable relative à un composant électronique, il y a fort à parier qu'il s'agit d'un composant spécifique fabriqué spécialement par ou pour le constructeur de l'appareil et de ce fait protégé par des brevets exclusifs, et il est impossible de se procurer une pièce de remplacement pas plus que la documentation.

Une autre situation concerne les composants dits « programmables » ou les mémoires permanentes (ROM, PROM ou EEPROM). En effet, même si le numéro de pièce apparaît, ces composants sont souvent préprogrammés par le constructeur et, à ce titre, leur remplacement poserait le problème de la recharge des données ou de la reprogrammation. Certains appareils autorisent cette programmation à l'aide d'équipements connectés aux prises service. Ces derniers et les données de

programmation ne sont en général pas accessibles aux particuliers mais réservés aux stations de dépannage agréées de la marque.

### *Les autres composants actifs*

Il serait vain de vouloir citer tous les cas possibles. Comme il existe peu d'autres composants dits « actifs » utilisés en électronique grand public, vous ne rencontrerez très probablement pas de telles situations à part les diacs, triacs et thyristors parfois utilisés dans les appareils possédant un chauffage (lave-linge, lave-vaisselle ou sèche-linge...).

## Méthodes de contrôle des composants

À quelques exceptions près, le contrôle d'un composant devra toujours être fait une fois le composant du circuit retiré. Toutefois, les fusibles, les résistances, les diodes et les transistors bipolaires peuvent parfois être contrôlés sans qu'ils soient dessoudés ; en cas de doute, il conviendra de les isoler de leur circuit.



Dans tous les cas, le circuit ne devra plus être sous tension, et par sécurité, le câble d'alimentation secteur sera débranché.

## CONTRÔLE RAPIDE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS

Le contrôle des fusibles, des résistances, potentiomètres, des condensateurs, des inductances, des diodes, des transistors bipolaires, des transformateurs et des haut-parleurs se fera à l'aide du multimètre de la façon suivante.

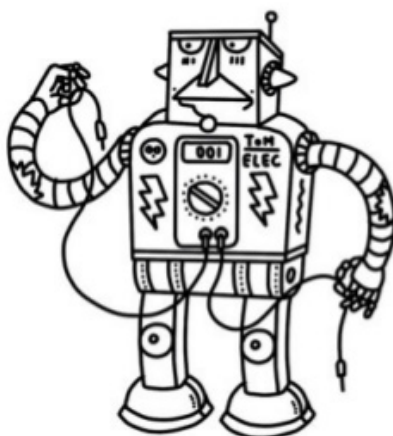


Tableau 3-6. Méthodes de contrôle des composants usuels

COMPONENT	CALIBRE	MESURE
Fusible	Continuité ou ohmmètre	Continuité (buzzer ou LED) ou résistance de valeur nulle
Résistance	Ohmmètre	Valeur de la résistance
Potentiomètre	Ohmmètre	Valeur de la résistance totale et variation entre chaque extrémité et le curseur de 0 à la valeur du potentiomètre
Condensateur	Capacitance <sup>1</sup>	Valeur du condensateur
Inductance	Ohmmètre	On vérifiera qu'elle n'est pas coupée.
Diode	Ohmmètre ou continuité	Vérifier la conduction entre anode et cathode : en inversant les fils, la continuité doit disparaître.
Diode Zener <sup>2</sup>	Ohmmètre ou continuité	Vérifier la conduction entre anode et cathode : en inversant les fils, la continuité doit disparaître.
LED	Ohmmètre	Vérifier la conduction entre anode et cathode : en inversant les fils, la continuité doit disparaître. Un multimètre analogique permettra en général de voir la LED s'allumer.
Transistor bipolaire <sup>3</sup>	Ohmmètre ou continuité	Vérifier la conduction entre base et collecteur, puis entre base et émetteur : en inversant les fils, la conduction ne doit pas avoir lieu
Transformateur	Ohmmètre	Chaque enroulement doit présenter une résistance non infinie (enroulement coupé) et identique à celle d'un transformateur identique s'il est disponible. L'isolement entre les enroulements et avec la carcasse métallique (si elle existe) doit être parfait.
Haut-parleur	Ohmmètre	Le haut-parleur doit présenter une résistance assez faible (quelques ohms). Si vous utilisez un multimètre analogique, un petit claquement se fera entendre en reliant les fils du multimètre.

<sup>1</sup>Uniquement si votre multimètre est muni de ce calibre.

<sup>2</sup>On saura que la diode Zener n'est pas coupée ou en court-circuit mais sa tension de fonctionnement ne sera pas vérifiée.

<sup>3</sup>On saura si le transistor est coupé ou en court-circuit mais sans plus, en particulier son gain ne peut être mesuré ainsi.

## CONTRÔLE PRÉCIS DES COMPOSANTS

Les contrôles ainsi faits seront en général suffisants pour la recherche de panne, mais il est évident que cela ne représente pas un contrôle parfait.

Certains autres composants ne peuvent pas être facilement contrôlés ; il existe cependant un moyen simple et peu coûteux de vérifier leur état à l'aide de ce petit testeur universel permettant le test de tous les composants, sauf les diodes Zener en ce qui concerne leur tension de fonctionnement. En particulier, la valeur des inductances, la valeur des condensateurs, l'ESR des condensateurs électrolytiques sera indiquée. Le type des transistors et leur brochage seront indiqués, ainsi que leur gain. Certains de ces testeurs reconnaîtront également les thyristors et les triacs de faible puissance et tension de service.



Figure 3-36. Vérification d'un condensateur électrolytique à l'aide d'un testeur universel



En bref, c'est un instrument indispensable, facile d'utilisation, qui vous coûtera moins de 20 € et vous fera gagner un temps important dans la recherche de vos pannes, en complément de votre multimètre. Vous le trouverez sous plusieurs déclinaisons sur eBay ou sur les sites de commerce chinois d'où il provient.

Le tableau 3-7 fournit l'ordre de grandeur des résistances internes parasites des condensateurs électrochimiques. Les valeurs (en ohms  $\Omega$ ) ne sont pas critiques et peuvent fluctuer. Un grand écart de valeur (si elle est supérieure en particulier) indiquera un condensateur probablement de mauvais état ou qualité.

Tableau 3-7. Valeurs typiques de la résistance interne des condensateurs électrochimiques (ESR)

TENSION/VALEUR	10 V	16 V	25 V	35 V	50 V	100 V	160 V	250 V
1 $\mu$ F	N/A	N/A	N/A	N/A	5	7	10	14
2,2 $\mu$ F	N/A	N/A	N/A	N/A	4	6	8	10
4,7 $\mu$ F	N/A	N/A	3	3	3	4	4	3,5
10 $\mu$ F	N/A	2	2	2	2	1,2	1,5	2,8
22 $\mu$ F	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,66	1,1	1,2
47 $\mu$ F	1,3	1,3	1,3	0,6	0,6	0,32	0,46	0,6
100 $\mu$ F	1,3	0,6	0,6	0,33	0,33	0,16	0,24	0,3
220 $\mu$ F	0,6	0,33	0,33	0,25	0,19	0,09	0,14	0,27
470 $\mu$ F	0,33	0,25	0,19	0,14	0,09	0,06	N/A	N/A
1 000 $\mu$ F	0,19	0,14	0,09	0,07	0,06	N/A	N/A	N/A
2 200 $\mu$ F	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	N/A	N/A	N/A
3 300 $\mu$ F	0,07	0,06	0,05	0,04	N/A	N/A	N/A	N/A
4 700 $\mu$ F	0,06	0,05	0,04	0,03	N/A	N/A	N/A	N/A
10 000 $\mu$ F	0,04	0,03	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

## CONTRÔLES COMPLEXES OU IMPOSSIBLES

Le contrôle des composants par les testeurs révèle parfois des composants fonctionnels, alors qu'en conditions de fonctionnement réelles ils sont défectueux. C'est rare, mais cela peut arriver notamment pour les diodes, les diodes Zener et les condensateurs. En cas de doute, la substitution du composant par un neuf permettra de lever la suspicion.

Le contrôle précis des diodes Zener demandera la réalisation d'un circuit de test simple, de même que pour les transistors et les triacs ; mais étant donné leur faible coût, il est plus simple de les remplacer en cas de doute.

Le contrôle des circuits intégrés est rarement possible ; on étudiera leur fiche technique afin de déterminer leur fonctionnement plus ou moins complexe et, ainsi, en étudiant les signaux à l'aide d'un multimètre ou d'un oscilloscope, on déterminera si le fonctionnement est correct ou pas et quelles peuvent être les causes du non-fonctionnement. Dans le doute, et en dernier ressort, seule la substitution du composant par un neuf permettra de lever le doute. Cela ne devra être fait qu'après avoir

vérifié l'ensemble des éléments voisins de ce circuit, au risque de le détruire si cette vérification n'est pas préalablement faite de façon exhaustive.

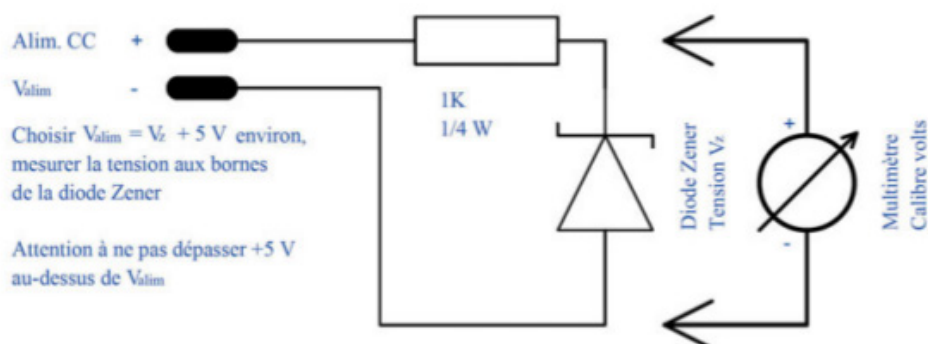


Figure 3-37 Test simple mais efficace d'une diode Zener

## Fiabilité relative des composants

L'expérience permet de tirer des statistiques relativement à la fiabilité des composants, ou plutôt d'en extraire la liste des composants les plus souvent mis en cause dans un dysfonctionnement. Voici dans l'ordre du moins fiable au plus robuste le classement de ces composants :

- 1 Condensateurs électrochimiques : souvent gonflés, à valeur incorrecte ou à valeur d'ESR trop élevée ; parfois, ils chauffent, ce qui indique une valeur d'ESR élevée.
- 2 Transistors bipolaires ou MOSFET de forte ou moyenne puissance : souvent en court-circuit ou coupés.
- 3 Diodes de puissance, ponts de diodes de redressement : souvent en court-circuit ou coupés.
- 4 Résistances de puissance : grillées ou coupées dans le cas des résistances bobinées.
- 5 Diodes miniatures standards ou diodes Zener : le plus souvent coupées, parfois en court-circuit.
- 6 Circuits intégrés à dissipation calorifique importante non fonctionnels ou court-circuitant leurs alimentations.
- 7 Condensateurs non polarisés à film plastique : valeurs fortement diminuées ou en court-circuit.
- 8 Transformateurs : coupures ou court-circuit partiel des enroulements.
- 9 Connecteurs :
  - oxydation des contacts ;
  - contacts desserrés ou tordus provoquant faux contacts ou surchauffe ;
  - parfois fondus, conséquence d'un mauvais contact trop résistant (connecteurs véhiculant une puissance importante).

10 Haut-parleurs :

- coupés ;
- grésillant à cause de limaille métallique ou poussière dans l'entrefer ;
- membranes rompues (par contact avec objet ou parce que trop vieilles).

11 Thermistances, varistances... coupées ou grillées.

12 Condensateurs miniatures céramique, mica et CMS (hors électrolytiques).

13 Résistances de faible puissance.

Je n'ai pas classé les fusibles dans ce « palmarès » car, s'ils sont fréquemment mis en cause, ils n'en sont généralement pas les responsables mais les victimes, ayant joué leur rôle protecteur.

Dans la recherche de panne, le premier élément à vérifier lorsqu'il y a panne totale, l'appareil ne se mettant pas sous tension, est bien entendu le fusible. Mais, comme déjà dit et répété, un fusible grillé indiquera un problème relatif à l'alimentation électrique mais ne sera quasiment jamais l'unique raison de la panne.

C'est donc par le contrôle de ces composants que l'on devra commencer les investigations lors de la recherche d'une panne.

En ce qui concerne les condensateurs électrolytiques, ils sont rarement défectueux sans que cela n'apparaisse sous forme d'une fuite de l'électrolyte qui aura alors coulé, ou un aspect gonflé de leur corps mais parfois leur aspect est intact et cependant ils ont perdu leurs caractéristiques.

Les transistors et les circuits intégrés présentent parfois des traces de brûlure interne visibles sur leur boîtier plastique. Parfois même, ce dernier a pu exploser.



Figure 3-38. Condensateur électrolytique défectueux



Figure 3-39. Circuit intégré explosé



## Substitution des composants

Il conviendra de considérer la substitution d'un composant dans le cadre d'un essai ou son remplacement définitif pour achever une réparation. En effet, si certaines libertés peuvent être prises lors d'un essai, il faut assurer la pérennité d'une réparation en remplaçant les composants par des éléments identiques ou plus performants. Voici les conseils que l'on peut formuler à ce sujet.

### DANS LE CADRE D'UN ESSAI

Dans le cadre des tests effectués durant la recherche d'une panne, les résistances et condensateurs peuvent être remplacés par des composants de récupération (en provenance d'autres appareils irrécupérables), reliés de façon temporaire par des petites longueurs de fil de câblage si leur format ne permet pas de les insérer directement dans le circuit. La valeur du composant de test ne devra pas s'écarter de plus de 20 % de la valeur du composant d'origine.

D'une manière générale, lors des essais, il convient d'utiliser des composants voisins de ceux que l'on remplace dans leur taille, ce qui indique un domaine d'utilisation proche, pour leurs valeurs et pour leurs limites de fonctionnement.

On pourrait être tenté d'utiliser un composant aux caractéristiques voisines ou supérieures en ce qui concerne la valeur, mais bien plus résistant. Par exemple, utiliser un condensateur de 1 000  $\mu\text{F}$  70 V pour remplacer un condensateur de 680  $\mu\text{F}$  6,3 V dans une carte mère d'ordinateur. Ce serait une mauvaise idée car sous une tension de 3,3 V, un condensateur prévu pour 70 V aura un comportement dégradé ; sa résistance série ESR risque notamment d'être trop élevée et ne pas garantir une action correcte du condensateur.

De même, les diodes (attention à la tension inverse, à l'intensité maximale et surtout au type et à la rapidité). Une diode de faible signal ne pourra être remplacée que par une diode de même catégorie ; inutile d'essayer de remplacer une diode 1N4148, qui est une diode rapide pour petits signaux acceptant une tension inverse de 100 V et une intensité moyenne de 200 mA, par une diode FR607 qui est également une diode rapide mais supportant une intensité de 6 A et une tension inverse de 1 000 V. D'abord, les diodes ont des tailles très différentes et il y a de grandes chances que le circuit s'en trouve perturbé, une diode de forte puissance ayant un comportement normal dans des conditions d'utilisation correspondant à ses caractéristiques.

Il ne vous viendrait pas à l'esprit d'utiliser une masse pour enfoncer un crochet de tableau. Il en est de même pour les composants électroniques. Il faut choisir des composants aux caractéristiques presque identiques ; dans le cas contraire, un essai infructueux vous mènerait à un faux diagnostic et une perte de temps conséquente. Vous trouverez page suivante un tableau résumant les précautions à respecter dans le cadre de la substitution d'un composant lors d'un essai.

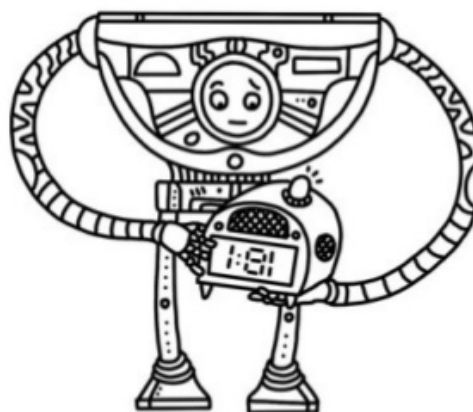


Tableau 3-8. Recommandations pour le remplacement des composants durant un test

TYPE DE COMPOSANT	RECOMMANDATIONS	COMMENTAIRES
Fusibles	Peu importe le format mais respecter le type (F rapide ou T temporisé), l'intensité de coupure et la tension de coupure maximum (four à micro-ondes).	Ne jamais choisir une intensité de protection supérieure. NE JAMAIS REMPLACER UN FUSIBLE PAR UN PONT FILAIRE.
Condensateur céramique Condensateur à film	Condensateur céramique ou à film plastique : - de valeur approchée ( $\pm 20\%$ ) - de tension de fonctionnement au moins égale à la tension supportée et inférieure au double	Exemple 15 nF 400 V par 12 nF 600 V
Condensateur électrolytique	Condensateur électrolytique de valeur voisine et de tension égale ou double au maximum de celle du condensateur d'origine	Tantale ou électrochimique
Résistance de faible puissance (1/8 W ou CMS)	Résistance axiale 1/8 W ou $\frac{1}{4}$ W	On réservera la soudure d'une résistance CMS à une réparation définitive.
Résistance de puissance	Même valeur et puissance égale ou supérieure	Ne pas tenter un écart de valeur, ces éléments étant souvent critiques.
Diode	Respecter le type, la rapidité et les caractéristiques de tension inverse et intensité maximale qui peuvent être majorées du simple au double mais pas minorées.	Si le circuit est bien connu et la diode surdimensionnée on pourra raisonner à l'inverse, mais ce cas est rare.
Transistor bipolaire	Respecter le type PNP ou NPN, la tension maximale collecteur-émetteur et l'intensité maximale admissible. Le gain en courant $\beta$ doit aussi être respecté (égal ou plus élevé mais jamais plus faible).	Peu importe le boîtier sauf si le transistor est monté sur un radiateur, auquel cas il faut penser à l'isolement éventuel du boîtier sur le radiateur. NE JAMAIS ESSAYER UN TRANSISTOR NÉCESSITANT UN REFROIDISSEMENT EN DEHORS DE SON RADIATEUR.
Transistor à effet de champ	Respecter la technologie (JFET, MOSFET, IGBT...) le type (Canal P ou Canal N) ainsi que la tension de fonctionnement et l'intensité maximum à choisir égales ou un peu plus élevées.	Peu importe le boîtier, sauf si le transistor est monté sur un radiateur, auquel cas il faut penser à l'isolement éventuel du boîtier sur le radiateur. NE JAMAIS ESSAYER UN TRANSISTOR NÉCESSITANT UN REFROIDISSEMENT EN DEHORS DE SON RADIATEUR.
Diode LED d'éclairage	Respecter au mieux l'intensité nominale et la couleur (qui impose la tension de fonctionnement).	Attention, sous une même encapsulation et dimension, les LED peuvent avoir des caractéristiques très différentes. ON POURRA SUBSTITUER UNE LED PAR UNE DIODE ZENER DE TENSION ET PUISSANCE CORRESPONDANTES POUR TESTER UNE CHAÎNE DE LED MONTÉES EN SÉRIE.
Circuit intégré	À quelques exceptions près (réseaux de résistances, multiples transistors ou diodes et amplificateurs opérationnels), il faudra choisir la même référence.	En cas de réelle substitution, respecter les caractéristiques.
Interrupteurs et relais	On pourra simuler le fonctionnement du circuit à l'aide d'interrupteurs externes à l'appareil.	Se méfier le cas échéant de l'intensité à couper dans le choix de l'interrupteur.

### Attention

Certains circuits intégrés ayant une personnalisation par logiciel ne sont pas directement remplaçables. C'est le cas des mémoires permanentes (Flash, Eeprom, EEprom) qui doivent au préalable être chargées avec un logiciel (microcode ou firmware) que l'on trouve rarement et qui nécessite un boîtier programmeur. Cela vaut aussi pour certains microprocesseurs ou microcontrôleurs que l'on retrouve fréquemment, même dans des appareils simples comme une cafetière par exemple.

En ce qui concerne les condensateurs, leur association en parallèle permet d'additionner les valeurs. Pour les résistances, c'est leur association en série qui permet de le faire. Associer deux résistances en parallèle permet de disposer d'une puissance dissipée maximale accrue mais la valeur équivalente de la résistance diminue selon la formule :

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

En respectant ces quelques recommandations, il sera possible de faire les essais de remise en fonctionnement sans devoir se procurer le ou les composants nécessaires au circuit et surtout sans en acheter inutilement.

Je vous recommande de conserver tous les circuits imprimés non réparables en documentant leur panne de façon à pouvoir disposer des composants a priori fonctionnels pour faire vos essais. Ces cartes sont une mine d'or pour le réparateur et, si le composant est vraiment difficile à trouver, une réparation faite avec un composant récupéré sera souvent tout aussi pérenne qu'avec un composant neuf mais en respectant plus scrupuleusement les caractéristiques du composant à remplacer.



Que ce soit pour un essai ou pour une réparation définitive, il est certains circuits qu'il est impossible de remplacer, c'est le cas des composants dits BGA (*Ball Gate Array*) dont les points de contact sont situés sous le composant et qui sont munis de billes d'étain et soudés après collage dans un four à refusion, ce qui n'est pas à la portée du réparateur.

## RÉPARATIONS DÉFINITIVES

Une fois le diagnostic correct établi et le circuit remis en fonctionnement à l'aide de composants de substitution il est prudent de le faire fonctionner quelque temps afin d'éprouver votre réparation. Il arrive parfois qu'une mauvaise soudure non vue (surtout sur les composants miniatures montés en surface) provoque une défaillance peu de temps après, l'échauffement de l'appareil imposant des contraintes mécaniques. Mais il arrive également que d'autres composants deviennent défaillants à la suite de la remise en état de l'appareil car ils avaient pu subir des chocs électriques précédemment sans défaillir immédiatement. C'est souvent le cas pour les appareils ayant subi un choc électrique à la suite d'un orage.

Un test d'endurance est donc toujours conseillé avant de crier victoire et de commander les composants à remplacer.





Vous pouvez également tenter de chauffer ou refroidir certaines parties d'un circuit imprimé pour provoquer la détection de mauvais contacts, soudures ou composants. Il existe des bombes aérosol de refroidissement, mais un sèche-cheveux permettant de souffler air chaud ou froid sera suffisant.

Essayez de respecter au mieux les références ou les caractéristiques des composants d'origine ; toutefois, dans votre recherche d'un équivalent, je vous invite à prendre une certaine marge de précaution pour certains composants. En effet, les fabricants font souvent des économies en utilisant des composants proches de leurs limites ou de qualité moindre. Ainsi, j'ai fréquemment pu constater que des séries d'appareils présentaient tous les mêmes défauts au bout d'un temps assez court (1 à 3 ans) en raison de la présence de composants aux caractéristiques limites. Par exemple, les alimentations délivrant une tension de 12 volts utilisaient des condensateurs électrolytiques prévus pour une tension maximale de 16 volts et duraient trop peu de temps.

Tableau 3-9. Recommandations pour le remplacement définitif des composants

COMPOSANT	RECOMMANDATIONS	COMMENTAIRES
Condensateurs électrolytiques	Respecter les valeurs et choisir des tensions limites supérieures (10 V au lieu de 6,3 V, 16 V au lieu de 10 V, 25 V au lieu de 15 V, 35 V au lieu de 25 V, etc.). Toujours prendre des condensateurs à température maximale de 105° C.	
Condensateurs film	Choisir une tension maximale égale ou supérieure, par exemple 680 V au lieu de 400 V.	
Diodes de puissance	Choisir une intensité de fonctionnement continu pouvant aller jusqu'au double.	Respecter les montages sur radiateur.
Transistors de puissance bipolaires ou MOSFET, triacs...	Choisir une intensité de fonctionnement continu et une tension maximale pouvant aller jusqu'au double. Ne pas faire de concession sur le gain et, pour les MOSFET, sur la résistance drain-source $R_{ds}$ en mode conducteur saturé, qui doit être la plus faible possible, car elle conditionne le fonctionnement des circuits de puissance et limite la dissipation thermique.	Respecter la présence éventuelle d'une diode de protection intégrée et le montage sur radiateur.

Ces recommandations vous permettront, pour une dépense supplémentaire très faible, de réaliser des réparations plus durables et de lutter ainsi contre une forme d'obsolescence programmée due à l'utilisation de composants trop contraints.

## Cas particulier des connecteurs

Les connecteurs sont des éléments incontournables de la plupart des appareils électroniques, il en existe une multitude – des modèles plus ou moins normalisés – et leur diversité pose problème, il s'en crée de nouveaux à chaque évolution des appareils et tous les connaître, ou pouvoir les remplacer en cas de défaillance reste problématique. De ce fait, nous allons passer en revue les différentes causes de problèmes et comment les corriger. Nous verrons également lesquels peuvent être remplacés.

Il faut tout d'abord savoir que, bien que non listés dans le chapitre précédent consacré aux composants les plus sujets à défaillance, les connecteurs sont une cause de dysfonctionnements pour plusieurs raisons :

- mauvais contacts/oxydation ;
- surchauffe pour les liaisons de puissance ;
- détériorations mécaniques ;
- coupures des fils de liaison ;
- casse.

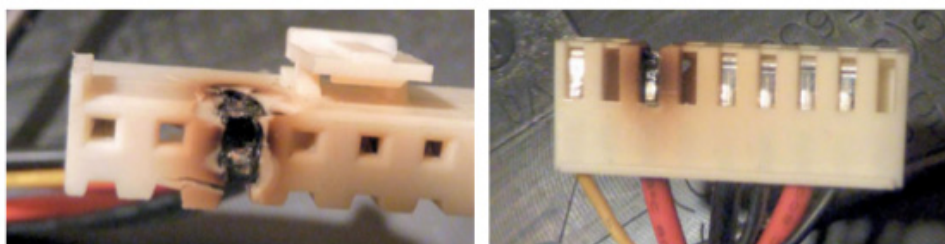


Figure 3-40. Connecteur femelle ayant surchauffé (alimentation d'un téléviseur)

## RÉPARER UN CONNECTEUR

Lorsqu'il est source de mauvais contacts, un connecteur peut facilement être nettoyé et désoxydé à l'aide d'un produit de nettoyage des contacts électriques ; une petite goutte d'huile fine sur ses contacts garantira la protection durable des contacts restaurés.

Si un connecteur chauffe, c'est souvent en raison de la détérioration de ses contacts et l'on est ramené au cas précédent. Toutefois, si l'échauffement a été élevé et durable, le contact étant fortement dégradé, il est conseillé, si l'on peut, de remplacer le connecteur ou de doubler la ou les liaisons par des conducteurs de diamètre suffisant soudés directement entre les deux sous-ensembles connectés. On perdra en souplesse pour les réparations ultérieures, mais l'appareil sera sauvé. Évidemment, s'il s'agit du connecteur d'alimentation d'un appareil (par exemple un ordinateur portable) relié à un bloc d'alimentation externe, le doublage des connexions n'a pas de sens. Heureusement, ce type de connecteur se trouve en général assez facilement et pourra donc être remplacé.

Si le connecteur a « brûlé », pensez à bien nettoyer les parties carbonisées qui pourraient engendrer des liaisons électriques non souhaitées et causer des détériorations diverses dans le circuit.

Si le connecteur a subi une détérioration mécanique ou a été cassé lors de manipulations, il est rarement réparable, et la solution consistant à réaliser de façon définitive ses connexions devient inévitable s'il ne peut pas être remplacé.

Un connecteur peut avoir été endommagé par un effort mécanique trop important ou une mauvaise manipulation, surtout lorsqu'il s'agit d'un connecteur accessible à l'utilisateur de l'appareil (connecteur d'alimentation ou de charge). Heureusement, ce type de connecteur est en général remplaçable et soudé sur la carte mère de l'appareil ; cela se fera parfois au prix d'une minutie élevée et des risques de détérioration de l'appareil (ordinateurs, tablettes et smartphones...).

La méconnaissance d'un connecteur interne dans un appareil conduit parfois le réparateur à forcer et casser un connecteur ou son dispositif de verrouillage en le déconnectant. Il est pourtant facile de manipuler sans force un connecteur lorsque l'on connaît la méthode. Ce sont surtout les connecteurs de câbles plats que l'on risque de détériorer faute de savoir comment les déverrouiller.



Ne jamais forcer pour extraire un connecteur, rechercher la méthode de déverrouillage avant de procéder à la déconnexion.



Figure 3-41. Connecteurs pour câbles plats

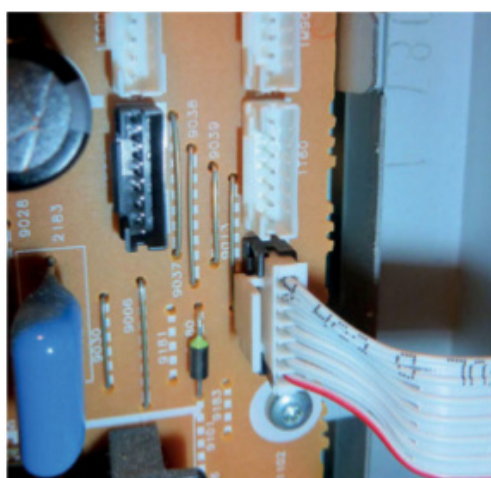


Figure 3-42. Connecteurs avec verrouillage latéral sur la partie mobile



Figure 3-43. Câble plat avec languette de manipulation (sans verrouillage)



La figure 3-43 montre un câble plat se terminant par un connecteur qui parfois présente des coupures, notamment en raison de la pliure souvent provoquée durant les manipulations, au niveau de la séparation entre la partie câble et la partie connexion. Ces câbles se trouvent en pièces de rechange et sont assez normalisés quant à leurs dimensions, écartement et nombre de liaisons. On peut également les couper, dénuder une de leurs extrémités sur la face adéquate à l'aide d'une toile émeri ou d'une petite meule d'outil multifonction, étamer alors le cuivre mis à nu et enficher délicatement le câble ainsi préparé dans son connecteur opposé. C'est du « bidouillage », j'en conviens, mais ça marche et se réalise facilement avec beaucoup de méticulosité.



Gardez tous les câbles plats et connecteurs que vous pouvez récupérer dans des appareils non réparables, car ils seront susceptibles de vous servir ultérieurement.

Il existe plusieurs types de verrouillage pour les connecteurs plats, soit à clapet à tirer latéralement, soit à clapet basculant. Il conviendra, pour ce dernier type, de ne pas se tromper de sens de basculement (vers le câble plat ou vers l'extérieur).

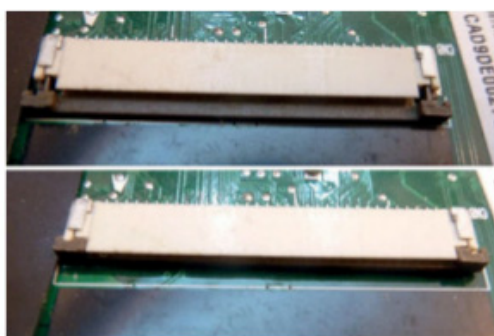


Figure 3-44. Connecteurs plats à verrouillage à tirette



Figure 3-45. Connecteurs plats à verrouillage à clapet basculant

Dans le cas où le connecteur incriminé fait partie d'un câble de liaison entre deux circuits imprimés équipé d'un connecteur à chaque extrémité, le rendre solidaire d'un des circuits imprimés ne posera pas de problème. Il est probable qu'un seul des deux connecteurs soit endommagé ; cette solution est donc tout à fait envisageable.

## Quels composants avoir en stock ?

Il est bien évident que si votre travail est très occasionnel, il serait inutile de disposer d'un stock important de composants standards permettant d'effectuer des réparations ou des essais sans attendre. Toutefois, certains composants sont très peu onéreux et peuvent être approvisionnés afin de vous éviter de devoir attendre l'achat d'un composant pour poursuivre.

Pour ma part, j'ai bien entendu un stock de résistances de diverses valeurs en puissance 1/8 W et quelques-unes de faibles valeurs en puissance 1 W qu'il m'est facile d'associer entre elles pour procéder à un essai.

Je dispose également d'un lot de condensateurs à film de tensions assez élevées (250 à 600 V, pour des valeurs comprises entre 15 nF et 1  $\mu$ F).

Les condensateurs électrolytiques étant très souvent la cause de pannes des circuits d'alimentation, je dispose de valeurs comprises entre 4,7  $\mu$ F 30 V et 3300  $\mu$ F 50 V.

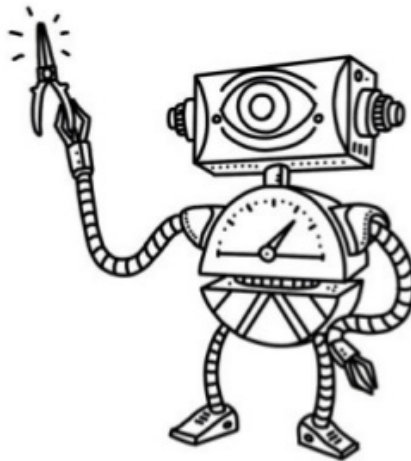
Enfin, il est bon d'avoir un ensemble de diverses valeurs de diodes de redressement rapides ou Schottky (1 à 6 A 600 à 1 000 V), de quelques diodes 1N4148 et d'un jeu de diodes Zener 1 W de 1,5 V à 33 V.

Diverses diodes LED standards (20 mA) de diamètre 5 mm et de plusieurs couleurs pourront compléter ce lot.

Enfin, pour terminer cette énumération, citons quelques transistors courants, 2N222 et BC347, et quelques MOSFET de puissance 1 à 15 A, 30 V à 600 V.

Cette liste non exhaustive, qu'il est difficile d'établir, devrait vous permettre de faire vos diagnostics et essais de remise en état de nombreux appareils. Bien entendu, c'est souvent le composant absent de cette liste qui risque de vous manquer au moment critique où vous alliez conclure vos essais. Désolé, je suis souvent dans le même cas, n'ayant pas une activité soutenue et ne souhaitant pas immobiliser une grande somme d'argent pour ce stock.

Le meilleur stock de composants est encore dans les circuits imprimés non réparables que je vous ai conseillé de garder à titre de récupération.



## LES OPÉRATIONS DE BASE

Réparer, c'est d'abord diagnostiquer... mais pour ce faire, et pour ensuite corriger le problème, il faut avoir recours à quelques opérations de base décrites dans ce chapitre. Sans savoir correctement effectuer les manipulations de base, le travail ne pourra pas être fait ou terminé correctement. Nous allons donc passer en revue les quelques incontournables de la réparation des appareils.

### Les soudures

Il existe bon nombre de pannes dues à la mauvaise qualité des soudures ou à leur détérioration dans le temps. Cela est d'autant plus vrai que l'intensité qui circule au point de soudure est importante. En effet, la soudure peut avoir été faite à la fabrication sur un fil de composant mal désoxydé ; le contact s'est établi mais il est imparfait, parfois un peu résistif. L'appareil fonctionne, mais la combinaison de l'échauffement dû à l'intensité du signal et à la propagation chimique de l'oxydation va conduire dans un temps plus ou moins long à la détérioration du contact au point de soudure. Cela mettra souvent des années avant de se produire, bien après la fin de la période de garantie des appareils courants. Les composants utilisés dans les appareils modernes vont de la micropuce CMS (résistance ou condensateur d'à peine 1 mm) au transformateur de poids et taille importants.

Il ne faut donc pas s'étonner que parfois des décollements de soudure interviennent, résultant d'une soudure trop froide à la fabrication (soudage à la vague du plus petit au plus grand des composants), d'un mauvais nettoyage des surfaces à souder ou simplement de contraintes mécaniques ou vibrations s'exerçant sur les points de connexion des gros composants. C'est parfois une trop petite dimension des réseaux et points de connexion, face à l'intensité véhiculée, qui provoquera, par échauffement, une mauvaise liaison ou sa coupure.

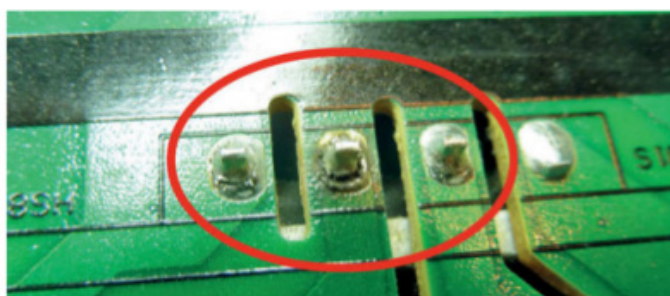


Figure 4-1. Soudures défectueuses d'un MOSFET de puissance dans une alimentation de téléviseur



On rencontre particulièrement ces situations dans les alimentations bien entendu, mais aussi fréquemment dans les appareils électroménagers utilisant des circuits électroniques de puissance (commutation des résistances chauffantes d'un sèche-linge, par exemple). Cela conduit souvent à la carbonisation du circuit à l'endroit de la soudure défectueuse.

Dans tous les cas, l'examen visuel des circuits imprimés doit être fait en tout premier lieu lors de la recherche d'une panne, afin de détecter tout échauffement et ses conséquences possibles.

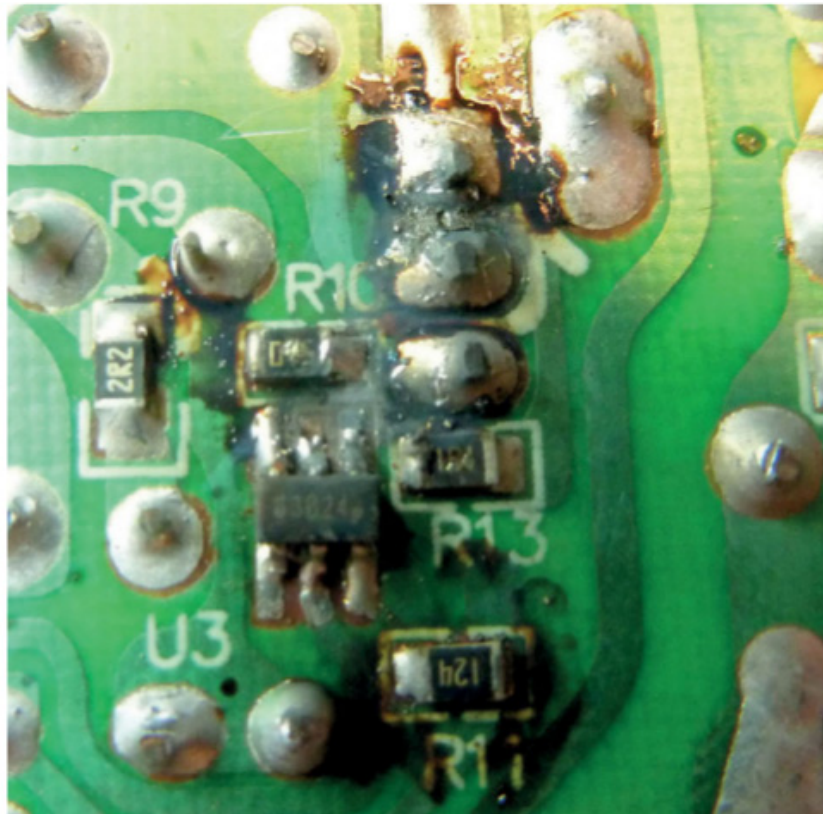


Figure 4-2. Constatation visuelle du mauvais état d'un circuit imprimé d'alimentation

## PRÉCAUTIONS À RESPECTER

Les opérations de soudure présentent deux risques importants au niveau sécurité :

- brûlure (voire combustion inopinée de l'environnement de travail) ;
- intoxication (absorption des fumées ou produits toxiques).

Il conviendra donc d'être très prudent lors des opérations de soudage/dessoudage. Il existe des appareils à souder miniatures à gaz particulièrement dangereux que je ne recommanderai pas en électronique, mais même un fer à souder électrique peut être dangereux au toucher ou s'il est posé sur un matériau inflammable, ou au contact accidentel avec un de ces matériaux.

Il est d'autres conséquences malencontreuses possibles, ce sont celles relatives à la destruction des composants alentour. Ainsi, il faudra être très précautionneux et éviter :

- la surchauffe trop longue des fils ou broches de contact des composants qui pourrait détruire le composant. On limitera température et temps de chauffe, on pourra aussi poser un frein thermique sur la connexion si la place le permet (pince plate serrant le fil entre le point de soudure et le corps du composant durant la soudure) ;
- la surchauffe des pièces en plastique environnant l'endroit de la soudure, en particulier les corps des composants et connecteurs ;
- le dessoudage des composants CMS proches, qu'on utilise un fer traditionnel ou une station à air chaud.

La figure 4-3 montre des composants déplacés et des connecteurs fondus lors d'une opération de dessoudage d'un composant à forte intégration (en haut de la figure) à l'aide d'un pistolet à air chaud mal adapté à l'opération. Une protection par un ruban d'aluminium autocollant aurait évité ce désagrément.

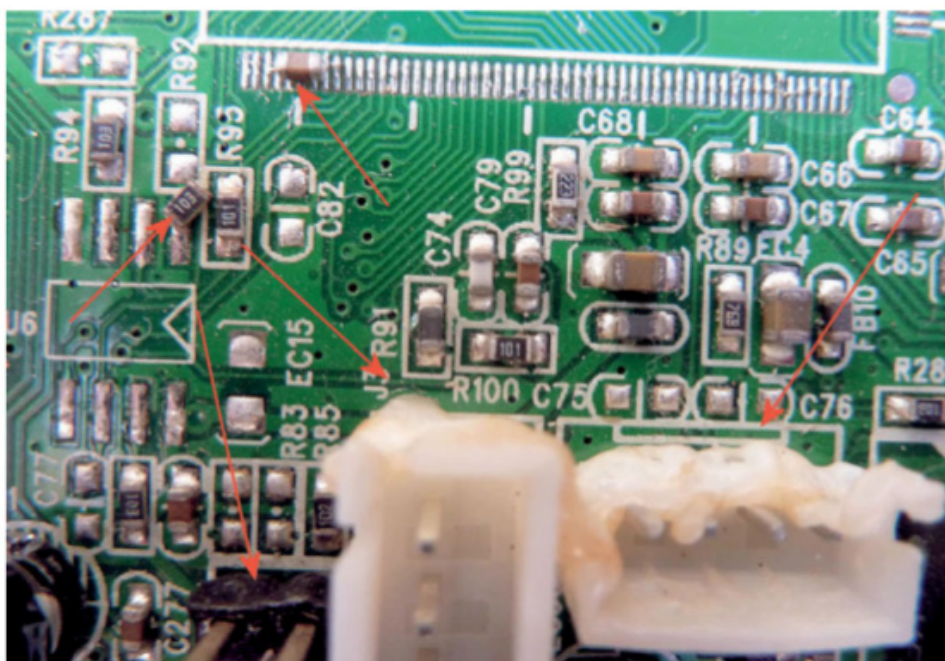


Figure 4-3. Conséquences de l'utilisation d'un matériel inadapté

Dans tous les cas, le matériel de soudure doit être adapté (puissance de chauffe réglable, dimension de la panne du fer, isolement éventuel ou mise à la terre) et en bon état. De plus, on utilisera si nécessaire du flux de soudure afin de réduire au minimum le temps de chauffe des points à souder. En effet, l'oxyde qui se forme sur la soudure à base d'étain bloque la transmission de la chaleur et exige une température et un temps de chauffe plus importants.

## SOUDER ET DESSOUDER LES COMPOSANTS TRADITIONNELS

### Souder

Si l'opération de soudage ne présente pas de difficulté particulière, à condition d'utiliser le matériel adéquat, il convient cependant de citer le cas où le composant à souder est muni de fils ou de broches de dimension plus importante que le diamètre du trou de soudure. Dans ce cas, le mieux sera d'utiliser un petit foret de diamètre adapté, placé dans un petit mandrin manuel (moins agressif qu'une perceuse), afin d'élargir le trou avant insertion du composant. On évitera de forcer l'insertion des fils sans procéder à l'agrandissement du trou, au risque de décoller la pastille et la piste d'un côté ou de l'autre du circuit imprimé. On limitera, comme déjà indiqué, temps et température de chauffe. Après soudure, on vérifiera que la surface de conduction est suffisamment importante ; dans le cas contraire, on pourra renforcer la soudure par un fil (de type « wrapping » de 0,25 mm de diamètre).

### Dessouder

Il est plus délicat de dessouder un composant à fils traversants que de le souder en raison du risque élevé de destruction du trou de soudure, par arrachement de la pastille ou même de la piste conductrice. Cela se produira inévitablement si le diamètre du fil est trop proche du diamètre du trou et si on doit chauffer longtemps le point à dessouder (cas des fils ou broches de grande dimension). Les circuits imprimés de certains fabricants ne présentent aucune difficulté pour être dessoudés ; d'autres en revanche en présentent toujours. Dans tous les cas, il est conseillé :

- d'enlever au mieux la soudure à l'étain à l'aide d'une pompe à dessouder ou de tresse à dessouder avant d'extraire les fils ;
- de ne pas extraire les fils en les faisant tourner dans leur trou mais d'appliquer une traction perpendiculaire au trou ;
- d'utiliser du flux de soudure pour faciliter l'échauffement ;
- d'utiliser une température de fer à souder assez élevée pour limiter le temps de chauffe.

Afin de faciliter l'extraction des composants à plus de deux fils, il sera parfois (toujours dans le cas des circuits intégrés *Dual In Line*) utile de prédécouper les fils ou broches avant de dessouder le composant si celui-ci ne doit pas être récupéré. Cela se fera sans forcer à l'aide d'une pince coupante de petite dimension ou d'un cutter pour les circuits intégrés.

Si le composant doit être récupéré, il sera plus sage d'utiliser une station de dessoudage à air chaud pour récupérer le composant sans devoir sacrifier ses broches de connexion (un simple décapeur thermique utilisé avec précautions pourra suffire bien qu'il provoque le plus souvent le dessoudage des composants avoisinants). Pour éviter le dessoudage des composants voisins, il suffit de les maintenir plaqués à leur emplacement en utilisant de la bande en aluminium autocollante utilisée par les plombiers pour raccorder les gaines de ventilation ou les boucher en cas de percement. Cette bande d'environ 6 ou 8 cm de large se trouve en grande surface de bricolage sous forme de rouleau.



## DESSOUDER ET RÉCUPÉRER LES CMS

Les recommandations suivantes ne concernent que les circuits dont les plots de soudure sont apparents, contrairement aux composants de type « BGA » dont les points de soudure sont situés sous le composant et qui nécessitent un matériel spécifique qui n'est pas à la portée du dépanneur (four à refusion). Il est recommandé d'utiliser l'air chaud pour récupérer les CMS sans les détruire.

Une station de soudage/dessoudage à air chaud ou un pistolet à air chaud qu'il faudra utiliser avec beaucoup de précautions permettra d'obtenir un travail parfait et de récupérer les composants CMS.

Afin d'éviter que les petits composants avoisinant celui que l'on veut récupérer ne s'envolent, il suffira de maintenir les composants à conserver en utilisant du ruban autoadhésif en aluminium dans lequel on découpera une fenêtre correspondant au composant à retirer.

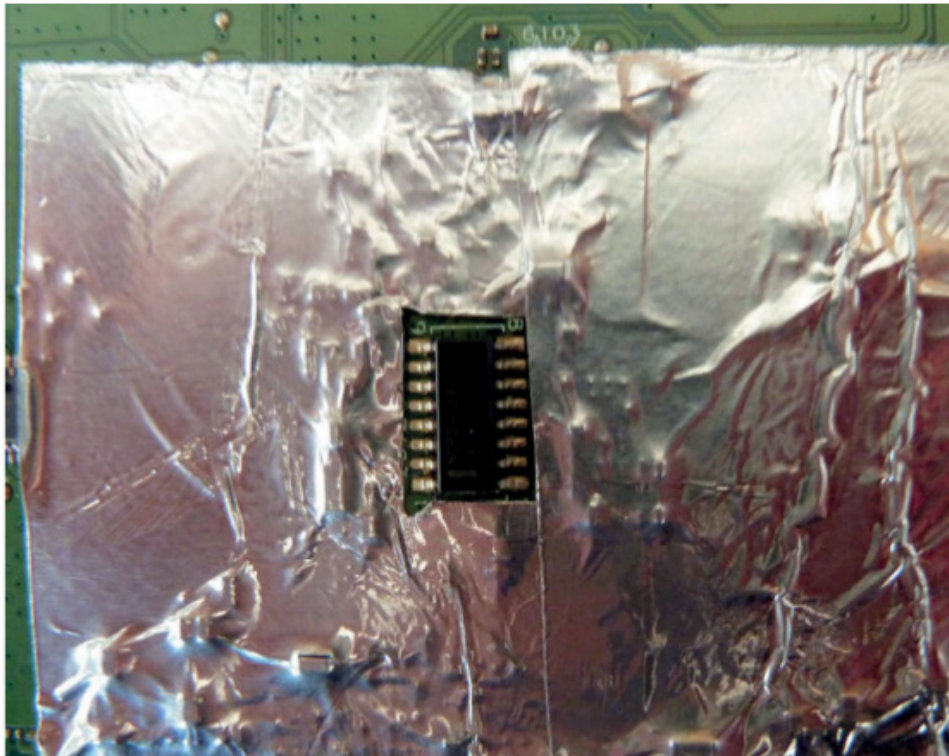


Figure 4-4. Masquage de la zone à dessouder avec aluminium autocollant

On pourra cependant se servir d'un fer à souder conventionnel pour dessouder les composants à deux ou trois pattes de contact, même si cela n'est pas recommandé. Comme indiqué précédemment, pour les circuits intégrés, l'utilisation d'une station de soudage/dessoudage à air chaud est l'idéal ; cependant, il existe aussi quelques alternatives citées dans l'ordre de leur difficulté croissante :

- utilisation d'un flux de soudure dit chip quick qui permet de réduire le point de fusion de l'alliage de soudure en ne chauffant que légèrement le composant et le circuit imprimé ;



« chip quick » est le nom commercial d'un produit qui se trouve facilement en magasin de pièces détachées ou dans les sites de vente en ligne. C'est un nouveau produit dont on dit beaucoup de bien sur les forums ; je ne l'ai pas encore utilisé et je le recommande en raison des retours positifs des utilisateurs.

- utilisation du flux de soudure et de la tresse à dessouder pour assécher au mieux les plots qu'on soulèvera ensuite un par un avec la plus grande délicatesse ;

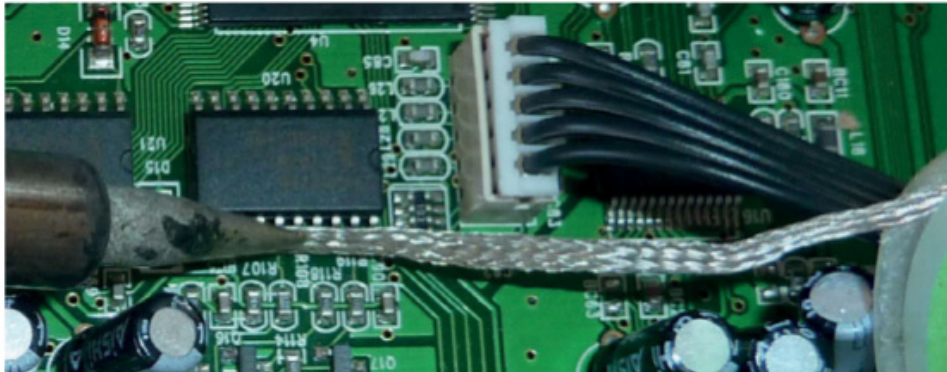


Figure 4-5. Utilisation de la tresse à dessouder

- utilisation d'un fil émaillé dont une extrémité sera soudée sur la carte pour soulever les plots un par un en les chauffant et en tirant sur le fil.

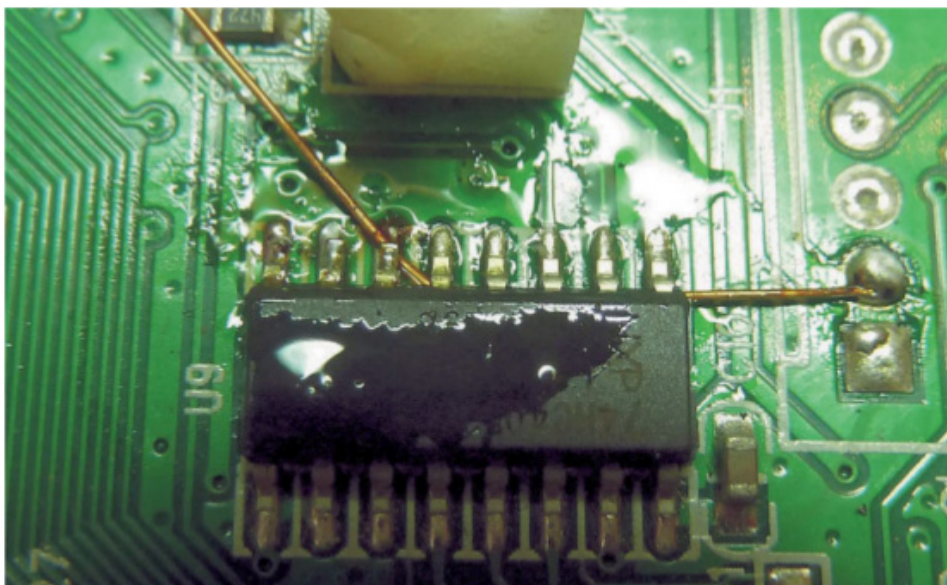


Figure 4-6. Utilisation de fil émaillé et de flux de soudure





Une bonne précaution lors de la manipulation des circuits consiste à toucher le circuit imprimé d'une main et le composant concerné (tournevis ou autre élément à mettre en contact avec le circuit) de l'autre main avant d'entreprendre réellement l'action envisagée. Cela aura pour conséquence de décharger en douceur les éventuelles charges électrostatiques présentes entre les circuits de l'appareil et l'élément à relier grâce à la résistance électrique élevée du corps humain. Il est bien entendu tout à fait déconseillé de changer des éléments ou de connecter/déconnecter des liaisons intérieures à un appareil lorsqu'il est sous tension, à la fois pour la sécurité de l'intervenant, mais aussi pour éviter la destruction probable des circuits avoisinants.

Dans tous les cas, il faut user de précautions dans ces manipulations, au risque de détruire les composants ou le circuit imprimé.

## DESSOUDER LES CMS SANS LES RÉCUPÉRER

On vient de voir comment dessolder « proprement » les composants montés en surface (CMS) ; toutefois, il existe des possibilités qui détruiront le composant mais préserveront le circuit imprimé. Pour les résistances, condensateurs et diodes de faibles dimensions, on appliquera le fer à souder assez chaud sur le dos du composant qui libérera ainsi les plots soudés ; il suffira de pousser le composant hors de son emplacement avec une pince de type brucelles, par exemple.

Pour les circuits intégrés, le mieux sera de découper avec précaution chaque plot de connexion au niveau du boîtier à l'aide d'un cutter, puis de libérer le circuit intégré avant de dessolder chaque plot un par un en le retirant à l'aide de brucelles pendant la chauffe du plot de soudure.

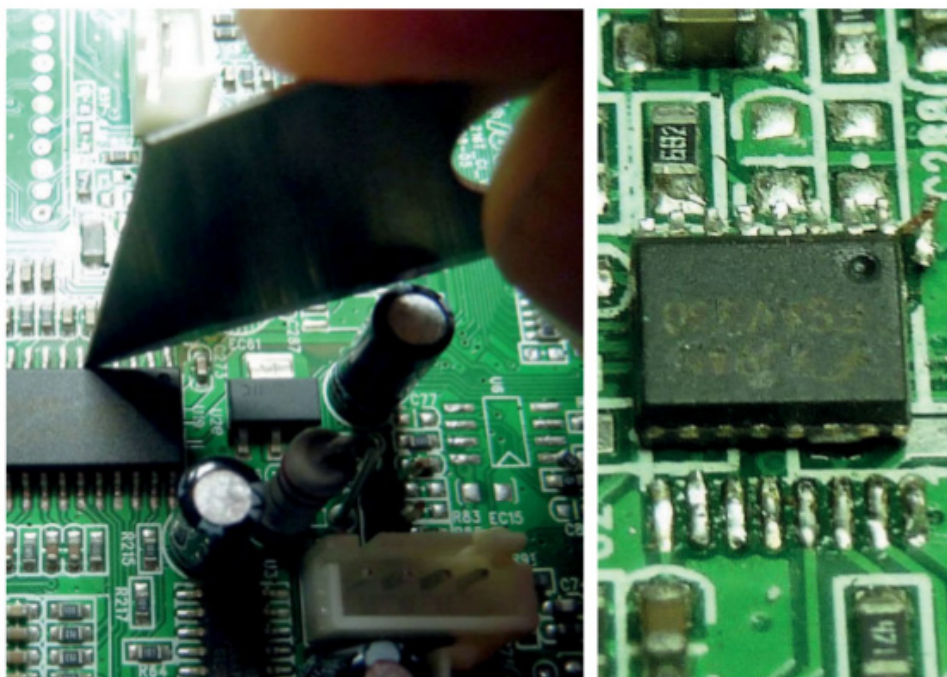


Figure 4-7. Découpe au cutter des broches de circuits intégrés



Il arrive néanmoins assez souvent que des pistes du circuit imprimé restent collées au composant lors de son extraction ; il conviendra en ce cas de « réparer » les connexions en utilisant du fil à « wrapper ».

Dans tous les cas, il sera bon d'avoir au préalable utilisé flux et tresse à dessouder, afin de retirer le plus possible de soudure et de travailler avec minutie, l'objectif étant la préservation des pistes du circuit imprimé.

## SOUDER LES CMS

Comme pour les composants classiques, il est plus facile de souder les composants de technologie CMS que de les dessouder. La difficulté n'en est pas pour autant inexistante en raison de la miniaturisation de ces circuits dont les broches sont très peu espacées et de la difficulté de les maintenir en place lors des opérations de soudage. Les opérations suivantes sont nécessaires.

- 1 Dans un premier temps, nettoyez le mieux possible l'emplacement où le composant doit être soudé (élimination de soudure sur les plots de contact et de toute trace de colle ou surépaisseur au niveau de la surface du composant) afin de pouvoir le placer bien à plat.
- 2 Complétez ce nettoyage à l'aide d'une petite brosse à dents et d'alcool isopropylique.
- 3 Placez le composant bien à plat dans son emplacement et maintenez-le en place par pression (pour ce faire, il existe de petits outils munis d'une ventouse).
- 4 Enduisez de flux les emplacements de soudage.
- 5 Soudez un ou, mieux, deux plots situés dans deux coins opposés l'un à l'autre afin de maintenir le composant en place. Vérifiez l'alignement correct du composant au niveau de tous les plots de soudure avant de continuer, sinon reprenez l'opération.
- 6 Soudez les autres plots en promenant lentement le fer correctement étamé sur tous les plots qu'on aura préalablement largement « mouillés » de flux de soudure. Vérifiez chaque soudure et l'isolement entre les plots à l'aide d'une loupe.
- 7 Parachevez soudures et isollements entre broches en utilisant largement le flux de soudure lors de l'opération.
- 8 Nettoyez enfin tous les résidus de flux à l'aide d'alcool isopropylique.



Il est inutile de tenter l'expérience sans flux de soudure : cela conduirait à provoquer de mauvaises soudures ou des courts-circuits intempestifs. Le flux a pour avantage d'éliminer toute oxydation au niveau des points à souder mais également de repousser la soudure vers les parties métalliques, facilitant ainsi l'élimination des contacts parasites entre plots.

Il conviendra de vérifier les soudures, notamment si les plots du composant n'ont pas pu être bien en contact

avec la surface du circuit imprimé lors du positionnement initial du composant. Dans le cas où des broches de composants sont reliées accidentellement par un pont de soudure, on utilisera du flux pour permettre à l'excédent de soudure de rejoindre les broches sur lesquelles on appliquera la pointe du fer à souder. Si l'excédent de soudure est trop important, on le retirera à l'aide de la tresse à dessouder.



Vous trouverez sur Internet de nombreux tutoriels et vidéos illustrant ces opérations, qui vous permettront d'aborder ces manipulations délicates avec moins d'appréhension.

## Isolation d'un signal

Lors de la recherche d'une panne, il est souvent nécessaire de pouvoir isoler, puis simuler la présence d'un signal de commande, afin de mettre en condition fonctionnelle un circuit d'alimentation, un inverter de téléviseur ou tout autre circuit interne à un appareil lorsque le signal de commande n'est pas généré par les circuits de contrôle. Cela ne doit pas se faire n'importe comment, afin de réaliser effectivement la simulation et surtout d'éviter de détruire les circuits de contrôle générant normalement le signal. Pour cela, il sera souvent nécessaire de réaliser l'isolement d'un circuit ou d'une portion de celui-ci.

Une autre raison pour souhaiter isoler un signal est la recherche d'un défaut le long du parcours d'un rail d'alimentation, pour ne pas avoir à tester chaque composant individuellement en le dessoudant (ce qui est toujours compliqué dans le cas des composants CMS). Il sera naturellement simple d'isoler un signal transitant par un connecteur (bien que cela ne soit pas toujours aisé dans les connecteurs de petites dimensions ou utilisant des câbles plats).

## ISOLER ET RÉPARER UNE PISTE DE CIRCUIT IMPRIMÉ

La méthode la plus aisée et qui minimise les dégâts provoqués consiste à couper une piste à l'aide d'un cutter. On prendra naturellement le soin d'éviter de couper les pistes voisines ou de provoquer un court-circuit en laissant des « bavures » autour de la coupure : elle devra être soigneusement vérifiée et nettoyée à la loupe. On vérifiera à l'ohmmètre que la coupure est bien effective. Cela paraît simple mais la pratique se révèle plus difficile en raison de la taille microscopique, quelquefois, des liaisons à interrompre. Il ne faut pas chercher l'esthétique mais l'efficacité. Les figures suivantes illustrent cela.



Figure 4-8. Coupure d'une piste < 1 mm sur une carte T-Con de téléviseur

Il sera parfois nécessaire d'interrompre à deux endroits une piste pour isoler une portion de circuit.

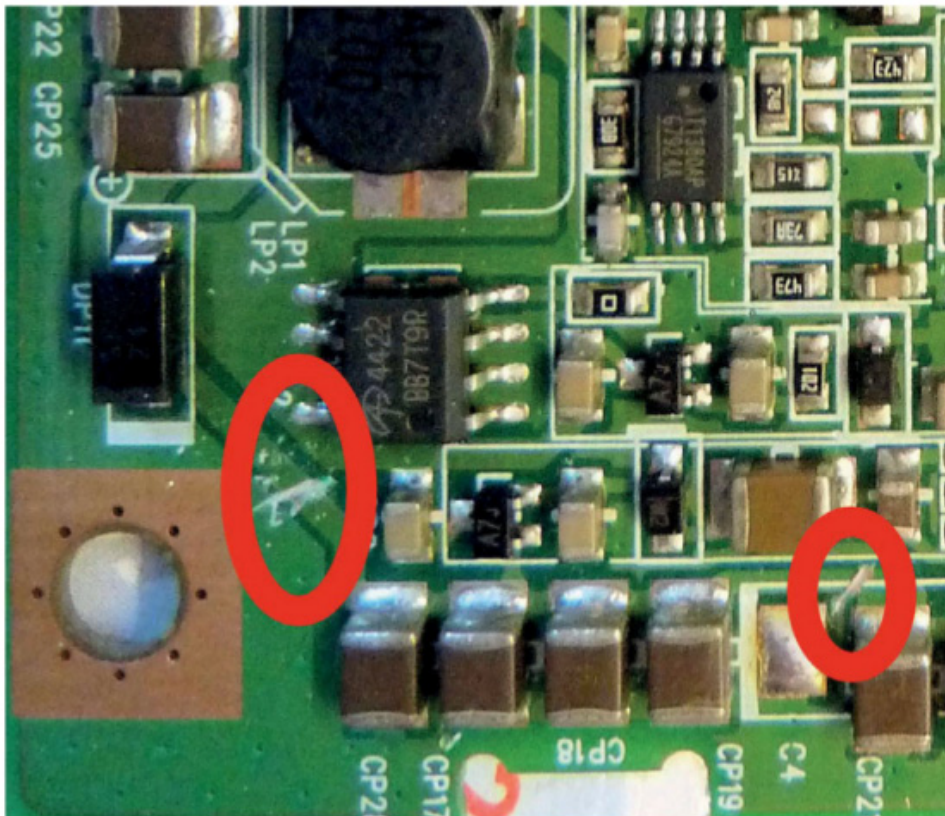


Figure 4-9. Isolement d'une portion de circuit lors de la recherche d'un court-circuit

Dans l'exemple précédent, une ligne d'alimentation était en court-circuit ; il s'agissait d'isoler la portion de ligne où le court-circuit se situait, sans devoir dessouder les condensateurs de filtrage de type CMS câblés en parallèle (une dizaine). CP19 était le fautif. Plusieurs coupures ont été nécessaires pour isoler plusieurs portions de circuit.

Une fois le travail terminé, on reconstituera le circuit à l'aide d'une goutte de soudure, quand cela est possible, en prenant soin d'éviter les courts-circuits et en vérifiant que la soudure n'est pas « collée ». Il faudra bien entendu avoir découpé la piste au préalable afin d'assurer le dépôt de soudure et son adhérence. L'utilisation de flux de soudure pourra aider à réaliser un travail parfait. Si l'écart entre les points de coupure est trop important, on utilisera un petit morceau de fil dénudé soudé à chaque extrémité. Il faudra utiliser un fil très souple, de très faible diamètre. Je recommande du fil *wire wrap* ou *wrapping* de diamètre 0,25 mm. On le trouve couramment chez les vendeurs de composants ; il est en général isolé par une gaine en Teflon qui résiste à la température normale de soudure.

Dans le cas des signaux peu critiques en matière de fréquence ou rapidité (majeure partie des cas), on pourra réaliser la réparation par la connexion de points éloignés entre eux afin de faciliter la soudure du fil.



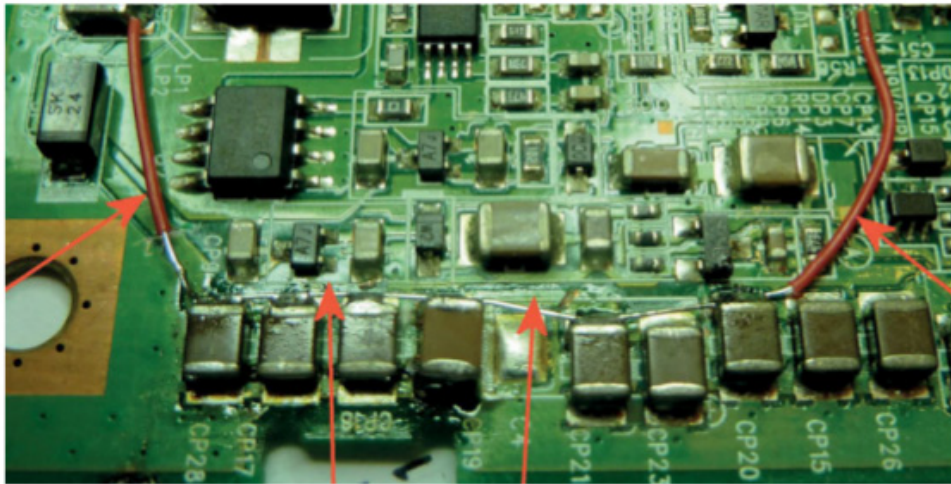


Figure 4-10. Reconstitution des pistes après remplacement du condensateur défectueux

On vérifiera dans tous les cas et avec beaucoup de soin la qualité des soudures, la continuité de l'ensemble du signal reconstitué et l'isolement avec les pistes voisines.

Enfin, le nettoyage des excès de flux de soudure avec de l'alcool isopropylique (ou un autre solvant) permettra d'éviter l'oxydation future du circuit. Les puristes pourront appliquer un vernis protecteur qui protégera chimiquement la réparation et fixera les petits fils utilisés.

#### Cas d'un court-circuit sur un signal d'alimentation

Dans la recherche d'un court-circuit sur un signal d'alimentation, il sera parfois très difficile d'isoler le composant provoquant le court-circuit en raison de la présence de pistes internes non apparentes, propageant le signal d'alimentation dans la carte. Dessolder tous les composants en liaison entre cette alimentation et la masse serait fastidieux, alors qu'il s'agira le plus souvent d'un condensateur défectueux. Il n'existe pas de solution miracle à cette situation. On pourra parfois isoler partiellement des portions du signal d'alimentation grâce aux fils utilisés comme ponts sur l'une ou l'autre des faces du circuit imprimé.

## SIMULER UN SIGNAL

La simulation d'un signal dont on doute de la validité ou de la présence devra se faire en ayant soin de ne pas provoquer la destruction du circuit qui normalement le génère et en étant certain de la validité de sa simulation. En effet, si un signal de niveau bas est généré par un composant muni d'un transistor en sortie, forcer le niveau du signal sans le déconnecter du composant qui le génère pourrait provoquer la destruction du transistor de sortie de ce composant.

#### Simulation d'un signal de commande (tension fixe)

Il sera préférable d'isoler la ligne du circuit générant normalement le signal afin d'éviter que le circuit puisse subir un dommage ou que le signal soit forcé par ce circuit. On pourra toutefois, en étudiant

le circuit, s'affranchir de cette obligation mais cela reste dangereux, la connaissance des circuits internes à un circuit intégré de commande étant souvent très partielle. Ainsi, si un signal au niveau HAUT est généré par la conduction d'un transistor relié au pôle positif de l'alimentation, mettre ce signal au niveau BAS en le forçant détruirait le transistor. Il en est de même dans le cas inverse ou l'on forcerait au niveau HAUT un signal dont le niveau BAS est produit par la conduction d'un transistor relié à la masse.

Il faudra s'assurer d'injecter cette tension en provenance d'une alimentation (interne à l'appareil ou externe parfois) au travers d'une résistance de l'ordre de 1 à 10 k $\Omega$  afin de ne pas risquer d'injecter une intensité trop importante en cas de court-circuit. Enfin, la présence d'un interrupteur externe permettra de commuter cette commande rapidement lors de la recherche de panne.

### Injection d'un signal de test

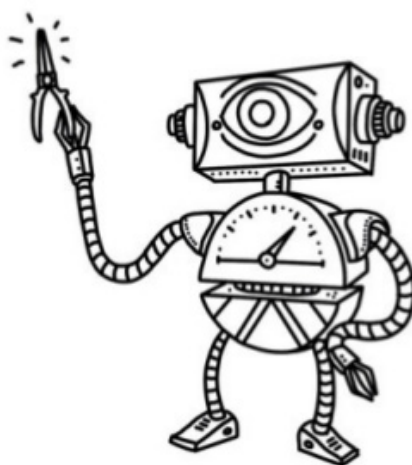
Le signal (audio ou vidéo) pourra provenir de l'appareil en lui-même, mais cela est rare ; il s'agira en général d'un signal provenant d'un générateur externe (générateur basse fréquence ou sortie écouteur d'un PC dans le cas du dépannage d'un amplificateur son) ou d'un appareil externe (tuner vidéo, par exemple, ou signal prélevé sur un appareil en état de fonctionnement).

Là également, il sera préférable d'isoler le circuit tout en conservant les conditions de fonctionnement, en évitant par exemple d'interrompre le circuit au ras de la broche d'entrée du composant testé, mais en le faisant au contraire à la sortie du précédent.

L'objectif étant souvent d'obtenir un fonctionnement même de mauvaise qualité, il sera toujours préférable d'assurer la sécurité des circuits plutôt que la qualité du résultat, et cela pourra s'affiner dans un deuxième temps. Ainsi, on pourra utiliser un condensateur de liaison afin d'isoler la composante continue d'un signal pour ne pas perturber le circuit en test ou provoquer des dommages à l'appareil générateur du signal.



Injecter un signal est toujours une opération délicate qui nécessite de bien connaître la constitution du circuit devant recevoir le signal et comprendre son fonctionnement. Il sera presque toujours nécessaire d'utiliser un condensateur de liaison afin de ne pas risquer de détruire le générateur ou le circuit recevant le signal. Sans ces précautions, une telle opération risque d'apporter plus de dégâts que de bénéfices.



# RÉPARER LES PETITS APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Ces petits appareils, compagnons de notre quotidien, ont le plus souvent un coût d'achat peu élevé et l'on a tendance à les jeter inconsidérément dès qu'ils présentent un dysfonctionnement. Dommage, car la plupart du temps, avec un peu de méthode, vous pourrez être fier d'avoir prolongé leur vie. Vous n'y êtes peut-être pas sensible, mais pensez alors à tous ces objets qu'il est difficile et coûteux de recycler et qui encombrant notre planète.

### Télécommandes diverses

Les télécommandes à infrarouges, souvent manipulées et bénéficiant de peu d'égards de la part de leurs utilisateurs, sont sujettes à de nombreuses défaillances, rarement irréversibles hormis en cas de casse ou de passage à la machine à laver !

À noter : il existe des boutons de commande situés directement sur l'appareil, qui permettent un minimum d'interaction avec l'utilisateur sans utiliser la télécommande. Malheureusement, les fonctions accessibles ainsi se limitent souvent aux commandes de base et ne permettent pas certaines opérations de configuration, par exemple – d'où l'absolue nécessité de disposer d'une télécommande et surtout... d'en prendre soin.

La plupart des télécommandes utilisent des signaux infrarouges, mais certaines, plus récentes, émettent des ondes radio. L'une ou l'autre de ces catégories présente les mêmes défauts et peut être souvent remise en état

La plupart des pannes de ces petits appareils auxiliaires sont dues à l'encrassement ou à des mauvais contacts au niveau des piles (si, bien entendu, ils ne sont pas cassés ou dévorés par le chien de la maison). Tout comme on vérifie son réservoir d'essence avant de partir en voyage, n'oubliez pas, avant de démonter inutilement une télécommande, de vérifier que :

- les piles ne sont pas à plat ;
- la polarité des piles est correcte ;
- les contacts des piles ne sont pas oxydés suite à une fuite d'électrolyte.

### TEST RAPIDE D'UNE TÉLÉCOMMANDE INFRAROUGE

Une télécommande infrarouge émet une lumière infrarouge, donc invisible par l'œil, et qui est reçue par la cellule sensible de l'appareil télécommandé puis décodée pour déclencher l'action attendue. Si l'œil humain est incapable de voir le rayonnement émis, un appareil photo numérique pourra, lui,



révéler la présence ou non de ce rayonnement (qui en général est pulsé). On constatera sur l'écran de contrôle de l'appareil si les diodes LED infrarouges émettent bien leur modulation. La présence d'un rayonnement ne signifiera pas que la télécommande fonctionne (il peut y avoir un problème d'électronique au niveau du codage par exemple), mais s'il n'y a pas de rayonnement, le verdict sera sans appel : les piles sont usagées, leurs contacts sont oxydés ou une panne plus conséquente est bien présente. On néglige en effet souvent le remplacement des piles qui, logées plusieurs années parfois dans leur compartiment, finissent par fuir et détériorer les contacts métalliques.



Je ne saurais trop recommander de changer les piles au moins une fois par an, afin d'éviter la destruction prématurée de la télécommande.



Figure 5-1. Vérification rapide d'une télécommande infrarouge à l'aide d'un appareil photo numérique

Si, en revanche, le rayonnement est émis, le doute subsistera : un appareil dont la télécommande ne répond pas sera peut-être en panne, non pas au niveau de sa télécommande, mais plutôt des circuits de réception des signaux de commande à distance.

La vérification d'une télécommande à ondes radio n'est par contre pas possible sans disposer d'un équipement spécial coûteux qui n'est pas à la portée du réparateur amateur, ni d'ailleurs du professionnel en regard du faible coût des télécommandes.

## DÉMONTAGE ET REMONTAGE D'UNE TÉLÉCOMMANDE

Les télécommandes sont, pour la plupart, constituées de deux demi-coques emboîtées en force et maintenues par des encoches qui se clipsent l'une dans l'autre. Parfois, une vis, située le plus souvent dans le compartiment des piles, maintient plus solidement l'ensemble. Les télécommandes extraplates sont le plus souvent collées et très délicates à démonter sans abîmer leur boîtier, voire leur électronique. Pour démonter une télécommande sans détruire son boîtier, j'utilise un outil très plat glissé dans la fente de séparation des demi-coques.

Un ongle sera suffisant si le boîtier n'est pas trop récalcitrant, sinon un couteau sans dents et si possible à l'extrémité arrondie fera l'affaire, libérant progressivement les clips de verrouillage en avançant d'une extrémité vers l'autre, d'un côté vers l'autre.

Le remontage se fera en clipsant à nouveau les deux parties du boîtier en s'assurant toutefois que le circuit imprimé est bien « calé » par rapport aux touches du clavier. Le plus souvent, des petits plots

en plastique permettent de s'assurer du bon alignement de la platine électronique dans son boîtier, le clavier étant pour sa part centré par les touches. Le clavier est bien placé dans son logement lorsque chaque touche sort bien librement par les trous prévus à cet effet.



Figure 5-2. Télécommande démontée

Ne pas oublier, le cas échéant, de remettre la vis dans le compartiment des piles. En l'absence de vis de verrouillage et si les clips du boîtier ont été sacrifiés lors du démontage, quelques points de colle instantanée suffiront à maintenir le boîtier en place sans pour cela interdire son démontage futur si nécessaire. Inutile de coller tout le pourtour du boîtier, cela compromettrait son démontage ultérieur.

## PANNES DUES À L'ENCRASSEMENT

Du fait de leur fréquente utilisation, les télécommandes s'encrassent. Les touches, fabriquées pour la plupart en un matériau rappelant les gommes d'écolier, absorbent la transpiration des doigts des utilisateurs et s'imprègnent d'un amalgame gras plus ou moins visqueux. Cette couche isolante vient se loger entre la face interne de la touche qui est enduite d'une couche de carbone conducteur et le contact gravé sur le circuit imprimé de la télécommande. Elle empêche alors au contact de s'établir. Le diagnostic de ce défaut est rapide : il faut appuyer de plus en plus fort sur la touche choisie, et ce phénomène concerne en priorité les touches les plus utilisées.

Pour y remédier, rien de plus facile, il suffit d'ouvrir la coque de la télécommande pour la nettoyer. Les touches sont le plus souvent constituées d'une couche en caoutchouc moulé. Il faut enlever cette plaque caoutchoutée de la télécommande et la laver à l'eau savonneuse, en évitant de gratter ou de frotter trop fortement l'envers des touches qui est enduit de carbone ou graphite. Vous pourrez toutefois vous aider d'une brosse à dents souple. Sur le circuit imprimé de la télécommande, on utilisera un solvant (alcool à 90° ou isopropylique), ou un nettoyant dégraissant pour les contacts souvent constitués, comme les touches, d'un dépôt de carbone qu'on prendra soin de ne pas détruire. On évitera donc de frotter trop fort lors du nettoyage.

Dans les cas les plus difficiles (une touche reste inerte après nettoyage), il pourra être envisagé de reconstituer la couche de carbone par pulvérisation d'une couche de graphite sur l'envers des touches ou sur le circuit imprimé à l'aide d'un masque « pochoir » confectionné spécialement. Ces

produits au graphite en aérosols, autrefois courants, étaient utilisés pour reconstituer le blindage des tubes cathodiques de téléviseurs, mais il devient plus difficile de se les procurer. Il existe désormais un produit spécifique permettant de réparer les claviers souples, en vente dans les magasins de pièces détachées électroniques (malheureusement, son prix est très élevé). On profitera de cette intervention pour nettoyer les coques du boîtier couvertes de salissures grasses dues, elles aussi, aux fréquents contacts avec les mains, surtout lorsque les enfants prennent leur goûter devant un dessin animé !

## PANNES DUES AUX FAUX CONTACTS DES PILES

Du fait de la négligence que l'on réserve aux télécommandes, il arrive souvent que les piles vieillissent et finissent par couler en libérant un liquide chimique très oxydant. Il se dépose sur les contacts métalliques qui commencent à s'oxyder, rendant les contacts aléatoires, puis rouillent profondément et affectent la liaison électrique et le bon fonctionnement.

Il ne faut pas se fier au premier constat *de visu* mais bien s'assurer que tous les contacts sont en bon état, notamment ceux se trouvant dans la partie cachée des compartiments à piles.

Pour remédier à ces problèmes et si les contacts ne sont pas réduits à de la poudre d'oxyde de fer (rouille), il est préférable de démonter la télécommande, extraire les contacts, les décaper à la brosse métallique et à la toile émeri fine jusqu'à apparition du brillant caractéristique du métal, puis d'étamer ces contacts au fer à souder afin de rétablir la conduction électrique et protéger le métal. Si les contacts sont irrécupérables, il ne reste plus qu'à les reconstituer ou les remplacer par des fils soudés par exemple.

## PANNES ÉLECTRONIQUES

Deux pannes courantes peuvent être facilement réparées. Il s'agit d'une défaillance du circuit oscillateur qui régit la fréquence des impulsions émises et qui parfois, après vieillissement, cesse de fonctionner ou produit une fréquence trop éloignée de sa valeur théorique. Le plus simple est de récupérer ce composant dans une télécommande usagée et d'essayer de le remplacer.

L'autre panne réparable peut être due à la diode à infrarouges située à l'extrémité de la télécommande faisant face à l'appareil. De couleur noire ou transparente, on pourra vérifier que cette diode émet un rayonnement à l'aide de la méthode décrite précédemment ou au chapitre 3, mais en utilisant un appareil photographique pour le contrôle. Là encore, une télécommande usagée pourra fournir ce composant en récupération.

La réparation des télécommandes radio sera réservée aux acharnés possédant des connaissances pointues en électronique et quelques instruments de mesure coûteux, dont un oscilloscope à très large bande passante. Nous n'aborderons pas ce sujet trop complexe dans cet ouvrage.

## REPLACEMENT DES TÉLÉCOMMANDES DÉFECTUEUSES

Il est aisé de se procurer des télécommandes de remplacement, neuves ou d'occasion (sites de vente, de petites annonces ou d'enchères) pour un prix parfois dérisoire ou abusif. Il faut être vigilant. Une solution consiste à se procurer une télécommande dite « universelle », souvent de très faible coût, mais attention, la déception est régulièrement au rendez-vous. En effet, soit la télécommande



ne s'adapte pas du tout à l'appareil, soit les spécificités de l'appareil, notamment au niveau des menus de réglages, ne sont pas prises en compte. L'appareil devient difficilement réglable, voire impossible à configurer, si les quelques touches présentes sur l'appareil ne permettent pas d'accéder aux menus adéquats, ce qui est souvent le cas.

Une meilleure solution est l'achat d'une télécommande « universelle programmable », bien plus coûteuse, mais qui permet, par une méthode d'apprentissage, de simuler toutes les touches d'une télécommande. Encore faut-il avoir l'original pour réaliser un apprentissage. Il sera peut-être possible de se faire prêter une télécommande en état de marche pour ce faire. Attention toutefois, toutes ne gardent pas leurs données « apprises » lors du changement des piles.

Je recommande donc la plus grande prudence dans ce domaine. Il est souvent plus facile de se procurer une télécommande d'occasion ou une copie spécialement fabriquée pour votre appareil que de trouver une télécommande universelle permettant d'effectuer l'ensemble de ses réglages. On trouve facilement les télécommandes de remplacement en cherchant sur Internet, notamment sur le site eBay.

### À savoir

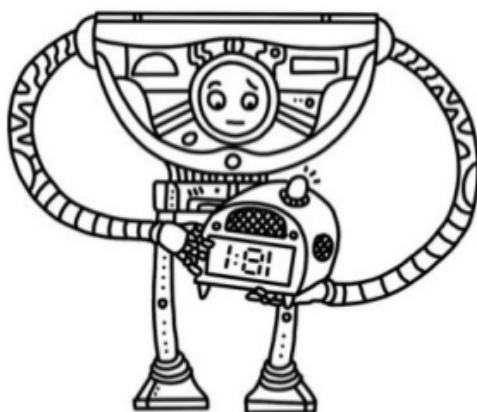
Certains fabricants utilisent une seule norme de transmission pour toutes les télécommandes d'une même catégorie d'appareils de leur marque. C'est le cas par exemple des téléviseurs Samsung dont la télécommande de n'importe quel modèle peut convenir. D'autres fabricants s'efforcent à rendre leurs télécommandes incompatibles entre elles. C'est dommage !

## Horloges à quartz

Les horloges murales modernes utilisent des mouvements à quartz qui, parfois, subissent les attaques de la poussière, attirée par électricité statique sur le mécanisme en plastique, et deviennent instables (retards plus ou moins réguliers) ou en panne. On essaiera, bien entendu, de changer la pile, après avoir vérifié la qualité des contacts de l'emplacement de la pile ; mais si cela ne remédie pas

au problème, les plus minutieux d'entre vous démonteront le mécanisme pour le nettoyer, procédé très souvent efficace. Le démontage est facile, le couvercle arrière du boîtier étant clipsé sur son autre partie.

Une autre solution très peu onéreuse consistera à changer le mécanisme, ce dernier étant en général facile à se procurer sur Internet ou en magasin spécialisé. On trouvera même des mécanismes avec mise à l'heure radio-pilotée qui pourront souvent prendre la place du mécanisme original. Attention toutefois à la longueur du pas de vis de la fixation sur le



corps de l'horloge, parfois trop court pour autoriser le montage dans une horloge en céramique par exemple.

Pour les victimes d'insomnies, sachez que ces mêmes mécanismes émettant un tic tac existent en version totalement silencieuse, c'est peut-être le moment d'en profiter en cas de remplacement.



Figure 5-3. Mouvement standard d'horloge à quartz et ses aiguilles

## CALCULATRICES ET MONTRES À QUARTZ

Les calculatrices de poche ou de bureau utilisent des petites piles au lithium, à l'argent ou alcalines, faciles à se procurer et permettant leur remise en état pour un coût très modéré. Il sera souvent nécessaire d'ouvrir le boîtier, les piles n'étant pas toujours accessibles par un couvercle. L'ouverture se fait en général sans difficulté.

Il en est de même pour une montre, le changement de pile vous coûtera très peu par rapport à l'intervention d'un professionnel. Il existe un seul risque : perdre l'étanchéité de la montre, mais un bijoutier ne vous la garantira pas non plus (seul l'envoi au fabricant vous en donne la garantie et là, le prix sera souvent prohibitif...).



Figure 5-4. Montre avec capot protecteur de pile amovible

Bien entendu, s'il s'agit d'une montre de prix, il serait dommage de vouloir économiser quelques euros en comparaison de la valeur de l'objet. Pour une montre de gamme moyenne, l'économie se justifiera. Il faudra prendre le maximum de précautions au remontage et s'assurer que le joint d'étanchéité est bien remis en place et non « pincé » ; vous pourrez le « mouiller » avec un peu de graisse pour petit mécanisme, par exemple, en prenant soin de bien essuyer le joint afin d'éviter tout écoulement de la graisse.

### Bien choisir ses piles

Attention aux piles sans marque en provenance de Chine, qu'on trouve sur Internet à très faible coût, car certaines sont de très mauvaise qualité et perdent leur électrolyte, ce qui peut endommager l'intérieur de l'appareil. On préférera les marques connues, légèrement plus chères mais de bien meilleure facture. Les références des piles sont directement inscrites sur leur boîtier (AG10, LR44 ou SR626, par exemple). Bien respecter les polarités lors de leur remise en place et éviter de les manipuler avec les doigts nus afin d'éviter leur oxydation prématurée ou celle de leurs contacts. Pour ma part, je les achète par 10 pour un prix unitaire inférieur à 1 €.



Figure 5-5. Accès à la pile d'une montre après ouverture du boîtier (fond vissé)

Il existe un outil spécifique pour l'ouverture des boîtiers dont le dos est vissé.



Figure 5-6. Outil facilitant l'ouverture du boîtier à fond vissé



Il convient d'être très méticuleux lors de l'opération de changement des piles. Il s'agit tout d'abord d'éviter le contact des doigts avec la pile et le mécanisme afin de prévenir toute oxydation. Lors du remontage, bien vérifier que les petits boutons pression commandant les différentes fonctions de la montre sont bien placés face aux interrupteurs qu'ils commandent. Enfin, avant de visser fermement le dos du boîtier, on vérifiera l'état du joint d'étanchéité qui pourra être très légèrement enduit de graisse fine.



## Sauver la batterie rechargeable d'un appareil portatif

Si votre appareil utilise des accus rechargeables de type Nickel-Cadmium (NiCad), Nickel-hydrure métallique (NiMH) ou Lithium-ion (Li-ion) défectueux, il est parfois possible de les régénérer, au moins temporairement.

J'ai eu en main, à plusieurs reprises, des appareils photo ou des téléphones sans fil dont la batterie ne se rechargeait plus. Cela se produit notamment quand on laisse l'appareil avec la batterie déchargée pendant un temps assez long. Un contrôle au multimètre indiquait que la batterie ne délivrait plus aucune tension. Soumise à un courant de charge normal par l'intermédiaire de son chargeur ou d'une alimentation de laboratoire, la batterie se révélait être quasiment en court-circuit.

Dès lors, il est parfois possible de redonner vie à la batterie en forçant pendant un temps court (environ 1 à 2 s) l'application de sa tension nominale ou légèrement supérieure sous un fort courant (à l'aide d'une alimentation de laboratoire), ce que le chargeur n'est pas à même de faire, sa tension s'écroulant en raison du court-circuit interne de la batterie. On répètera plusieurs fois cette « thérapie » (une sorte d'électrochoc) qui aura pour effet de « griller » le court-circuit interne et la batterie pourra repartir pour un long périple.



Figure 5-7. Batterie d'appareil photo sauvée par ce procédé

J'ai personnellement rendu la vie à de nombreuses batteries de cette manière, notamment à celles des appareils photo qu'on laisse durant de longs mois se décharger totalement avant de s'en servir à nouveau aux vacances suivantes. La batterie se met alors en court-circuit et refuse de se charger.



Pour éviter ou limiter le risque de voir une batterie rechargeable devenir défectueuse, ne la laissez jamais déchargée pendant une longue période. En cas d'inutilisation, déconnectez-la de son appareil et rechargez-la périodiquement.

Je reste convaincu que cela pourrait aussi s'appliquer à beaucoup d'autres appareils, mais ceux-ci restent moins souvent en arrêt prolongé.



Bien que cela ne me soit jamais arrivé, il y a toujours un risque d'explosion de la batterie, surtout si on applique la tension trop longtemps. Je recommande d'envelopper la batterie dans un linge épais lors de la manipulation. Ne jamais faire cette manipulation en laissant la batterie à l'intérieur de l'appareil. **Ne jamais faire cela sur une batterie de type LiPo (Lithium-ion Polymère) très dangereuse à manipuler hors des conditions normales de fonctionnement et de charge.**

Il est d'ailleurs recommandé de placer ce type de batterie, utilisée dans les drones ou véhicules radiocommandés, dans un sac protecteur spécifique évitant les risques d'explosion ou de combustion pendant la recharge.

# RÉPARER L'ÉLECTROMÉNAGER, L'OUTILLAGE ÉLECTROPORTATIF ET LES ÉCLAIRAGES À LED

Ces appareils sont omniprésents dans notre environnement quotidien. Du fait de leur grand nombre et de leur utilisation intensive dans des conditions plus ou moins contraignantes, ils nous réservent bien des mauvaises surprises, et toujours au moment le plus inadéquat : cuisson du repas, vaisselle, lavage ou finition du bricolage le dimanche soir !

Savoir remédier rapidement à ces dysfonctionnements est un gage de sérénité à la maison !

### Petits appareils électriques, outillage électroportatif

Dans ces petits appareils, plus ou moins équipés de circuits électroniques, prévus pour chauffer ou munis d'un moteur, les pannes les plus fréquentes sont assez faciles à localiser et à réparer la plupart du temps. Encore faut-il correctement diagnostiquer la panne.

### DÉMONTAGE DES PETITS APPAREILS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTROPORTATIFS

À l'exception de quelques appareils équipés de moteurs dont les charbons sont accessibles sans démontage, il sera en général nécessaire de démonter l'appareil pour effectuer le diagnostic puis la réparation. Si les outillages électroportatifs ne posent ordinairement aucun problème pour ouvrir coques ou boîtiers, munis de vis standards accessibles sans outillage spécifique, il n'en est pas de même des petits appareils électroménagers pour lesquels les fabricants se sont souvent évertués à rendre le démontage, donc la réparation, difficile, voire impossible pour le néophyte. Ils sont, pour la plupart, munis de vis non standards nécessitant un outillage parfois difficile à trouver. Aucun de ces appareils ne m'a cependant résisté, soit en utilisant des tournevis ou clés spécifiques que l'on peut trouver sur des sites Internet de pièces détachées, soit en les réalisant moi-même, soit en détruisant les vis à l'aide d'une perceuse puis en les extrayant après ouverture des carter. Lors du remontage, il est bien entendu nécessaire de remplacer ces vis.

Il faudra souvent user de patience pour y parvenir, mais aucun n'est indémontable, même si parfois un peu de casse résulte de l'opération (bien vite réparée à l'aide de résine époxy, par exemple).



## DIAGNOSTIC DES DYSFONCTIONNEMENTS

Dans tous les cas, on vérifiera le cordon d'alimentation de l'objet, souvent vrillé ou plié au ras de l'appareil, chaque conducteur (deux ou trois s'il s'agit d'un appareil relié à la terre) devant présenter une continuité entre un des plots de la prise et une de ses extrémités et les conducteurs devant être parfaitement isolés les uns des autres. Pour cela, pensez à utiliser un ohmmètre et à faire bouger le câble pour déceler tout défaut intermittent.

Le fusible de l'appareil sera également vérifié ; s'il est fondu (résistance infinie mesurée à l'ohmmètre), on devra immédiatement passer à l'étape suivante sans rebrancher l'appareil.

### Le fusible de l'appareil est fondu ou le disjoncteur de l'installation électrique se déclenche

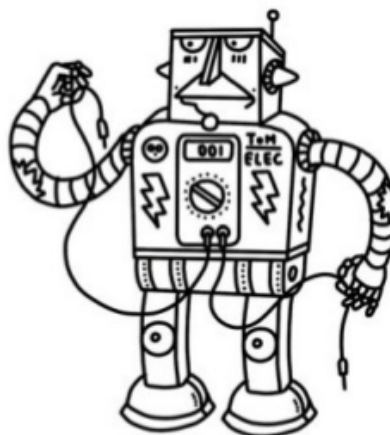
Cela peut s'expliquer par une fuite à la masse des appareils reliés à la terre (obligatoire pour la plupart des appareils). En ce cas, c'est le disjoncteur différentiel qui sautera. Ou bien il s'agit d'une surconsommation électrique ou d'un court-circuit provoquant le déclenchement du disjoncteur du circuit ou du disjoncteur principal de l'installation.

On vérifiera les points suivants.

- Présence d'une résistance ohmique inférieure à 1 mégohm entre l'un ou l'autre des fils d'alimentation et le fil de terre de la prise à l'aide d'un multimètre en position ohmmètre. En cas de contrôle positif, il faudra rechercher une trace d'humidité dans l'appareil ou déconnecter chaque élément électrique le composant pour déceler le fautif.
- En cas de surconsommation, c'est souvent un condensateur antiparasite placé en parallèle sur l'alimentation d'un moteur qui, se trouvant être en court-circuit, provoquera le déclenchement. Ce peut-être aussi l'élément lui-même, par exemple un transformateur ou un moteur qui, ayant surchauffé, présente des courts-circuits internes dans son bobinage. Dans le premier cas, on pourra temporairement retirer le condensateur, dans le second cas, il faudra changer l'élément défectueux. Ne négligez pas ensuite le remplacement du condensateur antiparasite afin d'une part d'être en règle, et d'autre part d'éviter de perturber téléviseurs ou appareils radio voisins.



Pour effectuer vos essais de contrôle, pensez à insérer une lampe d'éclairage à filament dans l'alimentation de l'appareil comme préconisé au chapitre 2, dans le but d'éviter toute destruction d'un fusible ou déclenchement d'un disjoncteur.



### Défauts de chauffage

Si le câble d'alimentation et le fusible de l'appareil sont bons, trois raisons peuvent expliquer un défaut de chauffage quel que soit l'appareil (radiateur ou bouilloire électrique, robot ménager, chauffe-eau



etc.). Il s'agira soit de la coupure de la résistance de chauffage, soit du déclenchement d'une sécurité de surchauffe, soit d'un défaut du thermostat ou du circuit électronique de commande.

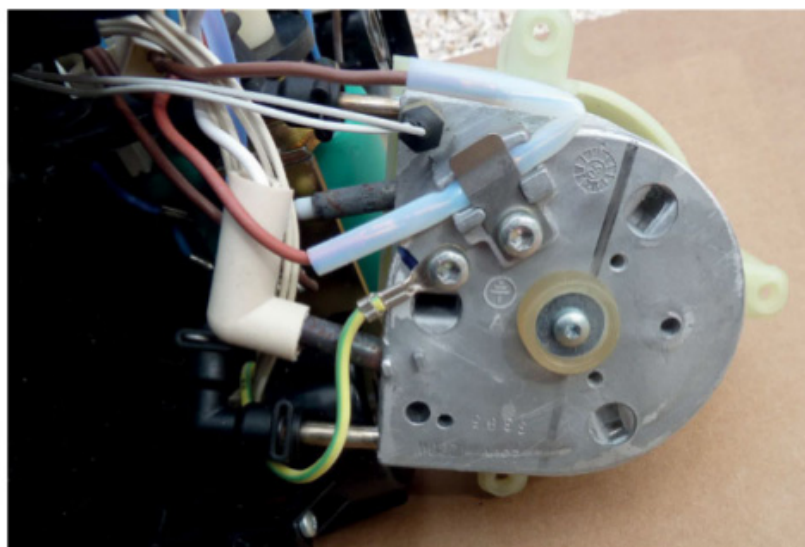


Figure 6-1. Élément chauffant d'une cafetière muni d'un fusible thermique

On procédera ainsi :

- 1 Vérifier la continuité de la résistance chauffante à l'aide d'un ohmmètre après l'avoir débranchée du reste du circuit (le plus souvent des cosses amovibles sont présentes) ; sa valeur peut varier entre 10 ohms (chauffage de 4,8 kilowatts) et 10 kilo-ohms pour un petit chauffage de quelques watts. Jamais au-delà. Si vous hésitez, rappelez-vous la formule :

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ donc } R = \frac{V^2}{P}$$

P étant la puissance dissipée par la résistance, V la tension d'alimentation du dispositif chauffant et R la valeur de la résistance de l'élément chauffant. Cette formule vous permettra, le cas échéant, de déterminer avec précision la valeur de la résistance que vous devez mesurer si vous connaissez la puissance de chauffage.

- 2 Vérifier le ou les dispositifs de sécurité. Quasiment tous les appareils munis d'un chauffage (cafetière, machine à laver, robot de cuisine, nettoyeur à vapeur, etc.) possèdent un dispositif de sécurité contre la surchauffe qui peut s'être déclenché ou simplement être défaillant. Les transformateurs et les moteurs de certains appareils possèdent également des sécurités thermiques.
- 3 Ces dispositifs sont soit des bilames à réarmement manuel ou automatique, soit des éléments fusibles thermiques non réarmables. Ils doivent présenter une résistance nulle à l'ohmmètre. Les fusibles thermiques doivent être remplacés ; pour un dépannage temporaire, on pourra court-circuiter le dispositif, EN PRENANT GARDE À L'ABSENCE DE SÉCURITÉ DE SURCHAUFFE. ÊTRE TRÈS PRUDENT À CE SUJET.

Les dispositifs de sécurité possèdent une inscription qui permet soit d'identifier leurs caractéristiques (intensité nominale et température de coupure), soit la référence de la pièce à commander.



Figure 6-2. Quelques types de sécurités de surchauffe



Ne jamais supprimer définitivement un dispositif de sécurité au risque de provoquer des blessures ou un incendie.

- 4 Si le dispositif de sécurité est en bon état et que l'élément résistant, vérifié préalablement, ne reçoit aucune tension de la part des circuits de commande, on pourra définitivement incriminer ces circuits. Dans le cas contraire, et si cette tension est correcte, recommencer le test de la résistance de l'élément chauffant ou du dispositif de sécurité probablement défectueux.

En l'absence de tension, c'est soit le thermostat, soit un circuit de commande électronique qui est à incriminer. Un thermostat mécanique à bilame pourra nécessiter le nettoyage de ses contacts ou son remplacement. Dans le cas d'un circuit électronique de commande, c'est fréquemment un relais assurant la commutation de la tension de chauffage, un thyristor ou un triac assurant cette fonction qui peut avoir défailli et devra être remplacé.

Dans tous les autres cas, le circuit devra être analysé en détail, ce qui n'est pas toujours facile en raison de l'emploi de circuits intégrés non standards ou programmables. On vérifiera d'abord que l'alimentation en courant continu à faible voltage est bien présente, sinon on examinera les composants réalisant cette alimentation. Dans tous les cas, des connaissances en électronique seront nécessaires ; le plus simple sera de remplacer la platine électronique en la prélevant sur un appareil de seconde main ou par une neuve si la pièce peut être commandée et si son prix est acceptable.



Les manipulations sur les circuits de commande sont dangereuses car le secteur électrique 220 V est presque toujours présent dans ces appareils.

### Défaut de pression d'une cafetière ou d'un appareil à vapeur

Que ce soit une cafetière, un nettoyeur à vapeur, un fer à repasser ou une centrale vapeur, ces appareils utilisent en général une pompe permettant la mise sous pression de l'eau. Si le problème n'est pas dû au percement d'une canalisation ou à la défectuosité d'un joint, fréquentes causes de pertes de pression, il convient de suspecter la pompe de ces appareils.

Ces pompes, en général constituées d'une bobine faisant vibrer un petit piston à la fréquence du secteur électrique, sont alimentées par un circuit de contrôle qu'il convient de vérifier si la pompe ne reçoit pas de tension de commande (un triac ou un relais alimente ces pompes). Ces pompes sont souvent l'objet d'un dysfonctionnement dû à la présence de calcaire qu'il faudra tenter de dissoudre à l'aide de vinaigre blanc ou, en cas de résistance au vinaigre, de l'acide chlorhydrique qu'il conviendra de manipuler avec précaution. Puis, il faudra éliminer les traces par un bon rinçage si l'opération réussit.

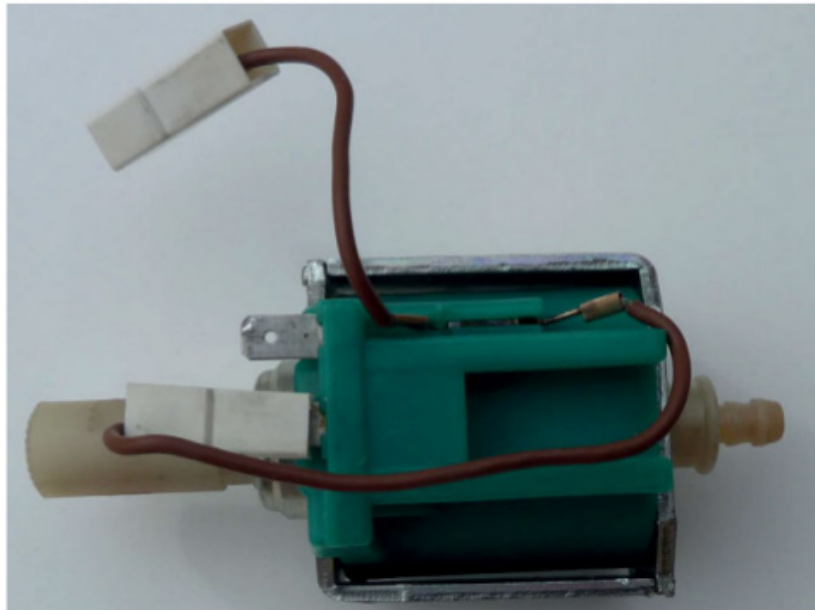


Figure 6-3. Pompe d'une cafetière munie d'une sécurité thermique externe et d'une diode intégrée

Autres causes de dysfonctionnement d'une pompe : son fusible thermique s'il existe, la coupure de la bobine ou un court-circuit entre spires de l'enroulement diminuant fortement l'efficacité de la pompe et la faisant chauffer anormalement. Dans tous les cas, si ce n'est pas la protection thermique ou qu'elle n'est pas remplaçable, il faudra remplacer la pompe.



Bien que recevant une tension alternative, certaines de ces pompes sont munies d'une diode intégrée et non accessible permettant d'alimenter leur enroulement en courant continu pulsé. Reliées à un triac ou un thyristor, ces pompes sont en fait polarisées, une inversion de leurs connexions empêchant leur fonctionnement. De même, lors de la vérification de leur enroulement à l'aide d'un ohmmètre, il conviendra de faire le contrôle en inversant les fils du multimètre si nécessaire.



## Un moteur ne fonctionne pas

Comme un élément chauffant, un moteur reçoit une tension pour fonctionner, en général par l'intermédiaire d'un simple interrupteur, d'un dispositif électronique de variation de sa vitesse (gâchette de perceuse, par exemple) ou d'une platine de contrôle plus sophistiquée.

Si le moteur ne reçoit pas de tension, ce sont ces éléments qu'il faudra vérifier. Il n'est pas rare qu'un simple interrupteur fasse défaut ; son remplacement sera aisé la plupart du temps sauf s'il n'est pas standard et qu'il est spécifiquement intégré dans un boîtier. Il faudra alors tenter de loger un interrupteur standard quelque part ailleurs. Si c'est une gâchette de variation de vitesse, le plus simple sera de se la procurer en pièce détachée. Sinon, avec un peu de minutie, on pourra l'ouvrir (petit boîtier clipsé) et examiner l'intérieur à la recherche d'un piste de contact oxydée ou d'un composant défectueux (triac) à remplacer.

Si le moteur reçoit une tension mais ne fonctionne pas, il pourra s'agir soit :

- d'une coupure d'un de ses enroulements, auquel cas il faudra remplacer le moteur ou tenter de le faire rembobiner, mais c'est coûteux, soit définitivement abandonner l'appareil à la déchetterie ;
- de ses charbons qui sont usés ou ne se déplacent pas correctement dans leurs logements empêchant leur contact avec les pistes en cuivre du rotor. Dans tous les cas la réparation sera facile, les charbons pouvant être adaptés à un moteur si leur remplacement direct n'est pas trouvable. Un charbon peut facilement être retravaillé à la lime ou à la toile émeri. L'essentiel est de s'assurer que chaque charbon glisse sans trop de jeu dans son logement et se trouve poussé sur le rotor par son ressort. La tresse cuivrée, si le charbon en est muni, doit assurer le contact avec l'enroulement du stator par l'intermédiaire du support du charbon ;

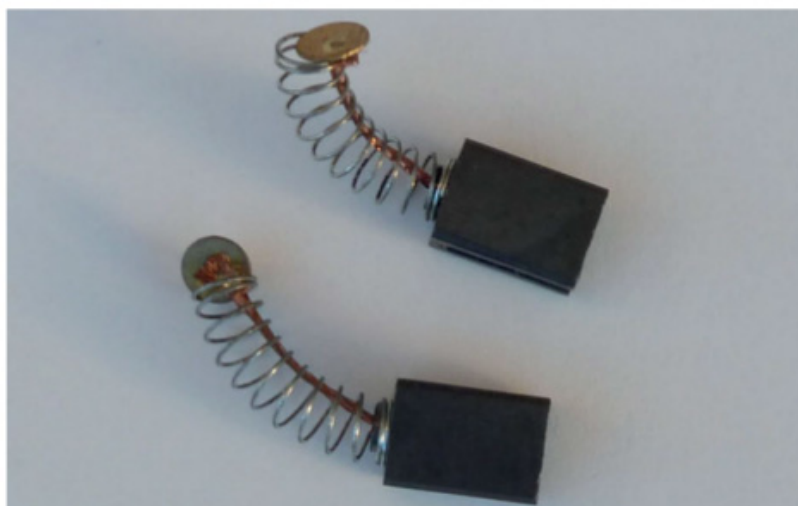


Figure 6-4. Charbons d'un moteur

- ou tout simplement d'un fusible thermique placé discrètement sur un enroulement de la partie fixe du moteur pour prévenir tout échauffement trop important. La température est en général clairement indiquée sur le composant que l'on remplace par un composant identique. Dans le doute, utiliser un fusible thermique pour 85 °C ou 125 °C.

### Moteur bloqué, bruyant, en surchauffe ou émettant de fortes étincelles

Il n'est pas rare qu'un moteur fasse un bruit important ou soit bloqué mécaniquement, ce qui bien entendu le fera chauffer avec excès. En ce cas, il faudra rechercher du côté d'un roulement à bille ou d'un palier (en bronze ou plastique) encrassé ou défectueux. Un bon nettoyage et un peu d'huile pour petits mécanismes devrait aider s'il n'y a pas eu détérioration. Parfois, c'est un élément en plastique qui s'est déformé après une période de surchauffe. Si l'on a la chance que le moteur soit resté intact, on pourra remédier facilement à ce problème dans la plupart des cas.

Mais il n'est pas rare non plus qu'un moteur fasse du bruit pour une raison bien plus insidieuse. En effet, le rotor d'un moteur à charbons possède un enroulement de rotor divisé en sections angulaires, doté d'autant de contacts séparés formant les segments de cuivre à l'emplacement où les charbons sont en contact avec le rotor. Ces enroulements sont ainsi alimentés successivement par les charbons lors de la rotation. Si l'un des enroulements est coupé, le moteur tourne mais émet de nombreuses étincelles au niveau des charbons, il tourne de façon déséquilibrée et chauffe anormalement. Si cela n'est pas dû à un mauvais contact ou une usure des charbons, un ou plusieurs enroulements sont probablement coupés ou présentent des courts-circuits internes. Dans ce cas, il n'y a malheureusement pas d'autre solution que de remplacer ou rembobiner le moteur.

Pour vérifier les enroulements du rotor, retirer les charbons et mesurer la résistance de chaque enroulement à l'aide d'un ohmmètre en positionnant un de ses cordons de mesure sur l'un des segments de cuivre du rotor, puis mesurer la résistance sur chacun des segments libres dont aucun ne doit présenter une résistance infinie. De plus, les segments en cuivre du rotor doivent demeurer parfaitement isolés les uns des autres ; il pourra être nécessaire de creuser l'espace qui les sépare à l'aide d'une lame de canif ou d'un petit tournevis très fin afin d'extraire les poussières de charbon qui auraient pu s'y loger.

#### Autres types de moteurs

Il existe également des moteurs pour courant alternatif sans charbons, dits synchrones, pour lesquels ce problème ne se pose pas. Ils sont utilisés dans certains équipements de faible puissance, comme les platines vinyles anciennes. Vous rencontrerez également des petits moteurs à courant continu avec ou sans charbons dits « brushless », possédant un circuit électronique qui transforme le courant continu en courant alternatif, utilisés dans les ventilateurs de refroidissement d'ordinateurs par exemple. Enfin, dans certains petits moteurs, notamment dans les modèles réduits, les charbons sont remplacés par des frotteurs en alliage cuivré.

## RÉPARATION DES CIRCUITS ÉLECTRONIQUES DES PETITS APPAREILS

### Réparation des cartes électroniques de contrôle des appareils

Bien que ces appareils paraissent simples, la réparation de leurs circuits de contrôle est souvent difficile sans avoir à remplacer la platine complète, en raison notamment de l'absence totale de documentation et parce que les références des composants sont parfois masquées. S'il ne s'agit pas d'un problème de la partie alimentation ou du composant responsable de la commande de l'organe de puissance (triac, thyristor ou relais de commande de moteur ou de chauffage), la réparation de

ces circuits est souvent impossible. Sans documentation, il faut progresser à tâtons et l'utilisation de plus en plus fréquente de microcontrôleurs munis de logiciel propriétaire qu'il est impossible de se procurer bloque toute tentative de réparation. Voyons ce qui peut être réparé.

### *Réparation des circuits d'alimentation des dispositifs électronique de contrôle*

Si la platine de contrôle du chauffage ou du moteur d'un appareil est mise en cause, il faudra tout d'abord vérifier que l'alimentation des circuits électroniques se fait correctement.

En raison de leur faible encombrement et de leur faible consommation, l'alimentation de ces platines est très souvent rudimentaire et sujette à de nombreuses pannes faciles à corriger.

Voici un schéma, qui a pour particularité de ne pas utiliser de condensateur ou de résistance pour abaisser la tension, grâce à l'utilisation d'un circuit intégré spécifique à cet usage.

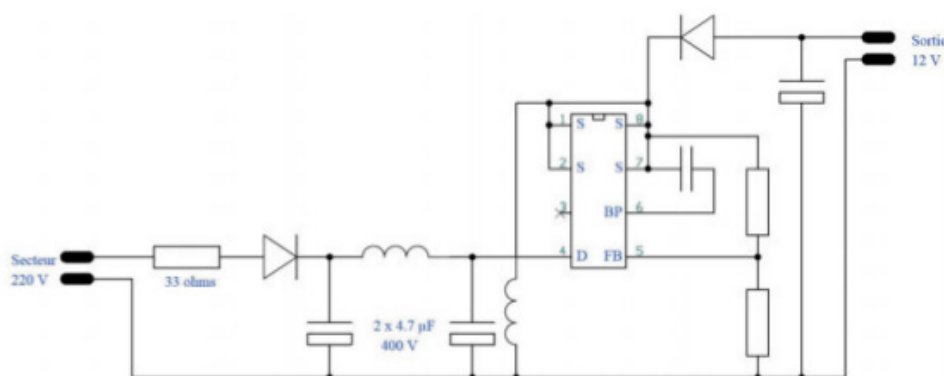


Figure 6-5. Schéma d'alimentation de l'électronique d'une platine de commande d'un appareil électroménager

C'est souvent le condensateur ou la résistance placé en série à l'arrivée de l'alimentation du secteur et destiné à abaisser la tension qui est en cause (valeur ayant fortement diminué pour un condensateur ou coupure pour une résistance). Ce peut être plus rarement la ou les diodes de redressement qui sont en cause ou la diode Zener limitant la tension continue redressée qui, en court-circuit, bloque l'alimentation des circuits. La présence obligatoire d'un ou plusieurs condensateurs électrolytiques de filtrage après redressement de la tension alternative pourra également expliquer un dysfonctionnement.

Pensez à utiliser des composants de remplacement à tension de service plus élevée (condensateur série) ou à puissance admissible plus élevée (résistance et diode Zener).



Les manipulations sur les circuits de commande sont dangereuses, car le secteur électrique 220 volts est presque toujours présent dans ces appareils. Utilisez un transformateur d'isolement si la puissance mise en jeu est compatible. Sinon, débranchez l'élément chauffant ou le moteur gros consommateur et vérifiez son alimentation en utilisant une lampe d'éclairage à filament ou un simple voltmètre.

Certains appareils utilisent un transformateur abaissant la tension du secteur au lieu d'une résistance ou d'un condensateur. Ils sont plus fiables ; le transformateur et la ou les diodes de redressement seront à vérifier tout comme le ou les condensateurs électrolytiques de filtrage.





Si vous vous trouvez face à un transformateur d'alimentation abaissant la tension du secteur électrique avant redressement, dont l'enroulement primaire (côté 220 V) est coupé, tentez de dégager au maximum l'enroulement en plastique ou carton des enroulements ; vous y trouverez souvent un fusible thermique de sécurité qui est peut-être la cause de la coupure.

### *Réparation des circuits délivrant la puissance aux organes de commande*

Si la platine de contrôle doit délivrer une puissance importante à un moteur ou à une résistance chauffante, sa sortie fait appel soit à un relais, soit à un triac placé en série avec l'un des pôles du secteur. Comme toujours, ces éléments subissant des contraintes de puissance sont les plus sujets à défaillance.

On vérifiera donc le bon fonctionnement des relais présents (bobine non coupée et action mécanique interne effective se traduisant par un petit claquement auditif), et en particulier que les contacts sont francs (très faible résistance ohmique mesurée).

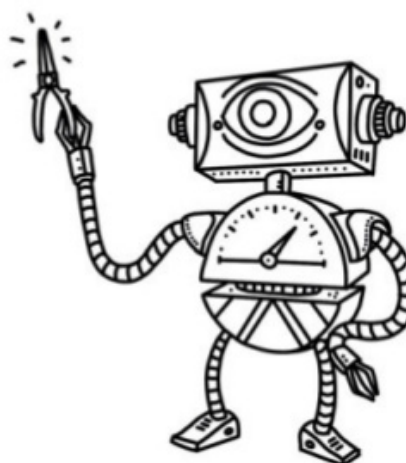
S'il s'agit d'un triac ou d'un relais statique (semi-conducteur proche du triac), il faudra vérifier que la tension de commande est bien appliquée à la gâchette ; en ce cas, si la sortie demeure nulle ou faible, le composant est défectueux. Il se peut aussi que le moteur ou la résistance de chauffage soient alimentés en permanence, ce qui indiquera que le triac ou le relais est en court-circuit.

Pour le reste des pannes, bon courage aux aventuriers : il faut tâtonner, relever les schémas, étudier le fonctionnement des composants utilisés pour en déduire le fonctionnement de l'ensemble, etc. Bref, il faudra du temps, de la patience et une technicité certaine pour en venir à bout.

Autre solution, remplacer la platine, soit par une neuve (parfois très onéreuse), soit en la prélevant sur un appareil de seconde main cassé ou d'occasion. C'est bien entendu moins gratifiant mais plus utile que de jeter l'appareil. Le monde de la pièce neuve ou d'occasion est très riche en possibilités sur les sites de vente ou d'enchères.

## SAUVETAGE ÉCONOMIQUE D'UN APPAREIL À MOTEUR ÉLECTRIQUE

Il est parfois possible de sauver un appareil dont l'électronique de contrôle est défaillante et trop coûteuse ou impossible à remplacer ou dépanner, comme un mixeur ou un robot de cuisine. En alimentant son moteur directement à l'aide d'un interrupteur à action momentanée (à poussoir ou à bascule), l'appareil perdra de son automatisme mais saura encore longtemps rendre service. Bien entendu, les fonctions seront limitées à la rotation, mais elles pourront par exemple permettre de continuer à utiliser un mixeur de cuisine ou une perceuse. En utilisant un interrupteur à trois positions momentanées et une diode (3 A - 600 V), on pourra disposer de deux vitesses. Voici le schéma et la photo d'un exemple réalisé sur un mixeur.



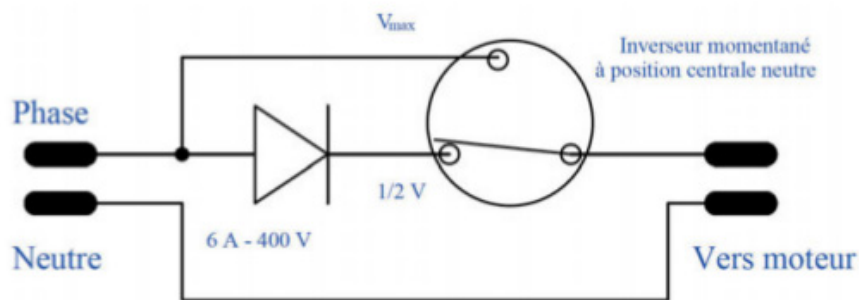


Figure 6-6. Schéma de la réalisation d'une commande à deux vitesses d'un moteur



Figure 6-7. Robot mixeur de cuisine réparé à faible coût

## Fours à micro-ondes

Ces appareils méritent qu'on s'en préoccupe, car ils sont souvent affectés par des pannes et, bien que peu coûteux, leur réparation est souvent justifiée.

Il existe plusieurs types de pannes affectant le fonctionnement d'un four, il s'agira soit de la platine de contrôle (puissance, minuterie, avec ou sans affichage, etc.), soit du circuit délivrant la puissance toujours constitué d'un transformateur, d'une diode de redressement, d'un condensateur et d'un magnétron.



Ne jamais tenter de faire fonctionner le four porte ouverte en contournant les sécurités de la porte, les ondes pouvant provoquer des brûlures importantes. Ne jamais faire fonctionner un four à vide, toujours prévoir un verre ou un bol rempli d'eau à faire chauffer.

S'il s'agit de la platine de contrôle, on se trouve ramené aux problèmes évoqués dans les sections précédentes de ce chapitre ; s'il s'agit du dispositif de génération des micro-ondes, nous allons voir comment procéder.



La réparation d'un four à micro-ondes est une opération qui présente des dangers importants pouvant être mortels. Un four à micro-ondes est un appareil mettant en jeu des puissances importantes sous une tension de plusieurs milliers de volts ; de plus, il génère des ondes qui peuvent être fortement destructrices pour les tissus humains soumis à une brûlure profonde. Il conviendra donc d'être prudent et de travailler dans le calme.

En cas de production de fumées ou d'étincelles à l'intérieur de la cavité du four, il conviendra de vérifier l'état de propreté de la feuille de mica séparant parfois le magnétron de la cavité du four, ainsi que la propreté générale de l'enceinte du four et des trous dont ses parois sont munies. Si le mica est trop endommagé, il devra être changé.

Je passe sous silence les problèmes relatifs aux fusibles thermiques et sécurités qui se trouvent dans ces appareils ainsi qu'à la ventilation du magnétron, qui sont des éléments suffisamment faciles à contrôler pour m'attacher aux spécificités des fours à micro-ondes, c'est-à-dire leur circuit de chauffage.

## DIAGNOSTIC DU DYSFONCTIONNEMENT D'UN FOUR À MICRO-ONDES QUI NE CHAUFFE PLUS

Si, bien entendu, vous avez vérifié le bon état du câble d'alimentation du four, la parfaite continuité du fusible principal situé à l'arrivée de la tension secteur et le fonctionnement correct des interrupteurs de sécurité associés à l'ouverture de la porte, sans oublier les fusibles thermiques de protection, si le four ne chauffe plus, c'est signe que le magnétron (tube électronique particulier délivrant des micro-ondes à une fréquence très élevée de l'ordre de 2,5 GHz (soit 2 500 MHz) ne délivre pas d'ondes. Si le magnétron ne fonctionne pas, soit il est mal alimenté par le circuit de contrôle, soit il est défectueux. Heureusement, son contrôle est facile à réaliser. Examinons le schéma de la partie chauffage d'un four à micro-ondes.

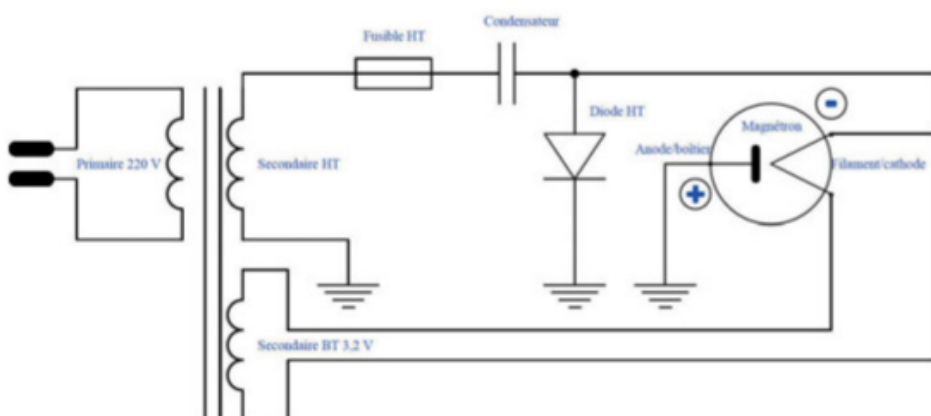


Figure 6-8. Schéma du circuit à magnétron



Si le refroidissement du circuit de chauffage qui est assuré par un ventilateur n'est pas fonctionnel, le magnétron surchauffera et, normalement, un fusible thermique de sécurité réarmable (bilame) provoquera son arrêt.



Pour pouvoir diagnostiquer efficacement un circuit, il est important de comprendre son fonctionnement en quelques mots.

Le fonctionnement d'un magnétron nécessite une double alimentation :

- la tension de chauffage de son filament ;
- la tension d'alimentation de sa cathode (négative).

En effet, un magnétron n'est ni plus ni moins qu'un tube à vide sans grille de commande, c'est-à-dire une diode. Il est donc muni d'un filament chauffant, sa cathode, qui émet des électrons attirés par son anode mais qui sont déviés par un fort champ magnétique (d'où son nom) dans une cavité résonnante qui les fait osciller à très haute fréquence et se comporte comme une antenne fortement directive, générant une onde électromagnétique à très haute fréquence, dirigée vers l'extérieur du magnétron, vers la cavité du four. Pour des raisons pratiques de refroidissement de son anode munie d'ailettes et de disposition des aimants, l'anode est reliée à la masse de l'appareil.

Le rendement d'un magnétron est d'environ 70 %. Ainsi, un four à micro-ondes délivrant une puissance de chauffe de 800 W consommera environ 1 150 W. Sa tension de fonctionnement est d'environ 3 200 V ; sa cathode doit donc être alimentée par une tension négative par rapport à la masse de l'appareil (c'est-à-dire son anode) et son filament par une tension faible mais sous une intensité importante. Filament et cathode sont confondus ; le filament sera donc également exposé à une tension élevée par rapport à la masse de l'appareil.



Toujours débrancher le four et s'assurer que le condensateur, qui peut accumuler une tension de plus de 2 000 V, est bien déchargé avant d'intervenir sur le circuit du four.

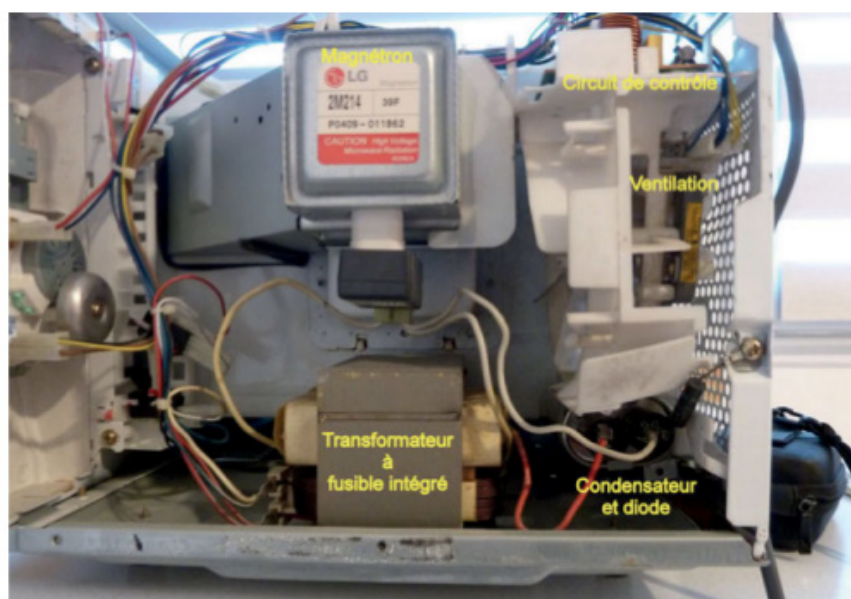


Figure 6-9. Vue des éléments du circuit de chauffage

Le transformateur comporte trois enroulements fortement isolés les uns des autres. Le primaire reçoit la tension du secteur, l'un des enroulements secondaires alimente le filament pour son chauffage par une tension de 3,2 V sous une intensité d'environ 10 A. Mais attention, le filament, donc cet enroulement, est porté à un potentiel d'environ 3 200 V par rapport à la masse métallique de l'appareil. L'autre enroulement secondaire fournit une tension alternative proche de 2 000 V au circuit redresseur doubleur de tension constitué par la diode et le condensateur.

La diode est une diode haute tension qu'il conviendra de tester dans des conditions particulières.

Le condensateur est un condensateur non polarisé de valeur voisine de 1  $\mu$ F et pouvant admettre une tension élevée de plusieurs milliers de volts.

Le fusible a un calibre d'environ 800 mA, mais une tension d'isolement au claquage de plusieurs milliers de volts. C'est un composant très spécifique aux fours à micro-ondes.

Le magnétron, dont l'anode est reliée à la masse de l'appareil, possède deux cosses d'alimentation de son filament-cathode.



Ne jamais tenter de faire fonctionner un magnétron hors de son emplacement dans le four. Risques de brûlures ou d'électrocution importants.

Le circuit de redressement de la haute tension fournie par le transformateur est un montage doubleur de tension. La demi-alternance positive de la tension alternative charge le condensateur (la diode est conductrice) à une tension d'environ 2 000 V, la demi-alternance négative s'ajoute à la tension accumulée par le condensateur et délivre ainsi une tension double de celle fournie par le transformateur.

### Vérification du transformateur

Chaque enroulement du transformateur doit présenter une valeur de résistance mesurée à l'aide d'un ohmmètre : environ 1 à 2 ohms pour le primaire, pratiquement 0 ohm pour le secondaire alimentant le filament et environ 90 à 100 ohms pour le secondaire haute tension. En outre, les enroulements doivent être parfaitement isolés les uns des autres (résistance infinie) et vis-à-vis de sa carcasse métallique. Dans le cas contraire, il est défectueux.

### Vérification du condensateur

On pourra mesurer la valeur du condensateur à l'aide d'un multimètre permettant la mesure des capacités ou du testeur universel dont j'ai parlé au chapitre 3. On vérifiera à l'ohmmètre qu'il ne présente aucune résistance de fuite, on devra trouver une résistance infinie à ses bornes et, enfin, on contrôlera l'isolation parfaite de chacune de ses bornes de raccordement par rapport à sa carcasse métallique.



Assurez-vous que le condensateur est parfaitement déchargé en le court-circuitant avant de procéder à la vérification.



### Vérification de la diode

Cette diode, composant spécifique des fours à micro-ondes, ne peut pas se tester avec les moyens classiques ; je recommande donc d'utiliser un ohmmètre pour vérifier que la diode n'est pas en court-circuit, d'employer une alimentation de laboratoire d'environ 20 V (ou deux piles de 9 V en série), de relier l'anode de la diode à la sortie positive de l'alimentation, sa cathode à une résistance d'environ 2K dont l'autre extrémité sera reliée à l'anode d'une LED quelconque ; la cathode de cette LED sera reliée à la sortie négative de l'alimentation. Si la LED s'allume, la diode est peut-être bonne. En inversant le sens de la diode, la LED restera éteinte, démontrant ainsi que la diode n'est pas en court-circuit.



Figure 6-10. Diode et fusible haute-tension pour four à micro-ondes

### Vérification du fusible

Bien que prévu pour couper une tension très élevée, le fusible se vérifiera comme tout fusible, à l'aide d'un ohmmètre.

### Vérification du magnétron

On vérifiera à l'aide d'un ohmmètre que les deux cosses du filament présentent bien une résistance pratiquement nulle entre elles mais infinie (isolement) avec l'anode (donc la masse) du magnétron. Dans le cas contraire, soit le filament est coupé, soit la cathode est en contact avec le corps du magnétron qui est rendu inutilisable.

Si toutes ces vérifications sont positives, le four doit chauffer, sinon un problème subsiste, et il vous faudra le trouver en contrôlant à nouveau. Il est difficile de vérifier la présence de la haute tension sur les broches du filament du magnétron, car celle-ci dépasse la valeur admissible par un multimètre mais aussi parfois celle de l'isolement des fils du multimètre. Il convient donc d'être prudent.

Il est possible de vérifier la présence de cette tension, mais sans en connaître la valeur, en approchant la lame d'un tournevis à manche isolant à plusieurs kilovolts du point où se trouve la haute tension : tenu dans la main, une petite étincelle devrait se produire lorsque l'on touche puis s'éloigne d'une des broches du filament. Ne pas hésiter à le faire de façon répétitive. Autre possibilité, relier les broches d'une extrémité d'un tube fluorescent à l'une des broches du filament à l'aide d'un cordon muni de pinces crocodiles et le laisser posé sur la table de travail, qui devra être isolante, ou sur un tapis isolant. Il devrait s'allumer à la mise en route du four sans que cela ne présente de risque pour vous qui, par précaution, devrez rester éloigné de ce tube.



Ces opérations ne sont pas sans risque, l'auteur décline toute responsabilité en cas de mauvaise manipulation ou utilisation d'outils trop peu isolés. Restez vigilant et toujours éloigné du circuit haute-tension quand vous le contrôlez. En cas d'incertitude, ne procédez pas à ces tests.



S'il y a défaillance de l'un ou l'autre de ces éléments, il conviendra de respecter leurs caractéristiques ou références en choisissant les pièces de rechange. Ne jamais tenter de remplacer le fusible ou la diode par des composants non spécifiques à un four à micro-ondes. Le prix d'un magnétron sera souvent à la limite du raisonnable, conduisant à la réparation ou malheureusement à la mise à la déchetterie du four. Dans ce dernier cas, récupérez les éléments encore valables : il est fréquent de pouvoir réparer un four à micro-ondes à partir d'éléments d'un autre, car il existe une certaine standardisation de ces composants très spécifiques.

Avant de remettre le four en activité, vérifiez que toutes les sécurités sont bien opérationnelles.

## Appareils d'éclairage à LED

Sous cette rubrique, je regroupe aussi bien les luminaires, les dispositifs d'éclairage intérieur des appareils électroménagers (réfrigérateur et congélateur) et les lampadaires solaires que les lampes à LED qui remplacent de plus en plus les anciennes lampes à filament, halogènes ou fluo compactes, dont certaines peuvent être réparées.

Présentées comme ayant des durées de vie bien supérieures à celles des autres lampes, les dispositifs et lampes à LED, selon leur constitution, présentent malheureusement des dysfonctionnements fréquents.

### POURQUOI TANT DE DYSFONCTIONNEMENTS ?

Prise individuellement, si ses conditions de fonctionnement sont respectées, une diode LED aura effectivement une durée de vie incroyablement longue (plus de 50 000 heures, c'est-à-dire près de 20 ans pour six heures d'éclairage permanent par jour !).

Seulement voilà, une LED utilisée seule ne délivre pas suffisamment de lumière ; il faut en associer plusieurs, soit dans une encapsulation étanche ou un pseudo-filament, soit sur un petit circuit imprimé. Il faut savoir qu'une LED ne peut fournir que quelques fractions de watt, avec certes un bon rendement et un échauffement limité, mais que pour disposer d'un éclairage acceptable (plusieurs watts), il faudra regrouper plusieurs LED. Dès lors, la consommation devient plus importante et les échauffements d'autant plus difficiles à contrôler que l'espace est restreint.



Figure 6-11. Quelques types de lampes à LED

À l'exception de la lampe dont l'intérieur rappelle un filament (à gauche sur la figure précédente) qui n'est pas réparable, les autres lampes, au risque de devoir les casser puis recoller, sont réparables. Rappelez-vous qu'il n'est plus question d'enveloppe en verre sous vide. Leur circuit comporte comme toujours un condensateur abaisseur, un pont de diodes de redressement, un condensateur de filtrage, une résistance de protection et des LED montées en série.

En règle générale, une LED délivrant une lumière blanche aura une tension de fonctionnement d'environ 3,3 V, sous une intensité variant de 20 mA à 300 mA. S'il faut 10 LED du modèle acceptant une intensité de 300 mA (modèle 1 W) pour former un éclairage correct, il faudrait relier ces LED en parallèle et les alimenter par une tension de 3,3 V sous une intensité de 3 A. C'est impossible dans un espace réduit comme celui d'une lampe d'éclairage. De plus, il faut savoir qu'une LED fonctionne à courant constant et qu'un montage parallèle ne permettrait pas de fournir une intensité identique à toutes les LED, chacune possédant une tension de fonctionnement légèrement différente. Pour y remédier, il faudrait une source de courant stable propre à chaque LED ou trier les LED pour qu'elles soient toutes identiques électriquement. Réaliser une telle combinaison dans l'espace réduit réservé aux lampes est impensable.

On peut alors les relier en série pour les alimenter par une tension de 33 V sous une intensité de 300 mA, ce qui permettra d'être sûr qu'elles sont toutes traversées par une même intensité. Une alimentation à courant constant de 33 V sous 300 mA est déjà plus facilement concevable dans un espace réduit. C'est ainsi que sont constitués les lampes ou dispositifs d'éclairage de qualité. Mais cela a un coût !

Pour parvenir à réduire le prix de revient en évitant d'utiliser un système d'alimentation stabilisée à découpage imposant un transformateur, les fabricants ont réalisé des dispositifs où les LED sont alimentées par un circuit assez simple, mais dont l'intensité délivrée n'est ni constante ni régulée, donc bien moins adaptée au principe de fonctionnement des LED qui, assez souvent dans ces conditions, rendent l'âme. De plus, les pics de tension parfois présents sur le réseau électrique ne sont pas éliminés et risquent de détériorer les LED.



Figure 6-12. Vue intérieure d'une applique lumineuse à LED

Une LED manquante parmi 10 ou 50 voire plus, ce n'est pas grave ; mais étant placées en série, il suffit qu'une seule LED soit détériorée par coupure pour que le dispositif cesse d'éclairer. Si une ou plusieurs LED sont en court-circuit, on s'en rend compte difficilement et continuant à utiliser le dispositif, les autres LED subissent des courants plus importants et finissent par rendre l'âme. C'est ce qui se passe fréquemment, d'autant plus qu'afin de délivrer un flux lumineux acceptable, les fabricants utilisent les LED à la limite de leurs capacités et rendent ainsi leurs produits fragiles et peu fiables.

Voyons le schéma classique d'une applique extérieure à LED vendue en grande surface de bricolage utilisant 33 LED blanches de 5 mm de diamètre et fonctionnant avec une tension de 3,3 V sous 20 mA chacune, délivrant ainsi une puissance de 2,2 W, ce qui est un minimum acceptable pour un luminaire.

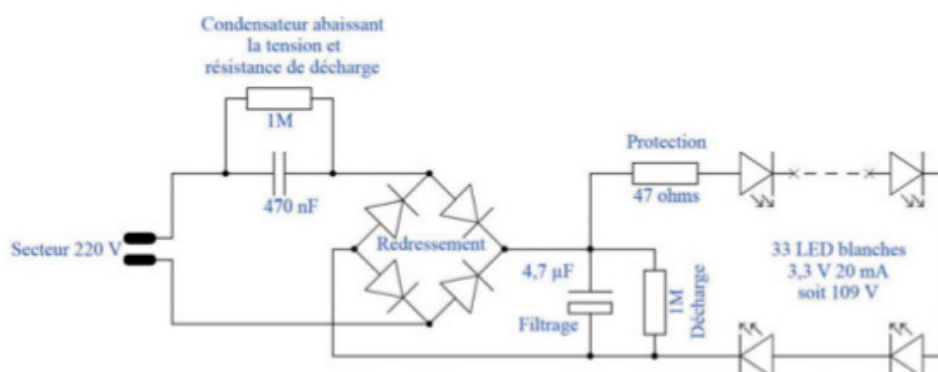


Figure 6-13. Schéma de l'applique extérieure à LED

Ce type d'alimentation, très fréquemment utilisé dans les luminaires à LED bas de gamme, est constitué d'un circuit de redressement de la tension alternative du secteur, au travers d'un condensateur qui permet de faire chuter la tension à la valeur souhaitée. La tension continue est filtrée par un condensateur électrolytique, puis appliquée à la chaîne des 33 LED reliées en série au travers d'une résistance de protection de 47 ohms. Afin de protéger l'utilisateur qui manipulerait ce type de circuit, une résistance de 1 M est placée en parallèle avec le condensateur assurant la chute de tension afin de le décharger rapidement dès que la tension du secteur est interrompue. De même, le condensateur électrolytique est déchargé rapidement par la résistance de 1 M placée en parallèle.



Fig 6-14. Vue de dos de la platine du circuit imprimé réparée, où une diode Zener a été ajoutée



Ce circuit fonctionne parfaitement, mais il présente deux inconvénients.

- Le courant fourni aux LED n'est pas constant, non ajustable donc peu précis, et soumis aux variations de la tension du secteur électrique. Les LED ne fonctionnent donc pas dans les meilleures conditions de durabilité.
- La tension redressée n'est pas protégée contre les surtensions qu'il n'est pas rare de subir lorsque des appareils de cuisson, ou des moteurs de forte puissance, sont mis en marche ou stoppés sur la même installation électrique (un nettoyeur à haute pression, par exemple). Dès lors, les LED peuvent subir des pics de courant important. C'est pourquoi, lors de la réparation, une diode Zener de tension 120 V a été ajoutée en parallèle sur le condensateur électrolytique de filtrage pour fiabiliser le luminaire.

Il aurait donc été plus judicieux d'équiper cette alimentation d'une diode Zener de protection, ce qui est souvent le cas dans d'autres appareils, comme sur le schéma suivant.

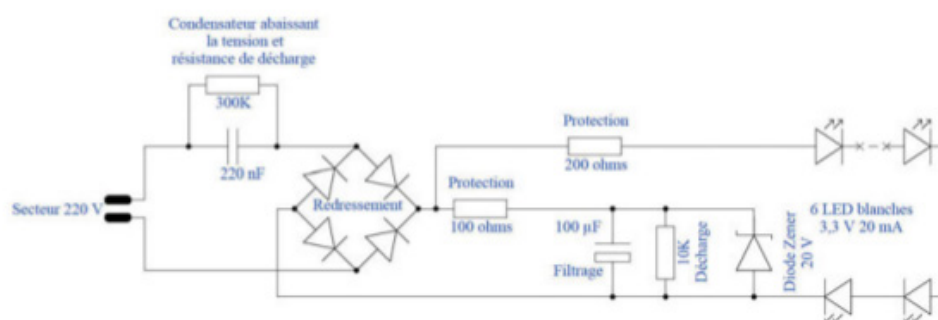


Figure 6-15. Schéma d'un éclairage de réfrigérateur à LED

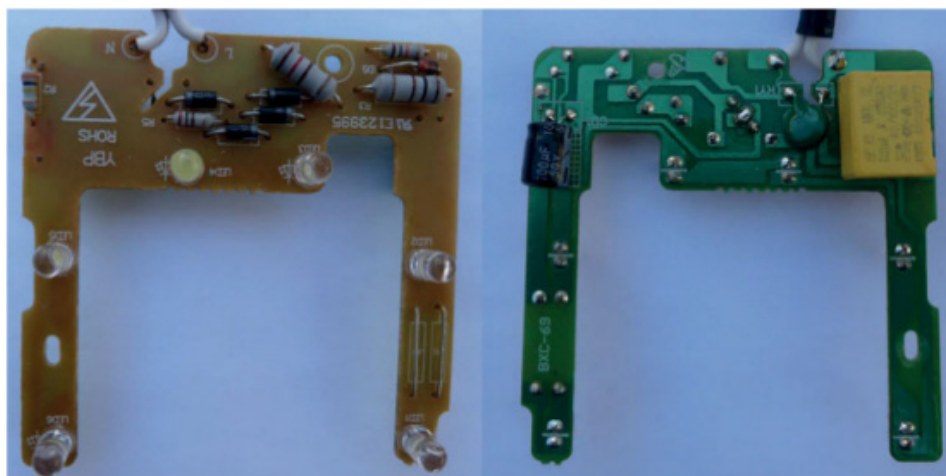


Figure 6-16. La platine d'éclairage du réfrigérateur

De plus, sans la diode Zener, en l'absence de consommation si une LED vient à se couper, le condensateur de filtrage subit une tension élevée et se trouve détérioré rapidement, risquant d'exploser.

Les lampes d'éclairage à LED sont réalisées de la même façon, soit avec une alimentation à découpage – il s'agit de modèles coûteux mais robustes – soit avec une alimentation avec condensateur abaisseur de tension. Ces dernières, que l'on trouve à un prix très modique, sont néanmoins assez résistantes ; toutefois, pour celles provenant directement de Chine, il faut se méfier des chiffres annoncés en ce qui concerne la puissance. Ainsi, une lampe dont la puissance annoncée est de 18 W délivre en réalité une puissance d'environ 5 W. En effet, nos amis chinois n'hésitent pas à confondre puissance apparente exprimée en voltampères et puissance efficace en watts. Ce qui sépare les deux est le facteur de puissance qui exprime le décalage entre la tension et le courant dans un dispositif électrique. Je laisse les amateurs de théorie trouver les nombreux documents traitant de ce sujet sur Internet.

En conséquence, si vous achetez des lampes, méfiez-vous des puissances importantes annoncées et préférez les sites qui annoncent des puissances réelles. Ce n'est pas toujours facile de les différencier. Ou prenez un rapport habituel de 0,3 à 0,5 fois la puissance annoncée comme puissance réelle.

## RÉPARATION D'UN SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE À LED

Il faudra commencer par s'assurer que la tension redressée est bien présente aux bornes de la chaîne de LED ; dans le cas contraire, le circuit est suffisamment simple pour diagnostiquer la panne.

La tension étant présente, il sera bon toutefois de vérifier l'état du pont redresseur à diodes, des différentes résistances, des condensateurs abaisseur et de filtrage, et de la diode Zener. Étant donné l'absence d'éclairement, il se peut que tous ces éléments aient souffert.

Si l'éclairage est absent, il y a une rupture dans la série des LED, qu'il faut donc vérifier une par une à l'aide du multimètre, comme indiqué au chapitre 3. Il se peut que plusieurs LED soient coupées ; aucun signe visible n'apparaissant en général, il ne faut donc pas s'arrêter à la première détectée défectueuse. Personnellement, je préfère l'usage du multimètre analogique qui permet de provoquer l'éclairage de la LED durant le test car, si une LED est moins brillante que les autres, son remplacement est conseillé afin d'éviter une prochaine panne qui ne saurait tarder.

Une fois les LED défectueuses remplacées par des LED équivalentes, le luminaire devrait retrouver vie.



L'idéal serait de remplacer toutes les LED, car celles qui sont encore opérationnelles ont peut-être souffert et pourraient également défaillir. Cela se produit en général assez rapidement ; c'est pourquoi un test prolongé, par exemple pendant 24 heures, sera un gage de durabilité de la réparation s'il est concluant.

### Déterminer l'intensité des LED utilisées

Les LED ne possédant pas de marquage, il est difficile de connaître leurs caractéristiques exactes. Or, il est important de remplacer les LED défectueuses par des LED aux caractéristiques voisines. La seule information connue est leur couleur, qui détermine la tension de fonctionnement probable. Dans le cas du blanc, il y a le blanc froid, naturel et chaud, mais cela ne modifie pas la tension de fonctionnement.

Pour connaître le courant consommé par une LED, il est préférable de disposer d'une alimentation de laboratoire ; il suffira d'appliquer une tension variable comprise entre 3 et 15 V à l'une des LED fonctionnelles du luminaire au travers d'une résistance de 300 ohms de 1 W, en respectant évidemment la polarité de cette LED. On mesurera la tension à ses bornes en augmentant la tension appliquée jusqu'à atteindre 3,2 à 3,3 V pour une LED blanche. Le courant traversant la LED est alors proche de sa valeur optimale. Il faudra parfois diminuer la valeur de la résistance pour les LED de plus forte puissance qui peuvent consommer jusqu'à 500 mA. Dans ce cas, la résistance pourrait être de 100 ohms 4 W et la tension utilisée ne devrait pas dépasser 25 V.

C'est empirique mais vous donnera une bonne approximation. Si vous ne disposez pas d'une alimentation de laboratoire, utilisez une pile de 9 V et un potentiomètre bobiné de 500 ohms ; cela devrait vous permettre de déterminer l'intensité de la plupart des LED courantes.



Si des LED d'une autre teinte sont utilisées, adapter la méthode à la tension nominale d'une diode de cette couleur (voir chapitre 3).

Dans le cas où peu de LED sont défectueuses (environ 10 à 15 % d'entre elles), une meilleure approche consiste à les remplacer temporairement par une diode Zener de 3,3 V 1 W, par exemple la diode BZX85C3V3 et, l'éclairage étant rétabli, de mesurer l'intensité dans le circuit des LED.



Le remplacement d'une LED défectueuse par une diode Zener de tension et puissance adaptées peut permettre une réparation rapide temporaire du luminaire en attendant l'approvisionnement des LED de remplacement. Il sera moins lumineux, mais cela ne devrait pas trop gêner par rapport à un luminaire éteint.

Pour dessouder les LED miniatures plates non encapsulées comme celles en jaune de la figure 6-17, qui sont soudées à plat sur un petit circuit imprimé, utilisez si vous le pouvez un pistolet à air chaud en maintenant les composants voisins en place à l'aide de la bande d'aluminium autocollante (voir le chapitre 4). Pour les ressouder, l'air chaud pourrait aussi faire l'affaire, mais le maintien en place de la LED pose problème. Je préfère utiliser mon fer à souder muni d'une pointe fine, du flux de soudure et faire pénétrer la soudure sous le composant en faisant bien attention de ne pas provoquer un court-circuit entre les contacts de la LED.

### Choix des LED de rechange

Les caractéristiques des LED de remplacement devront s'approcher au plus près de celles des LED d'origine en ce qui concerne la tension et l'intensité de fonctionnement. Sinon, il y aura disparité dans la luminosité de l'ensemble entre les anciennes et les LED remplacées. Pour des raisons pratiques, il faudra également respecter leurs tailles. Nous avons vu précédemment que le facteur de puissance des ampoules à LED était à prendre en considération ; c'est également le cas pour choisir les LED de remplacement d'une ampoule ou d'un luminaire. Ainsi, une lampe annoncée pour 20 W de puissance apparente (on devrait indiquer cette puissance en voltampères) faisant en réalité 5,9 W réels est munie de 28 LED, soit un peu plus de 0,2 W par LED ; il faudrait choisir des LED de 3,2 V sous environ 60 mA.

Si elles n'ont pas une forme standard mais sont des LED plates, les LED sont définies selon leur taille exprimée en dixièmes de mm (par exemple, 5730 signifie 5,7 mm par 3 mm). Respectez bien



ce critère pour pouvoir ressouder facilement les remplaçantes. Ces LED sont vendues en film par quantité, pour un prix dérisoire.

Pensez également à choisir la bonne teinte (blanc chaud, naturel ou froid)... mais déterminer la bonne teinte est très subjectif si l'on n'a pas la possibilité de visualiser en fonctionnement les LED de différentes teintes.

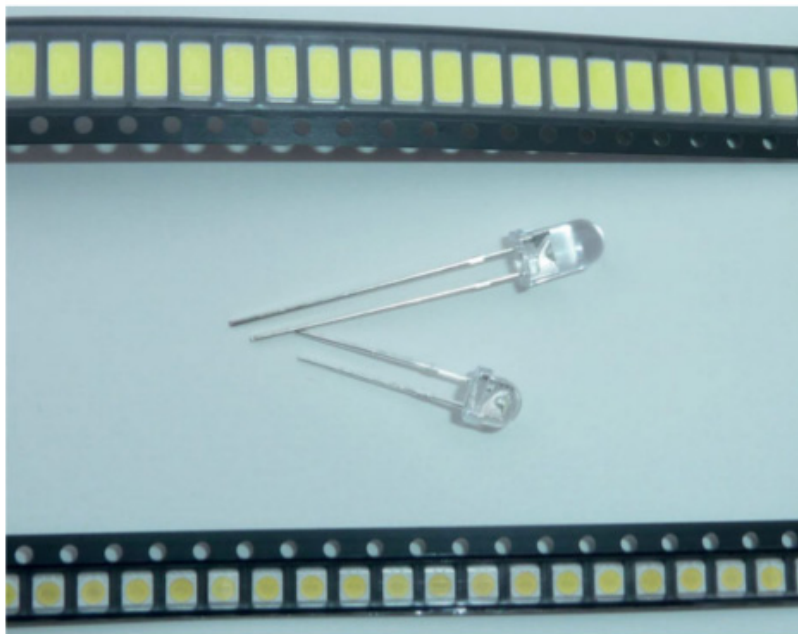
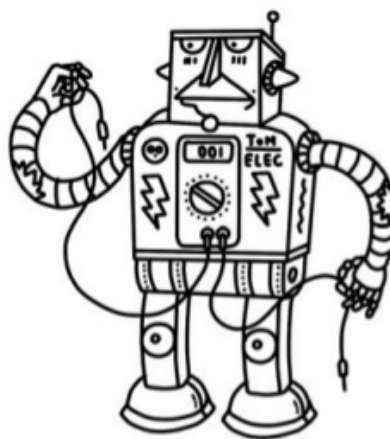


Figure 6-17. Quelques LED utilisées dans les dispositifs d'éclairage

## LED ET VARIATEURS D'INTENSITÉ

Avant l'arrivée des éclairages à LED, on utilisait souvent des lampes à filament traditionnelles ou halogènes associées à un variateur de lumière utilisant un triac, que ce soit dans le cadre d'un luminaire mobile ou d'un éclairage d'une pièce d'habitation.

Le remplacement d'une telle lampe contrôlée par un variateur ne peut se faire directement par une lampe à LED qui serait aussitôt détruite. Il faut absolument retirer le variateur ! La raison est due à l'alimentation réalisée comme je l'ai décrit avec un condensateur permettant d'abaisser la tension redressée. Un variateur traditionnel se contente de découper la tension alternative en limitant la durée des demi-alternances dont le départ est retardé selon le diagramme suivant.



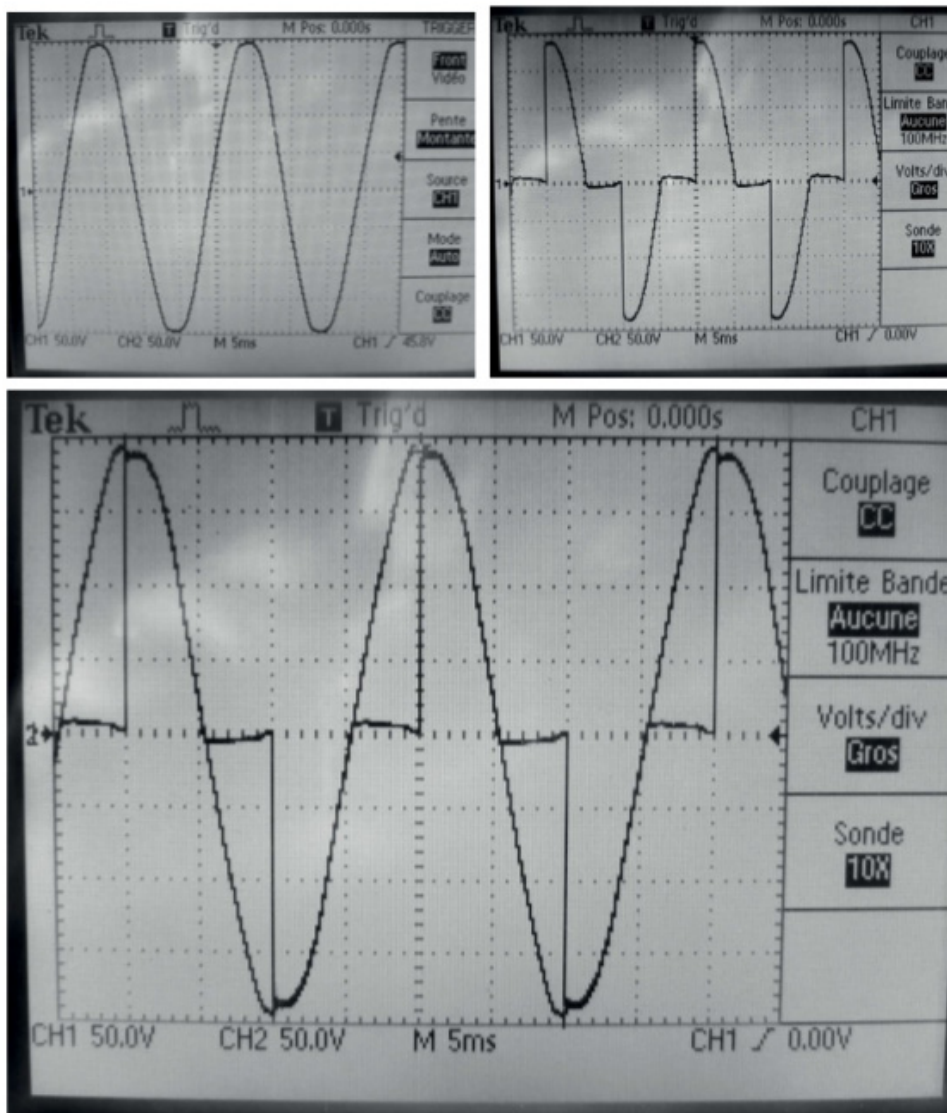


Figure 6-18 Signaux issus d'un variateur de lumière à triac

L'illustration de gauche montre la sinusoïde issue du secteur électrique (110 VAC), celle de droite la sortie du variateur réduisant d'environ 40 % la luminosité d'une lampe halogène et celle du dessous montrant les deux signaux superposés.

En position luminosité maximum, l'ensemble de la sinusoïde est transmise à la lampe LED, il n'y a pas de problème. Par contre, dès que le variateur diminue l'intensité lumineuse de la lampe, le début de chaque demi-sinusoïde est retardé, diminuant ainsi le temps pendant lequel la lampe reçoit de l'énergie. Au lieu de suivre une pente douce de début de demi-sinusoïde, un front montant (ou descendant) rapide est transmis à la lampe au début de la demi-sinusoïde modifiée, mais la tension

de pointe reste identique. C'est une modulation MLI (modulation de la largeur d'impulsion). Si cela convient parfaitement à une lampe à filament, ce n'est pas le cas pour une lampe à LED, car la valeur du condensateur réduisant la tension est calculée pour atténuer le front montant relativement lent d'une sinusoïde à 50 Hz, pas d'un front montant rapide pour lequel il se comporte comme un véritable court-circuit. Une tension de pointe élevée (pouvant atteindre 320 V) est alors transmise aux LED. Dans le cas de notre lampadaire à 33 LED, chaque LED subirait une tension de pointe d'environ 10 V au lieu des 3,3 V requis. La destruction serait immédiate.

Il convient donc d'être très prudent à ce sujet.

Il existe des lampes à LED dites « dimmable », c'est-à-dire dont on peut faire varier l'intensité. Cependant, un variateur spécial doit être utilisé. J'en ai essayé un mais le résultat n'est pas très bon, la variation de luminosité étant très relative et peu progressive.

Espérons que ces appareils seront rapidement améliorés.

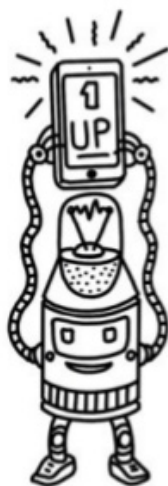


N'utilisez pas de variateur de lumière avec une lampe ou un lampadaire à LED, pas davantage d'ailleurs avec une lampe fluo compacte ou une réglette fluorescente.

## CAS DES BORNES SOLAIRES

Les bornes solaires (ou les luminaires de jardin à panneau solaire) permettent de disposer d'un éclairage nocturne permanent (jusqu'à épuisement de leur batterie) ou intermittent grâce à un détecteur d'approche.

Souvent défectueux après quelques mois d'usage, ces appareils souffrent surtout des mauvaises conditions subies en extérieur, et il faut bien constater que leur étanchéité est parfois très relative. De plus, leur batterie rechargeable est sollicitée chaque jour par une recharge et chacun sait qu'une batterie a une durée de vie limitée par le nombre de recharges acceptable (200 à 1 500 selon le type et la qualité).



Par ailleurs, à part les luminaires haut de gamme coûteux, les composants utilisés dans des bornes solaires vendues pour quelques euros sont de qualité discutable. Il est donc fréquent que ces appareils soient défectueux.

À part les problèmes des LED en série qui peuvent se produire dans certains de ces luminaires, la plupart du temps c'est la batterie qui faiblit ou ne fonctionne plus. L'autonomie et l'éclairage se réduisent, son remplacement est souvent bénéfique. Leur type est assez courant et se trouve sans difficulté.

Profiter de cette intervention pour nettoyer l'appareil, notamment le dessus du panneau solaire qui peut ternir, retirer toute humidité interne et refaire au mieux l'étanchéité avec, par exemple, un peu de joint silicone pour salle de bains.

Le circuit de charge, souvent très rudimentaire, est parfois en cause. Sa remise en état ne pose pas de problème vu sa simplicité ; toutefois, il est parfois difficile de trouver les composants utilisés qui sont fréquemment non identifiés par un marquage.



Il existe également de nombreux schémas proposés sur Internet utilisant des composants ordinaires qui vous permettront de redonner vie à une balise dont le circuit est endommagé.

Si c'est le petit panneau solaire qui est cassé ou dont les connexions ont été oxydées, il n'y a pas grand-chose à faire car ces panneaux sont souvent propres à la balise, bien que l'on puisse s'en procurer de taille identique (eBay).



Figure 6-19. Borne solaire de jardin

Pensez également à vérifier le bon état des contacts de la batterie souvent oxydés, ne permettant plus une bonne connexion de la batterie au circuit.

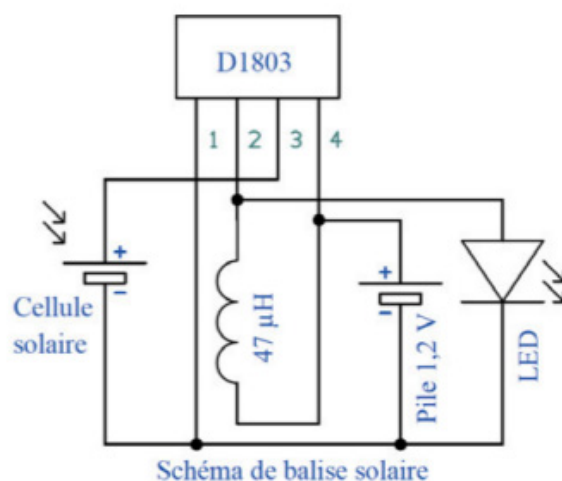


Schéma de balise solaire

Figure 6-20. Schéma du circuit de charge et éclairage d'une borne solaire

## Autres réparations réussies

Il est difficile de citer tous les appareils qui peuvent être facilement réparés dans le domaine traité dans ce chapitre ; voici toutefois quelques exemples qui vous permettront de réaliser ce qui peut être fait.

## PROBLÈMES GÉNÉRAUX DE FONCTIONNEMENT

1. Pensez à vérifier les divers interrupteurs de sécurité placés sur les portes ou hublots de certains appareils, les disjoncteurs ou fusibles thermiques placés sur les moteurs, les charbons des moteurs et tout simplement les cordons d'alimentation souvent coupés.
2. Parfois (surtout pour les lave-vaisselle mais aussi dans les portières de voiture), les torons de câbles reliant la porte au reste de l'appareil finissent par se couper au niveau de l'articulation de la porte. Il suffit de démonter l'habillage de la porte et de rétablir les liaisons en les soudant et en les isolant à l'aide de gaine thermorétractable.
3. Pensez à graisser les paliers des moteurs grippés, cela suffira parfois à rétablir un fonctionnement correct.
4. Pensez enfin à supprimer les traces de tous les écoulements qui ont pu se produire par faute d'étanchéité ou d'une mauvaise utilisation de l'appareil. Et rétablissez l'étanchéité.

## CIRCUITS DE CHAUFFAGE DU GROS OU PETIT ÉLECTROMÉNAGER

C'est souvent la résistance, un fusible thermique, un relais ou un triac de commande du chauffage qui est en cause ; ils sont faciles à tester et à remplacer. Attention également aux mauvaises soudures sur les circuits de puissance, notamment sur les sèche-linge dont les circuits imprimés ont des pistes et points de soudure parfois trop petits pour résister au fort courant véhiculé.

## RÉFRIGÉRATEURS ET CONGÉLATEURS

Il arrive parfois que ces appareils génèrent trop de froid ou au contraire pas assez. Si la température n'est pas assez basse alors que le compresseur fonctionne, pas de chance, c'est sûrement le compresseur qui est défaillant ou une fuite qui a fait s'échapper le gaz réfrigérant. Seul un frigoriste pourra intervenir, mais vérifiez que l'appareil en vaille la peine face au coût prévisible d'une telle intervention, plutôt réservée aux groupes frigorifiques des commerçants.

Si l'appareil produit trop de froid, le compresseur fonctionne peut-être en permanence ; alors pas de doute, c'est le thermostat qui est en cause. Son remplacement ne pose pas de problème, mais il existe plusieurs sortes de thermostats selon que le dégivrage est manuel ou automatique. Prenez bien la précaution de ne pas endommager le tube capillaire qu'il faut remettre au même emplacement que l'original. S'il est plus long, il peut être enroulé selon un diamètre de 6 à 10 cm.

Vous trouverez probablement, pour un coût non négligeable, cette pièce dans le catalogue des pièces détachées du fabricant de l'appareil. Toutefois, en examinant le thermostat, sa référence ou ses caractéristiques souvent gravées sur son boîtier, vous trouverez probablement le même modèle ou un équivalent vendu hors fabricant pour un coût nettement moindre. Il existe des thermostats pour les réfrigérateurs et d'autres pour les congélateurs. Les appareils mixtes congélateur-réfrigérateur ont en général des thermostats spécifiques qu'il convient de remplacer par leur strict équivalent.

## OUTILLAGE ÉLECTROPORTATIF ALIMENTÉ PAR LE SECTEUR ÉLECTRIQUE

En dehors des cordons d'alimentation coupés à leur sortie de l'appareil, des charbons usés et des enroulements de moteurs coupés, il est fréquent que le condensateur d'antiparasitage soit en court-circuit et fasse sauter le disjoncteur de l'installation électrique de la maison. Fréquemment également, le variateur de vitesse est défectueux à cause d'un encrassement ou d'une piste usée (potentiomètre de réglage ou gâchette). Ces petits variateurs sont toujours équipés d'un triac qui peut être défectueux.

En cas d'impossibilité de remplacement, substituez au variateur un interrupteur qui permettra un fonctionnement continu à pleine vitesse ou demi-vitesse (en utilisant un interrupteur à trois positions et une diode (minimum 6 A-600 V en raison des surtensions dues aux enroulements du moteur). Le fonctionnement sera certes dégradé, mais il rendra sûrement encore de nombreux services.

## OUTILLAGE ÉLECTROPORTATIF SANS FIL

Comme les autres outils électriques, les outils concernés possèdent un moteur qui est commandé par une carte de contrôle plus sophistiquée, car elle permet l'alimentation du moteur par une tension alternative dont on fait varier la fréquence, contrairement aux autres appareils dont la tension du secteur est « hachée » par un triac pour produire la variation de vitesse. Je n'ai jamais eu à réparer une platine de contrôle d'un appareil sans fil. Par contre, autre particularité de ces appareils : le bloc de batterie est souvent à l'origine du non fonctionnement. Il ne s'agit pas de batteries simplement placées dans un boîtier amovible ; ces blocs de batterie comportent un circuit de charge et des protections contre les surintensités (fusibles) et contre la surchauffe durant la recharge (thermistance associée au circuit de charge). Ces blocs sont assez coûteux en pièces de rechange, alors que bien souvent, il suffit de remplacer les accus qui les constituent. Associés en série, ces accumulateurs sont la plupart du temps de type Lithium Ion, de format standard (généralement 18650), que l'on trouve facilement (eBay par exemple) pour une somme modique. Si une batterie ne se recharge pas ou ne tient pas la charge alors que son courant de charge délivré par le chargeur est correct, il faudra remplacer TOUS les éléments formant la batterie afin de préserver l'équilibre de la charge. Si le chargeur est en cause, il conviendra de le réparer ou de l'échanger mais, à ce jour, le problème ne s'est jamais posé à moi.



Figure 6-21. Bloc batterie d'une perceuse sans fil et les accus utilisés



Certains tournevis électriques de petite puissance ont leur circuit de charge et leurs batteries incorporées à leur poignée, mais le démontage ne pose aucun problème.

Certains outils possèdent une LED qui peut également ne plus éclairer et doit être changée. Une LED standard de couleur blanche devrait convenir.

Il existe également des outils incorporant une diode laser émettant un rayon de guidage de l'outil, qui peut aussi être changée si nécessaire, en prenant soin de trouver un modèle permettant d'aligner correctement le rayon émis.

## SÉCURITÉS DIVERSES

À noter que certains appareils (scies de table par exemple) possèdent des sécurités mettant en jeu un relais qui, armé par le poussoir de mise en route, peut être désarmé par un gros bouton rouge de sécurité. Subissant des conditions de fonctionnement assez sévères, le relais présente souvent des défauts tout comme les différents interrupteurs parfois oxydés qu'il est facile de nettoyer.

Une sécurité mécanique existe parfois (tondeuses) et l'usure des pièces en plastique est souvent la cause du dysfonctionnement. Il faut essayer de réparer (refaire la forme à l'aide de résine époxy, par exemple) ou remplacer le dispositif mais ne jamais l'éliminer au risque de subir un accident.



Ne jamais retirer ou condamner un dispositif de protection, il en va de la sécurité des utilisateurs.

## ET LES AUTRES !

Difficile d'imaginer tout ce qui peut être réparé ou remis en état partiel. Je pourrai citer encore les véris de lits articulés, animés par des moteurs, les outils de jardinage électriques, etc. Avec un peu de patience, vous viendrez à bout de nombreuses pannes des appareils de la vie quotidienne. Vous réaliserez des économies tout en apprenant et en préservant la planète des déchets irrécupérables.

Si vous avez un peu de place, conservez les appareils défectueux dont la plupart des pièces pourront servir à une prochaine réparation. Vous verrez que bien souvent, c'est quelques jours après avoir jeté un appareil en panne que l'on découvre une utilisation possible de ses pièces détachées !





# RÉPARER LE MATÉRIEL INFORMATIQUE

Le matériel informatique dans toute sa diversité fait partie de notre quotidien et sa diffusion très large a amené les constructeurs à utiliser de plus en plus de matériel standard, à l'opposé des débuts de cette industrie où chaque constructeur avait son propre matériel. De plus, les normes ont été établies rendant l'interchangeabilité facile. Les ordinateurs sont des matériels très complexes mais dont beaucoup de dysfonctionnements peuvent être corrigés par un réparateur amateur. Nous allons passer en revue ce qui peut être réparé sans faire nécessairement appel à un professionnel. Commençons par le plus simple mais le plus utile.

### Souris d'ordinateur

Souvent négligée, la souris n'en est pas moins un organe essentiel permettant à l'utilisateur d'interagir avec son ordinateur. Sans elle on est un peu perdu... et pourtant, elle n'est pas souvent épargnée durant son utilisation, ce qui provoque des dysfonctionnements souvent faciles à résoudre.

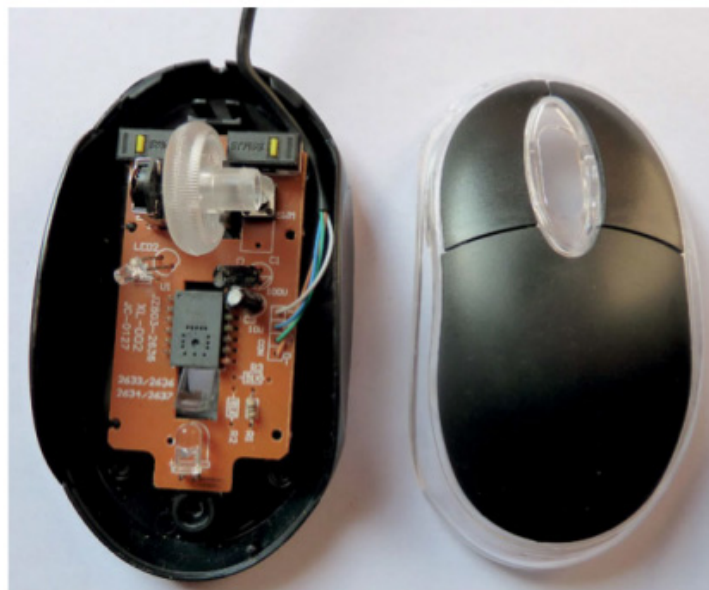


Figure 7-1. Souris d'ordinateur ouverte



Le plus courant de ces dysfonctionnements est relatif aux contacts des différents boutons ou de la roulette, qui deviennent capricieux avec le temps.

Ouvrir la souris n'est pas difficile : il y a en général quelques vis, parfois placées sous les patins glisseurs ou sous une étiquette informative, qu'il faut décoller au préalable. Les vis étant retirées, le boîtier s'ouvre comme une coquille, mais de temps en temps quelques clips doivent être précautionneusement libérés pour accéder au circuit interne de la souris.

Pour remédier aux mauvais contacts des différents boutons, un peu de bombe de nettoyant pour contacts devrait redonner du tonus aux interrupteurs pour un bon moment.

Pour les souris filaires, il arrive fréquemment qu'un des fils de liaison à l'ordinateur se coupe, rendant la souris inerte. C'est souvent au niveau de l'arrivée du câble à l'avant de la souris qu'à force de multiples pliures, l'intérieur du câble se coupe. Il est alors facile de réduire la longueur du câble et de le ressouder au circuit imprimé de la souris. Bien repérer au préalable les couleurs des fils et leurs emplacements. Avant de ressouder les fils, il sera prudent de vérifier la continuité du câble ainsi raccourci.

Si la coupure se situe au ras de la prise USB côté ordinateur, la réparation du câble ne sera pas possible ; en effet, il n'existe pas de prises USB en pièces de rechange. Dans ce cas, le plus simple sera de se procurer un câble de smartphone, de sacrifier le connecteur s'y reliant pour ne garder que celui connecté à l'ordinateur. Bien repérer les fils afin de ne pas faire une erreur de branchement puis de les ressouder.



Prendre systématiquement un câble permettant l'échange des données avec l'ordinateur, car un câble économique n'assurant que la recharge ne conviendra pas.



Figure 7-2. Prise USB A possédant 4 broches, câble côté ordinateur

Tableau 7-1. Brochage de la prise USB 2.0

BROCHE	SIGNAL	COULEUR	RÔLE
1	+ 5 V	Rouge	Alimentation
2	D-	Blanc	Data -
3	D+	Vert	Data +
4	GND	Noir	Masse alimentation

Les couleurs peuvent malheureusement différer, il faudra toujours vérifier l'affectation réelle des fils du câble.

Les autres dysfonctionnements d'une souris, s'ils ne sont pas mécaniques, sont dus à l'électronique interne de la souris qu'il n'est ni facile ni économique de réparer. À vrai dire, je n'ai jamais été confronté à une telle panne.

## Écrans d'ordinateurs

Les moniteurs informatiques sont des appareils indépendants qui peuvent être reliés à différents appareils, le plus souvent ordinateurs de bureau ou portables, mais aussi parfois sur des équipements de contrôle ou de mesure, voire sur des équipements multimédias comme certains lecteurs DVD.

### Ne jetez pas votre moniteur !

Les moniteurs, même en panne, peuvent trouver acquéreur pour récupération des pièces. Si vous êtes certain du bon fonctionnement d'une dalle écran ou d'une carte, sa revente sera souvent plus facile et plus rémunératrice que celle d'un écran en panne. Pensez aux petites annonces et à vos « confrères » à la recherche de pièces d'occasion dans les forums de discussion. Évitez de jeter ce qui peut encore être utilisé ou recyclé !

## ARCHITECTURE DES MONITEURS INFORMATIQUES

Les moniteurs à écrans LCD et à rétroéclairage de type « néon » à tubes CCFL (*Cold Cathode Fluorescent Lamp*) sont communément appelés écrans LCD ; ceux, plus récents, munis d'un rétroéclairage à LED (*Light Emitting Diode*), sont plus communément appelés écrans LED. Ils ont néanmoins la même architecture interne : seuls les circuits qui pilotent le rétroéclairage sont différents. On distingue cinq parties principales :

- l'alimentation des circuits à partir du secteur (interne ou externe) ;
- les circuits de contrôle et de vidéo, avec ou sans circuits son ;
- les circuits de contrôle et de « timing » de l'écran (T-Con) ;
- les circuits d'alimentation du rétroéclairage (inverter) ;
- la dalle écran.

Remarquez que, la plupart du temps, ces circuits sont regroupés sur un seul circuit imprimé, les circuits d'alimentation étant soit internes et regroupés sur la carte unique, soit externes sous la forme d'un bloc secteur. De même, les circuits de contrôle de l'écran sont souvent intégrés à l'écran et non externes.

## DÉMONTAGE DES MONITEURS INFORMATIQUES

Il n'y a rien de particulier à mentionner au niveau du démontage d'un moniteur informatique ; la différence avec un petit téléviseur est la présence de nombreux blindages métalliques évitant les rayonnements électromagnétiques de ces appareils considérés comme équipements professionnels. De

ce fait, le nombre et la diversité des vis utilisées sont plus importants et le démontage plus fastidieux. On aura donc intérêt à documenter la position des différentes vis (clichés ou croquis succinct) afin de faciliter le remontage, surtout si l'appareil doit rester longtemps ouvert, en attente de la réception de pièces détachées. Le contour en plastique des boîtiers est la plupart du temps muni de clips qu'il faut soigneusement libérer en évitant de les casser.

D'une manière générale, pour tout démontage d'appareil sophistiqué, faites un croquis de repérage des vis et blindages, et conservez l'ensemble des vis dans un petit sachet fermé et identifié, collé au châssis ou au boîtier par un ruban adhésif en attendant de le remonter.

## DIAGNOSTIC DES DÉFAILLANCES DES MONITEURS INFORMATIQUES

### L'écran est cassé

La seule issue est de changer l'écran, car un écran cassé ou fêlé est irréparable. Toutefois, il faut s'assurer au préalable que les circuits fonctionnent afin que le changement d'écran ne soit pas une opération coûteuse et inutile. Un écran cassé peut en effet avoir endommagé les circuits de commande. En faisant varier le contenu de l'image, une dalle cassée affiche souvent des lignes de couleur qui varient avec l'image ; ce simple test permet de penser que les circuits de commande sont a priori fonctionnels. En l'absence de variation, il faudra investiguer plus profondément, en particulier la sortie des signaux vidéo vers l'écran (connecteur LVDS) pour se rassurer sur le fonctionnement de ces circuits.

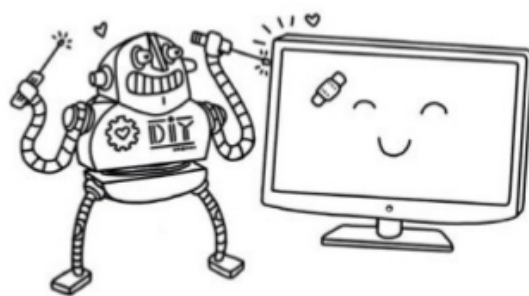
Une dalle de moniteur ou d'ordinateur portable d'occasion se trouve aisément à prix très raisonnable et bon nombre de dalles sont compatibles, car souvent seules les fixations mécaniques au boîtier sont différentes et peuvent facilement être modifiées, adaptées ou récupérées. Vérifiez que le connecteur se situe dans la même position, faute de quoi le câble de liaison pourrait être trop court.

### L'écran ne se met pas en veille lorsqu'il est branché

Aucune réaction en reliant le moniteur au secteur électrique ? Cela présume une panne d'alimentation de l'écran.

Si un bloc d'alimentation externe est utilisé, on peut vérifier son fonctionnement à vide (voltmètre) puis, en le testant en charge avec une lampe à incandescence de puissance inférieure à celle délivrée par le bloc ou avec des résistances de charge. Vérifier au préalable que la prise d'alimentation du moniteur n'est pas en court-circuit afin d'isoler la panne côté écran ou côté alimentation. S'il ne s'agit

pas du câble qui aurait été endommagé, ou du moniteur qui en est la cause, le bloc est alors en défaut. Le dépannage du bloc alimentation est possible mais nécessitera de sacrifier son boîtier en général indémontable. Pour ma part, j'utilise une fine scie de maquettiste pour séparer les deux demi-coques, puis je recolle à la colle cyanoacrylate le boîtier après réparation.





Le coût d'un bloc alimentation externe étant assez faible, le dépannage sera réservé aux fans de la réparation mais je les y encourage !



À noter que parfois un bloc externe ne supporte pas le test avec une lampe, car la résistance du filament étant très faible, il se met en sécurité lors de la mise sous tension. Il faut en ce cas utiliser des résistances de puissance montées en parallèle pour absorber la puissance totale et présenter une valeur de résistance convenable. Par exemple, pour un bloc délivrant 12 V sous 4 A, on le testera aux  $\frac{3}{4}$  de sa puissance soit 3 A ou 36 W nécessitant une résistance de 4 ohms pouvant supporter 36 W, ce qui n'est pas courant ; on utilisera alors 12 résistances de 47 ohms 3 W montées en parallèle. Attention à ne pas prolonger le test : les résistances vont devenir très chaudes.

Si l'alimentation est incorporée au moniteur, il va falloir ouvrir celui-ci et diagnostiquer la panne. Les circuits d'alimentation de ces types de moniteurs informatiques sont parfois intégrés sur la carte mère (une seule carte comporte tous les circuits). Leur dépannage ne peut s'effectuer qu'au niveau du composant, excluant le changement trop coûteux de la carte entière. Le risque de ne pas y parvenir est important, le risque que la panne ait propagé des effets dévastateurs sur les autres circuits n'est pas négligeable non plus.



Les composants de la partie primaire des circuits de l'alimentation étant directement reliés au secteur électrique, pensez à utiliser un transformateur d'isolement pour plus de sécurité et permettre la connexion d'une sonde d'oscilloscope relié à la terre.

### L'écran reste en veille, mais refuse de s'allumer

L'apparition du voyant de veille est un bon signe, l'alimentation n'est pas totalement hors d'usage mais il faut distinguer trois cas.

- 1 L'alimentation est externe et donc, a priori, en bon état mais la mise en route commandée par les circuits de contrôle ne se fait pas. Il faudra tout de même s'assurer que l'alimentation est capable de fournir une tension correcte en charge. Si c'est le cas, le dépannage est possible dans un faible nombre de situations seulement. Il s'agira d'une défaillance des circuits de commande interrompant l'alimentation des circuits, en dehors de ceux servant au fonctionnement en veille. C'est en général un microprocesseur qui génère le signal de mise en fonctionnement et dont le remplacement est exclu. Dans tous les cas, vérifiez la tension délivrée par l'alimentation directement sur la carte circuit imprimé du moniteur.
- 2 Les circuits d'alimentation sont internes et en bon état ou partiellement en état de fonctionner. Si la mise en route commandée par les circuits de contrôle ne se fait pas, le dépannage est possible mais dans un faible nombre de cas (défaillance du circuit de commande mais pas du microprocesseur). Là encore, il faut vérifier les tensions délivrées par l'alimentation et leur pureté (bruit ne devant pas excéder une centaine de millivolts).
- 3 L'alimentation est fautive, il faudra donc chercher la panne dans ces circuits. Elle peut être simple si l'alimentation comporte un seul convertisseur de tension, plus complexe s'il y a plusieurs circuits indépendants. Dans tous les cas, les chances de succès sont grandes. Le plus simple est de substituer l'alimentation par des appareils de laboratoire (un par tension fournie par les circuits d'alimentation) pour confirmer le diagnostic.

L'écran s'allume normalement (électriquement) mais l'image est absente

L'alimentation est donc a priori hors de cause, toutefois vous devez vous empresser de vérifier la valeur des tensions délivrées (multimètre) et leur propreté (oscilloscope) afin de définitivement disculper l'alimentation. Plusieurs cas se présentent alors.

- 1 On peut vérifier visuellement si le rétroéclairage fonctionne et, si ce n'est pas le cas, contrôler à l'aide d'une lampe de poche que l'image est bien présente, l'écran n'étant pas rétroéclairé. Cette panne est souvent réparable. Attention, il est parfois difficile d'apercevoir une image sans rétroéclairage. L'idéal est d'utiliser une image fortement contrastée et mobile, en pleine obscurité.
- 2 Aucune image n'apparaît. L'écran est probablement hors service et à remplacer. Dans le meilleur des cas, son câble de liaison est mal enfiché ou coupé. Vérifiez que les signaux arrivent bien au niveau de la dalle écran (signaux LVDS visibles à l'oscilloscope) pour renforcer ce diagnostic. La fiche technique de la dalle écran vous indiquera le brochage et les signaux présents sur le connecteur de l'écran. Les signaux sont identiques à ceux décrits dans le chapitre 9 traitant de la réparation des téléviseurs auquel vous pouvez vous reporter (fig. 9-34). Dans le cas contraire, les circuits de commande sont en cause et le dépannage reste souvent difficile.
- 3 Aucune image n'apparaît mais on peut afficher les menus de réglage. L'écran en lui-même (la dalle) est hors de cause, ce sont les circuits de commande (sélection des entrées s'il en existe plusieurs) ou de vidéo qui sont en cause et la réparation est délicate.



Souvenez-vous que des tensions dangereuses sont présentes au niveau des écrans (rétroéclairage CCFL ou LED) et des alimentations.

## RÉPARATION D'UN MONITEUR INFORMATIQUE

Le diagnostic étant posé, à la différence qu'il ne possède pas autant d'entrées de signaux qu'un téléviseur, tous les circuits d'un moniteur sont également présents dans un téléviseur LCD ou LED. Vous pourrez ainsi vous reporter au chapitre 9 pour ce qui concerne les réparations des circuits d'affichage et du rétroéclairage. Si vous devez réparer l'alimentation de votre moniteur, reportez-vous alors au chapitre 11 traitant de la réparation des circuits d'alimentation.

## Ordinateurs de bureau

### ARCHITECTURE PHYSIQUE DES ORDINATEURS DE BUREAU

L'architecture physique des ordinateurs de bureau est en général assez simple et commune à tous les matériels. Les boîtiers sont normalisés (normes ATX ou µATX, format « desktop » ou « tour ») et les éléments qui les constituent (alimentation, unités de stockage et carte mère) sont interchangeables moyennant le respect de l'adéquation entre le type de boîtier et les composants qui y sont intégrés. Ces boîtiers conventionnels permettent une évolution facile d'un ordinateur par remplacement ou ajout de composants ou périphériques.

Les choses se compliquent néanmoins avec l'apparition plus récente de nouveaux formats d'ordinateurs, les boîtiers se miniaturisant ou l'ensemble d'un ordinateur se trouvant intégré à l'écran. Ils sont plus fragiles (refroidissement moins efficace), moins évolutifs (éléments périphériques non standard), et leur démontage plus méticuleux. En revanche, ils sont plus esthétiques et ergonomiques (écrans tactiles).

Je mets cependant en garde les utilisateurs désirant acquérir un ordinateur tout intégré à écran tactile, ils reviendront sûrement rapidement à la souris après avoir levé trop souvent le bras endolori par une tendinite ! Cela ne vaut évidemment que pour les écrans de grandes dimensions, placés verticalement, pas pour les tablettes qu'on peut utiliser horizontalement.

## DÉMONTAGE DE L'UNITÉ CENTRALE DES ORDINATEURS DE BUREAU

Le démontage d'un ordinateur de bureau, qu'il soit d'un format « tour » ou « desktop », est nettement plus facile que celui d'un ordinateur portable. En effet, la notion de miniaturisation n'est pas aussi importante pour ces matériels, et les boîtiers sont donc plus accessibles et surtout très conventionnels – la forme important peu, seule la façade présentera une personnalisation adaptée à la marque mais ne nécessite d'être démontée que très rarement. Cela est par contre plus compliqué pour les boîtiers non normalisés, que l'on trouve parfois dans le cas des ordinateurs compacts de type « gamer » par exemple. Ils sont beaux, lumineux, mais récalcitrants au démontage et leur carte mère est spécifique. Après avoir bien entendu tout déconnecté du secteur électrique, il faut enlever tous les câbles reliés à l'unité centrale pour manipuler l'appareil sans risque. Un câble resté connecté pourra facilement endommager le connecteur auquel il est associé et rendre la connexion inopérante.

La première étape consiste à ouvrir le boîtier pour faire un premier diagnostic visuel toujours nécessaire ou pour vérifier les différentes connexions entre les éléments constitutifs de l'ordinateur (carte mère, disques, lecteurs optiques, etc.). L'ouverture du boîtier d'une tour est souvent très simple ; en général, le carter du côté gauche lorsqu'on regarde l'unité de face est celui qui donne accès aux éléments situés à l'intérieur du boîtier. Toutefois, celui-ci est quelquefois « enveloppant », c'est-à-dire qu'il se compose du côté droit, du dessus et du côté

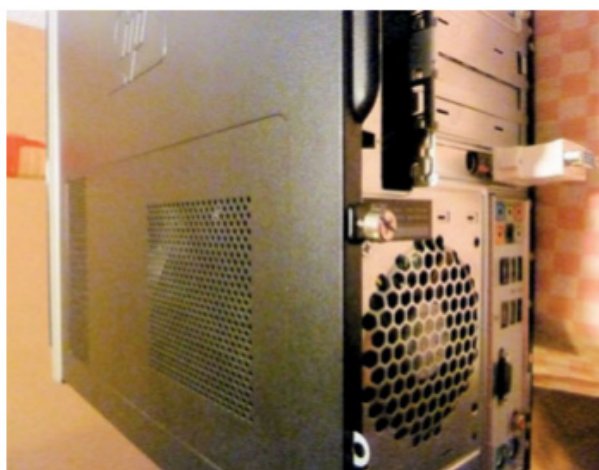


Figure 7-3. Vue arrière d'une tour, carter droit et vis de retenue

gauche formant un couvercle en forme de U. Quelle que soit sa forme, l'ouverture se fait la plupart du temps en glissant le carter qu'on désire ouvrir vers l'arrière après avoir enlevé les vis de fixation qui se situent à l'arrière (ou parfois un verrou mécanique à déverrouiller). Pour un boîtier desktop, c'est le couvercle supérieur qui devra être ouvert.



Notez qu'il y a quelquefois des blocages de protection du carter, souvent ils peuvent être libérés facilement mais il peut aussi y avoir des verrouillages de sécurité exigés dans certaines entreprises.



Figure 7-4. Vue intérieure d'une tour, carter droit ouvert

La disposition des éléments à l'intérieur d'une tour diffère peu d'un ordinateur à l'autre. On trouve en général (vue du carter droit enlevé) :

- en haut à gauche, les lecteurs périphériques (lecteur de disquette, lecteur-graveur de CD/DVD et disques durs – ceux-ci pouvant se trouver également en bas à gauche) ;
- en haut à droite, le bloc alimentation ;
- enfin, en bas, la carte mère avec ses accès orientés vers la face arrière pour y insérer les cartes des périphériques, ainsi que les différents connecteurs (clavier, souris, USB, réseau, etc.).

Pour un desktop, la carte mère se trouve au fond du boîtier, tandis que les différents périphériques de stockage sont situés vers la face avant, et le bloc d'alimentation en général sur un des côtés.



Figure 7-5. Unité centrale de type desktop

Si vous poursuivez le démontage, vous devrez ôter les cartes (vidéo, réseau, USB, etc.) de la carte mère. Ces dernières sont le plus souvent fixées au boîtier à l'arrière par leur étrier, lui-même maintenu en place par une vis. Pour les enlever, retirez-les de leur connecteur par l'intérieur du boîtier en angle droit par rapport à la carte mère pour dégager leur connecteur interne (les reliant à la carte mère) ainsi que le bas de l'étrier (qui est maintenu au bord de la fente du boîtier correspondant à la carte extraite).

#### Présence d'un ergot

Notez que certaines cartes possèdent, à l'extrémité de leur connecteur interne, un ergot qui se loge dans un dispositif de verrouillage, situé sur la carte mère. Cela évite leur déconnexion intempestive (cartes lourdes) lors du transport des unités.



Figure 7-6. Carte vidéo démontée (notez l'ergot et le verrou du connecteur)

Si vous devez démonter le bloc alimentation, après avoir déconnecté ses différents câbles de la carte mère et des périphériques (veillez à bien repérer les emplacements des connecteurs), retirez simplement les vis le reliant au boîtier. Ces dernières se situent en général à l'arrière de l'unité. Vous devrez



parfois, dans les petits boîtiers (desktop ou µATX), faire un peu de place autour du bloc pour pouvoir l'extraire sans endommager les circuits de la carte mère.

Enfin, si vous devez extraire la carte mère de l'unité, déconnectez-la tout d'abord complètement en repérant bien les différents câbles et connecteurs pour le remontage. La carte est fixée au boîtier par de multiples vis qu'il suffit de retirer. Elle doit ensuite s'ôter très aisément du boîtier. Là encore, vous devrez peut-être démonter d'autres éléments de l'unité (un ventilateur, par exemple) pour y parvenir sans la soumettre au contact de parties qui pourraient endommager ses circuits.

### Attention à la reconnexion !

Les connecteurs reliant les éléments fixes du boîtier (voyants lumineux, interrupteurs, haut-parleur, connecteurs de façade...) ne sont pas souvent munis de détrompeurs. Aussi est-il facile de se tromper lors de la reconnexion soit en les inversant, soit en inversant le sens de connexion. Je vous conseille de numéroté les câbles et les connecteurs par des traits de feutre indélébile. Vous devrez souvent réaliser un petit plan à main levée pour dissiper tout risque d'erreur à la reconnexion, surtout si celle-ci doit avoir lieu plusieurs jours ou semaines après le démontage. Repérez, en particulier, la couleur des fils pour ne pas inverser le sens de branchement d'un câble et éviter ainsi quelques fumées fort désagréables.

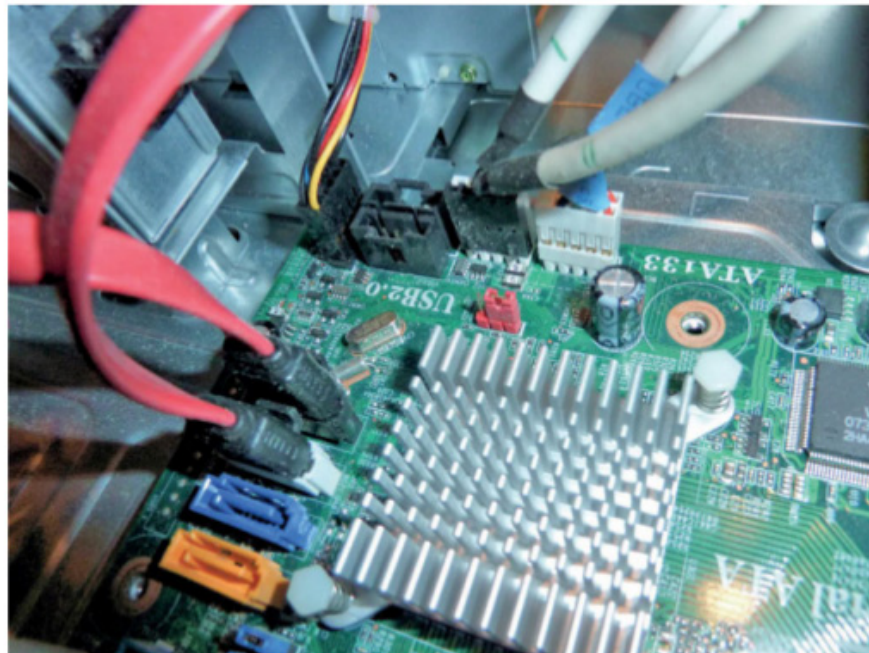


Figure 7-7. Câbles de connexion à la carte mère

Le remontage se fera bien entendu dans le sens inverse en prenant toutes les précautions d'usage pour protéger les circuits, câbles connecteurs, périphériques, etc. Avant d'effectuer un remontage complet, je vous recommande de réaliser les étapes suivantes de maintenance préventive (elles pourraient se révéler payantes par la suite en préservant l'appareil).



- 1 À l'aide d'un pinceau et d'un aspirateur, ôtez la poussière de tous les filtres, grilles d'aération, radiateurs et ventilateurs ; insistez bien en démontant si nécessaire le ventilateur, les radiateurs de refroidissement du processeur et les composants de la carte vidéo.
- 2 Procédez de même pour toutes les autres surfaces présentant des traces de poussière.
- 3 À l'aide d'une bombe de nettoyant pour contacts, nettoyez ensuite les connecteurs.
- 4 Enfin, remplacez la pâte thermique située entre les circuits (processeur, vidéo...) et la surface de contact du radiateur après démontage et nettoyage à l'alcool isopropylique. La pâte thermique qui permet un refroidissement optimal des composants à forte consommation électrique peut en effet sécher et devenir très inefficace au bout de quelque temps.



Figure 7-8. Microprocesseur et pâte thermique



N'aspirez jamais directement la poussière avec le tuyau de l'aspirateur qui risquerait de faire des dégâts au niveau des circuits et composants à la manière d'un éléphant pénétrant dans un magasin de porcelaine. Utilisez un pinceau doux pour décoller la poussière en tenant le tuyau de l'aspirateur à proximité.

## DIAGNOSTIC DES DÉFAILLANCES DES ORDINATEURS DE BUREAU

### L'ordinateur ne s'allume pas

Les causes de ce dysfonctionnement général peuvent être multiples : en partant du câble d'alimentation électrique, en passant par le socle récepteur de ce câble qui peut être défectueux, le bloc alimentation en lui-même mais aussi la carte mère ou ses périphériques. Il va donc falloir procéder par élimination et dans le bon ordre.

Tout d'abord, éliminer rapidement les défauts d'arrivée de la tension du secteur sera facile. Vous devrez ensuite vérifier si le bloc alimentation est défectueux ou non. Dans ce dernier cas, c'est donc la carte mère ou l'un de ses périphériques qui sera la cause de ce dysfonctionnement.

Le test d'une alimentation d'ordinateur isolée est en général facile, le chapitre 11 consacré au dépannage des alimentations décrit les possibilités de test. Une façon plus simple est de permuter une alimentation suspecte par une autre de même type ou équivalente et réputée fonctionnelle. Les alimentations ont des tailles physiques et des puissances différentes mais sont assez largement interchangeables pour un test de courte durée. Bien que les connecteurs d'alimentation des cartes mères soient normalisés, certaines ont des connecteurs spéciaux pour les cartes mères utilisant des processeurs puissants. Il faut donc choisir une alimentation de test selon ces critères.

Bien entendu, si l'ordinateur démarre avec l'alimentation permutée, le doute est levé et le bloc alimentation est à changer ou à réparer, ce que je préfère bien que financièrement, vu le faible coût d'un bloc alimentation (en tout cas pour les blocs standards de faible puissance), le dépannage ne soit guère rentable. Sur le plan de la satisfaction personnelle, il en va différemment, n'apprend-on pas en réparant ? Je reste persuadé que chaque panne élucidée est une source d'apprentissage toujours utile pour la suite. C'est ce qu'on appelle l'expérience je crois !

En revanche, si l'alimentation est fonctionnelle, il faudra rechercher la cause au niveau de la carte mère et de ses périphériques. Au niveau de la carte mère, les deux raisons majeures sont :

- le signal de commande d'alimentation n'est pas transmis à l'alimentation (cas des alimentations de type ATX et ultérieures) ;
- un court-circuit ou une surcharge des lignes d'alimentation empêche l'alimentation de fournir ses tensions (mise en sécurité).

Dans la première situation, il y a fort à parier que la carte mère est fautive, et dans le meilleur des cas, c'est le microprocesseur qui sera défectueux.

Dans le second cas de figure, il sera parfois très instructif de débrancher tous les périphériques de la carte mère, et de vérifier si la mise sous tension s'effectue alors. Si elle se fait, la remise un par un des périphériques désignera le coupable qu'il suffira de remplacer (ou réparer, mais cela est souvent très délicat voire impossible en raison de l'absence totale de documentation technique de maintenance et de la présence de composants spécifiques). J'ai vu ainsi fréquemment des courts-circuits engendrés par des cartes vidéo haut de gamme défectueuses (car comme toujours : puissance = échauffement = fiabilité moindre).

N'oubliez pas, dans cette phase de recherche, de déconnecter également les barrettes mémoire susceptibles elles aussi de perturber le fonctionnement global d'une unité.

Pour continuer, vous aurez besoin d'un affichage vidéo. Dès lors, comment s'assurer que la carte vidéo n'est pas la cause du problème ? Si les circuits vidéo sont intégrés à la carte mère, on ne pourra pas les dissocier. En revanche, s'il s'agit d'une carte périphérique, son retrait de l'unité centrale pourra régler le problème de mise en route électrique, ce qui sera déjà un indice de sa probable culpabilité. Cependant, vous ne pourrez pas « voir » ce qui se passe vraiment sans sortie vidéo (afin de lever le doute lors du diagnostic). Il est bon de savoir que certaines cartes mères possèdent un circuit vidéo intégré inutilisé et qui est mis hors fonction dès qu'une carte vidéo est détectée à la mise en marche. Lorsque la carte vidéo est absente, ces circuits reprennent leur rôle et permettent de connecter le moniteur écran de l'ordinateur. Leur sortie (connecteur VGA en général) est située à l'arrière du boîtier de l'unité et est parfois masquée par un capot plastique pour éviter les erreurs de

branchements de l'écran moniteur PC. L'utilisation des circuits vidéo intégrés vous épargnera l'achat parfois coûteux d'une carte vidéo de remplacement sans être sûr de l'état du reste de l'ordinateur.

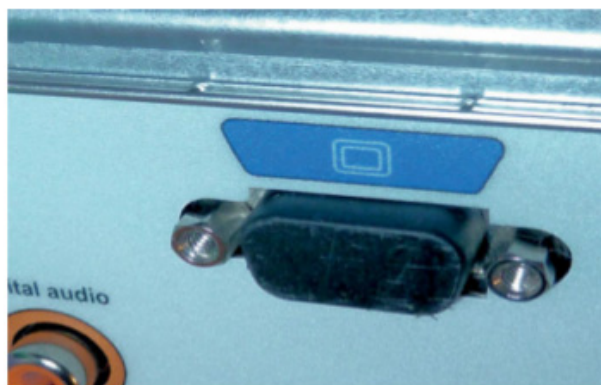
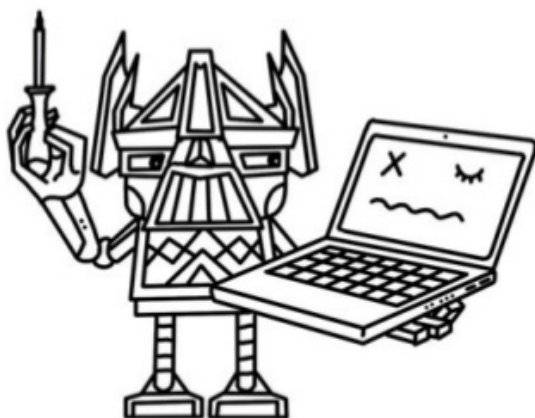


Figure 7-9. Connecteur VGA femelle masqué par un cache sur une tour de PC

### L'ordinateur s'allume mais aucun affichage n'apparaît sur l'écran

L'ordinateur se met en marche électriquement, le voyant de mise sous tension s'allume, le ou les ventilateurs fonctionnent mais aucune image n'apparaît. Il y a fort à parier que la carte mère ou l'un de ses périphériques est en cause. On vérifiera tout de même les tensions issues de l'alimentation avant de procéder à la déconnexion des périphériques et des barrettes mémoire pour déceler éventuellement le fautif. Il se peut aussi que l'unité émette plusieurs bips sonores dont la signification peut être trouvée dans la documentation relative à la carte mère. La panne peut également être due à la défaillance du processeur ; seul le remplacement de ce dernier par un modèle équivalent ou compatible (nécessitant peut-être des réglages adaptés sur la carte mère à l'aide de cavaliers ou de paramètres du BIOS) pourra lever le doute, mais il y a un inconvénient, car si le processeur a été détruit par sa carte mère défaillante, le résultat risque d'être le même avec le nouveau. Le mieux est de pouvoir essayer son microprocesseur sur une autre carte mère fonctionnelle. Bien évidemment, cette fois encore, le processeur défectueux peut détruire la carte mère servant à l'essai ; mais pour ma part, je n'ai jamais rencontré de tel cas.



Si la recherche se révèle infructueuse, la carte mère reste le dernier élément suspecté : son dépannage relève de la difficulté extrême (absence de documentation) mais on pourra cependant vérifier les tensions au niveau des condensateurs de filtrage (électrochimique) et des régulateurs de tension éparpillés sur la carte. Ils sont repérables par leur aspect et leur fiche technique (*datasheet*) renseignera sur leur rôle.



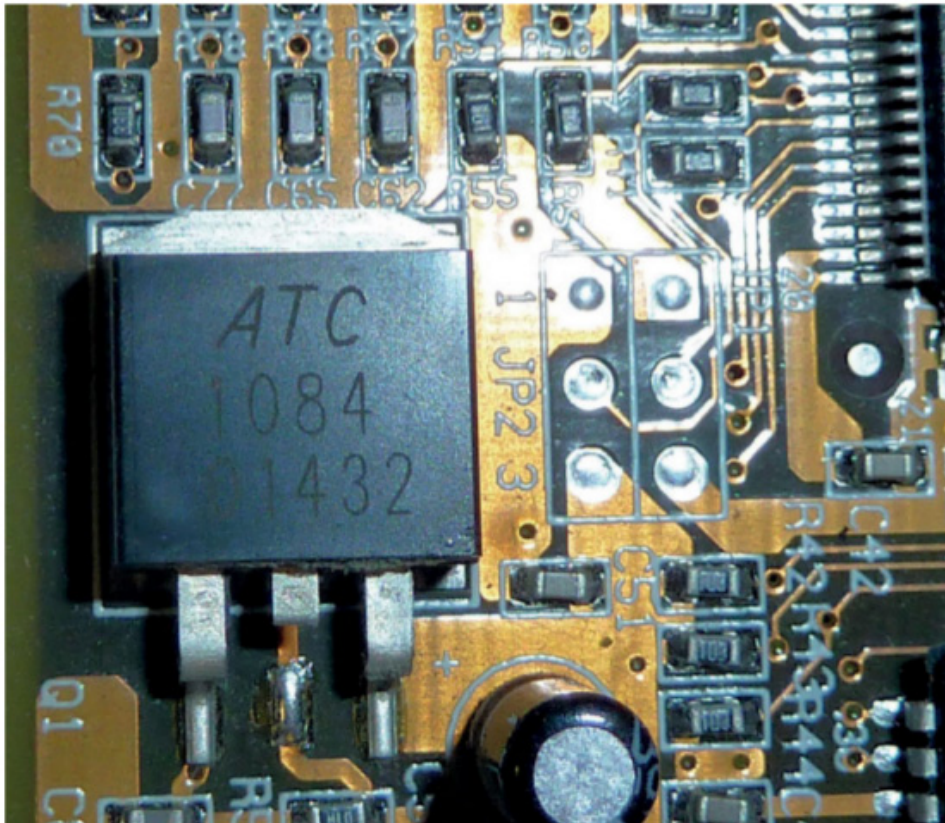


Figure 7-10. Circuit régulateur de tension ATC1084 situé près de son condensateur de filtrage

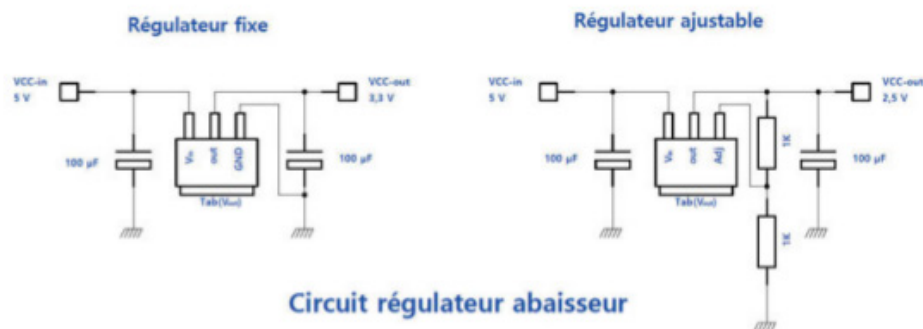


Figure 7-11. Exemple d'utilisation d'un circuit régulateur abaisseur de tension

Il existe également de multiples circuits d'alimentation à découpage, disposés à divers endroits de la carte mère, qui délivrent des tensions nécessaires auprès des composants les utilisant. Ces circuits sont identifiables car ils utilisent des inductances facilement reconnaissables. Vous devrez vérifier leur fonctionnement à l'aide d'un oscilloscope qui doit visualiser un signal pulsé de quelques dizaines de kilohertz sur l'une des broches de chaque inductance.

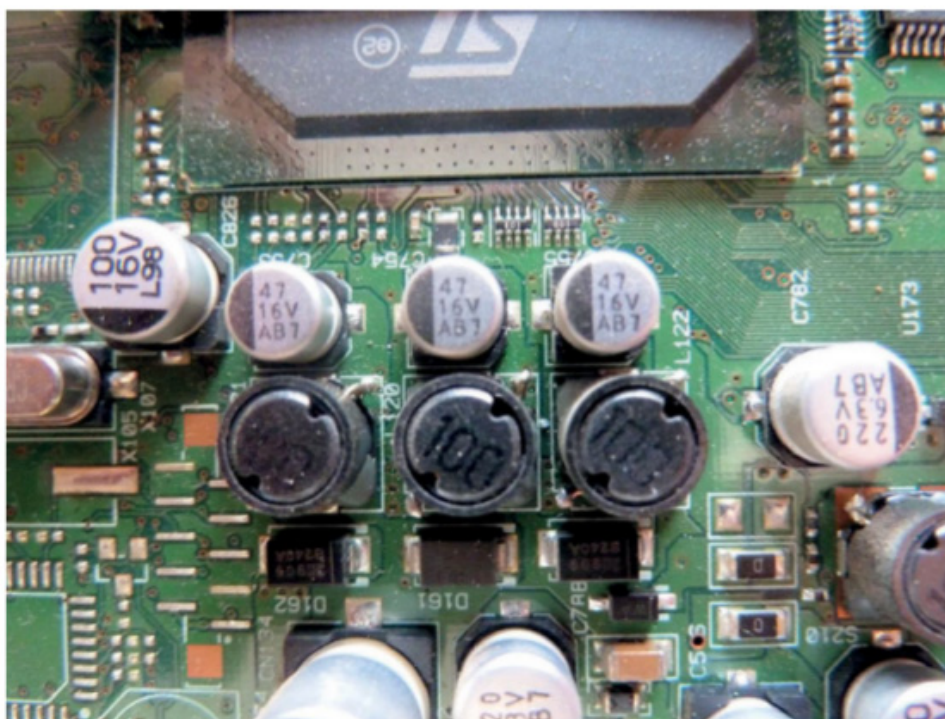


Figure 7-12. Quelques inductances de régulateurs à découpage sur une carte mère

L'ordinateur s'allume et un affichage apparaît mais il ne s'initialise pas

L'ordinateur se met en marche électriquement, le voyant de mise sous tension s'allume, le ou les ventilateurs fonctionnent, une image apparaît (le plus souvent un texte), mais l'ordinateur ne parvient pas à initialiser son système d'exploitation. Dans ce cas, il y a de l'espoir ! En effet, la présence d'une image ou d'un texte indique que le fonctionnement des circuits est certes imparfait et partiel mais non nul, en particulier le processeur : le problème est soit électronique, soit dû au logiciel.

Essayons de déterminer la cause, sachant que le dépannage du logiciel n'entre pas dans le cadre de ce livre, en procédant par ordre !

- 1 Tentez d'abord une initialisation du système par un CD ou une clé USB afin de voir si le problème n'est pas dû au logiciel ou au disque dur sur lequel ce logiciel est chargé.
- 2 Faites une observation visuelle très attentive de la carte mère à la recherche de traces de surchauffe, de brûlures ou de condensateurs électrochimiques « gonflés ». Cela peut aussi vous guider vers le chemin qui mène à l'intrus.
- 3 Observez bien les textes apparaissant à l'écran et pouvant indiquer une défaillance sous la forme d'un message d'erreur (par exemple *No keyboard present* qui vous guidera vers la cause du problème).
- 4 Si le clavier est opérationnel, essayez de passer en mode « paramètres du BIOS ». Le plus souvent, la façon de se rendre dans les réglages du BIOS apparaît à l'écran (F2, par exemple) ou tentez d'enfoncer la touche Suppr. ou Delete durant la phase d'allumage. Relevez alors si la date



est correcte, si la configuration indiquée est conforme (type de processeur, mémoire installée, unités de stockage installées, etc.). À ce stade, certaines cartes mères permettent également de vérifier les tensions d'alimentation et la température des circuits. Ces vérifications pourront vous mettre sur la piste de l'élément fautif.

- 5 Tentez de remettre les paramètres par défaut du BIOS, cela se fait par une touche de fonction indiquée dans le menu des paramètres BIOS. N'oubliez pas de sortir de ces paramètres en sauvegardant les modifications. Vérifiez alors si l'ordinateur peut initialiser le système.
- 6 Passez à la vérification des tensions sur les circuits internes de la carte mère et surtout de leur « bruit » qui ne doit pas dépasser 100 mV crête à crête. Dans le cas contraire, vérifiez ces circuits et leurs condensateurs de filtrage (électrochimiques).



Si un ordinateur perd l'heure ou la date ou retarde entre deux allumages, c'est un signe de fatigue de la pile de maintien des paramètres qui risquent alors d'être trop perturbés pour permettre le fonctionnement normal de l'ordinateur. Changez immédiatement cette pile pour éviter de tels problèmes.

Dans l'exemple des condensateurs gonflés sur la figure 7-13 (il y en avait neuf mais seulement deux avaient des valeurs mesurées au multimètre très incorrectes, ils ont naturellement tous été remplacés), l'ordinateur s'arrêtait au moment de l'initialisation en indiquant la quantité de mémoire vive installée correcte. En retirant une barrette mémoire sur les deux présentes, l'ordinateur s'initialisait et fonctionnait correctement, un premier soupçon s'orientait donc sur la barrette mémoire. Toutefois, cette même barrette, d'abord retirée puis réinstallée seule, permettait également le fonctionnement correct de l'ordinateur. Il ne s'agissait donc pas d'une barrette défectueuse. L'observation de la carte a vite révélé les condensateurs « gonflés ». Si, comme je le préconise, j'avais commencé par cela, j'aurais évité les essais des cartes mémoire. Faites ce que je dis, pas ce que j'ai fait, et portez toujours une attention particulière à l'observation visuelle d'un appareil en début de diagnostic !

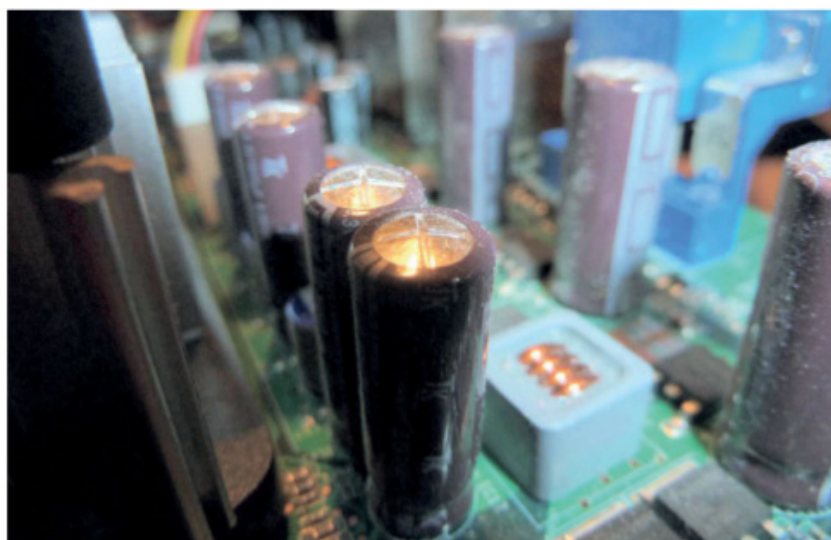


Figure 7-13. Condensateurs « gonflés » sur une carte mère



Le remplacement des neuf condensateurs (tous de la même valeur) a permis de rendre le fonctionnement de la carte stable. Un réparateur aurait diagnostiqué avec raison une carte mère défectueuse et probablement vendu un autre ordinateur vu le coût d'une carte mère, de son processeur et de sa mémoire (qui auraient inmanquablement été remplacés). Cet exemple montre d'une part combien il est facile de donner un mauvais diagnostic et, d'autre part, combien il est important d'effectuer un examen visuel attentif, ce qui permet de faire gagner du temps et souvent de l'argent.

Si le problème vient du logiciel, ce peut être une défaillance de l'unité disque sur laquelle est installé le système d'exploitation. Des logiciels de test des unités de disques permettront alors de voir si ce dernier est défectueux. Si ce n'est pas le cas, il se peut qu'un virus ou toute autre cause ait détruit ou endommagé les données du logiciel qui devra donc être réinstallé.

Enfin, la mémoire peut aussi être la cause de ce problème. Vous trouverez facilement sur Internet des logiciels de test intensif de la mémoire (Memtest86, par exemple) qui permettent de juger de la qualité de cette dernière.

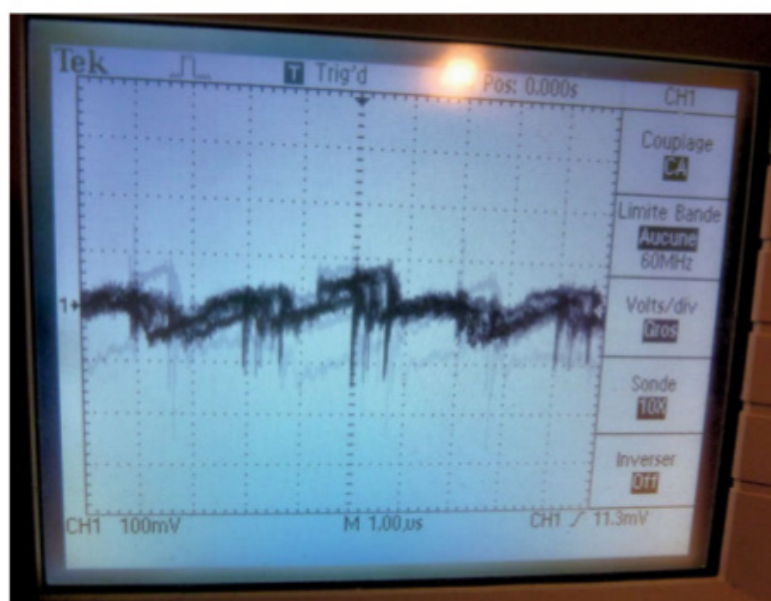


Figure 7-14. Bruit anormalement élevé au niveau d'une ligne d'alimentation

### L'ordinateur s'allume mais s'avère très instable

Dans cette situation je vous recommande de reprendre les étapes du cas précédent. Le plus souvent il s'agira d'un problème dû à des condensateurs, au processeur ou à une barrette mémoire défectueuse, ou bien encore d'une carte mère bien malade. Puisqu'un fonctionnement est constaté, vous pourrez tenter de vérifier le bon fonctionnement de la mémoire à l'aide du logiciel Memtest86 (par exemple). Ce dernier permet un test hors système d'exploitation ; on le trouvera en téléchargement gratuit. Vous pourrez le graver sur CD ou DVD ou même une clé USB pour ensuite le charger et initialiser tout ordinateur. Veillez à bien paramétrer les options du BIOS de l'ordinateur afin que l'unité CD/DVD ou la liaison USB soit utilisée pour amorcer le système.

### Le casse-tête des pannes intermittentes

Les problèmes de stabilité et les pannes intermittentes sont les plus difficiles à déceler et à réparer. On ne sait jamais pourquoi ces pannes ne se manifestent que très rarement devant le réparateur et toujours trop furtivement pour laisser le temps au diagnostic. De plus, leur réparation est souvent ardue car aucun élément n'est vraiment totalement défectueux, aussi la panne qui semble avoir disparue peut à tout moment réapparaître lorsque le réparateur n'est plus là.

À moins bien entendu que le logiciel ne soit la cause de tout cela et provoque les instabilités. Pour effectuer un test de l'ordinateur sans le système d'exploitation (Windows en général), téléchargez une version Linux (Ubuntu, par exemple), gravez le disque d'installation sur un DVD et chargez ce DVD en mémoire. Il existe en effet dans Ubuntu (entre autres) une option d'essai du logiciel qui ne s'installe pas mais fonctionne uniquement en mémoire. Ce test permettra de se rendre compte de la stabilité de la machine sans toutefois prouver à 100 % que le problème est dû au système d'exploitation ou au disque dur.

Pour contrôler l'instabilité d'un ordinateur et tenter de déterminer si elle vient de l'installation du système d'exploitation ou de l'électronique, vous pourrez installer un disque dur temporaire et réinstaller le système d'exploitation, ou utiliser une version de Linux permettant un test sans installation.

Le disque dur sur lequel est installé le système peut également être à l'origine d'instabilités. S'il ne peut être réparé par l'utilitaire de vérification Windows ou un utilitaire spécifique du fabricant, il devra être remplacé et le système d'exploitation totalement réinstallé.

## RÉPARATION DES ÉLÉMENTS D'UN ORDINATEUR DE BUREAU

Nous avons vu l'architecture interne d'un ordinateur de bureau, qui est toujours la même. Aussi, nous allons désormais passer en revue les différents éléments constitutifs d'un ordinateur et leur remise en état de marche.

Le boîtier, constitué de quelques connecteurs, câbles de liaisons, voyants et interrupteurs, se révèle facile à dépanner, le plus compliqué étant de trouver les interrupteurs, parfois spécifiques, ce qui nécessite quelquefois à un petit retravaillage du boîtier pour y adapter un composant différent. Par ailleurs, il est aisé de réparer les câbles et connecteurs et de les trouver en remplacement.

### Carte mère et cartes périphériques

La documentation au niveau de ces cartes et de leurs composants est si rare que leur dépannage sera très souvent impossible mis à part ce qui concerne leurs alimentations internes (condensateurs ou régulateurs de tension) comme nous l'avons vu précédemment. Bien entendu, faisant partie de la carte mère, les barrettes mémoire ou le processeur pourront se révéler défectueux et être changés, mais non dépannés en eux-mêmes.



Figure 7-15. Vue de dessus d'un microprocesseur

Un microprocesseur, systématiquement monté sur un support avec verrouillage, sera toujours facile à remplacer. Cependant, vous devrez être très méticuleux pour démonter son radiateur. De plus, lors de la remise en place du processeur, il vous faudra utiliser de la pâte thermique à placer sur la surface du processeur en contact avec le radiateur, après avoir soigneusement dégraissé et nettoyé les surfaces mises en contact (alcool isopropylique).

Le reste des circuits d'une carte mère, ceux d'une carte vidéo (y compris la mémoire en général soudée et non amovible) ou d'une carte d'interface seront rarement réparables et le coût d'une carte de remplacement ne justifierait pas les innombrables heures qu'il faudrait y passer, souvent en pure perte. Toutefois, je respecte les puristes qui s'aventureraient dans ce projet de réparation car ils y apprendront sûrement beaucoup, même en cas d'échec.

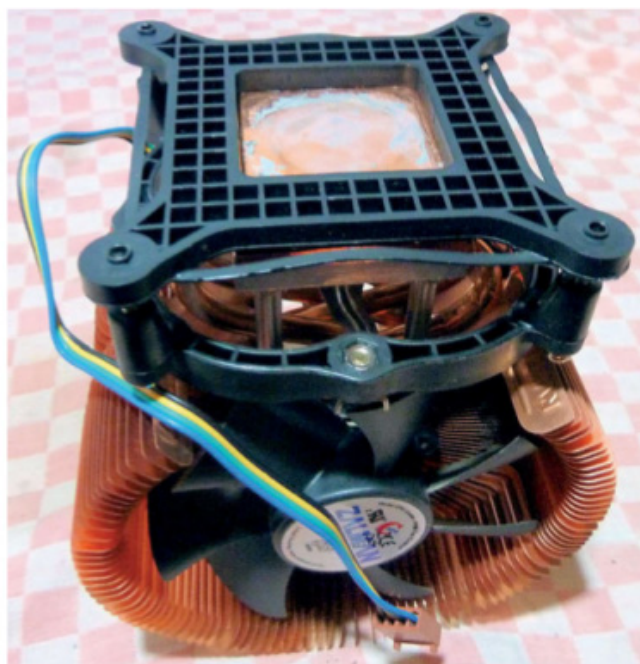


Figure 7-16. Radiateur de microprocesseur

Pensez également que bon nombre de cartes d'ordinateur comportent des micrologiciels (*firmware*) au sein de mémoires ROM.

#### Respectez les caractéristiques de la carte mère

Lors du remplacement d'une ou plusieurs barrettes mémoire, soyez attentif aux caractéristiques de la carte mère (type de mémoire supportée, vitesse et capacité maximales autorisées par barrette et au total). Certaines cartes mères sont très sensibles et le choix de la mémoire adéquate est primordial.

De même, on ne peut pas mettre n'importe quel microprocesseur sur une carte mère. Reportez-vous aux prescriptions du fabricant pour choisir les bons composants.



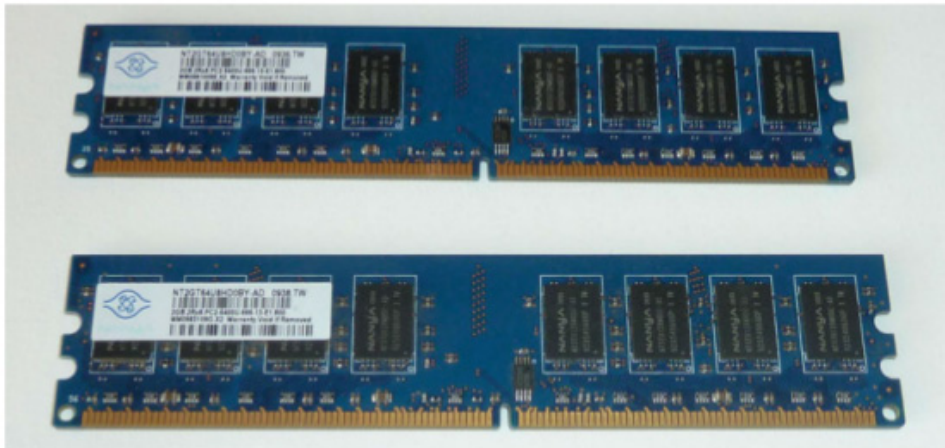


Figure 7-17. Barrettes mémoire d'ordinateur de bureau

### Changement de la pile de la carte mère

Lorsque l'ordinateur perd la date, l'heure retarde régulièrement ou signale une erreur au moment de la mise sous tension (*checksum error*) ; il est très probable qu'il souffre de l'épuisement de sa pile de sauvegarde du BIOS (paramètres de mise sous tension). En effet, tout ordinateur de bureau a besoin de garder en mémoire ses paramètres de démarrage ainsi que l'heure et la date, cela se fait dans ses circuits BIOS qui restent alimentés alors même que l'ordinateur est débranché.

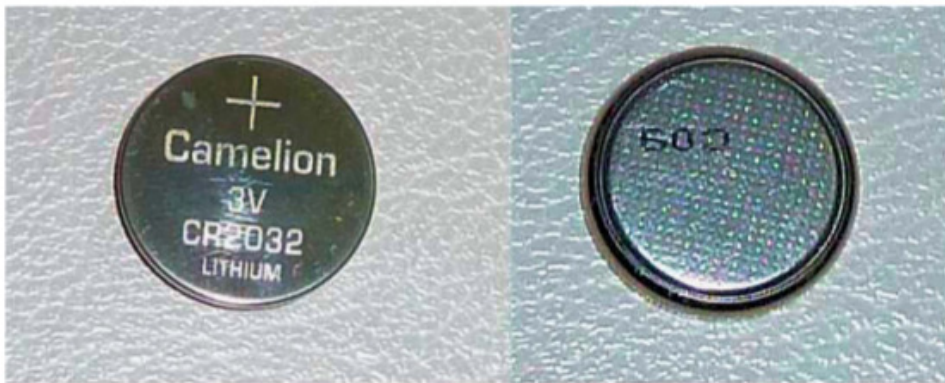


Figure 7-18. Pile CR2032 au lithium pour ordinateur de bureau

Il suffit donc de changer la pile ou la batterie qui maintient ces circuits sous tension. L'accès à cette pile est aisé, car elle se situe sur la face côté composants de la carte mère, placée dans un support qui permet son échange instantanément. Pour changer l'élément, prenez soin de vous procurer un modèle parfaitement identique (en général CR2032). Lorsque la pile est retirée de son support, l'alimentation de l'ordinateur étant débranchée, on utilisera le petit cavalier amovible (*jumper*) qui permet de remettre à zéro les paramètres du BIOS avant de placer la nouvelle pile dans son support (voir la documentation de la carte mère en cas de doute).

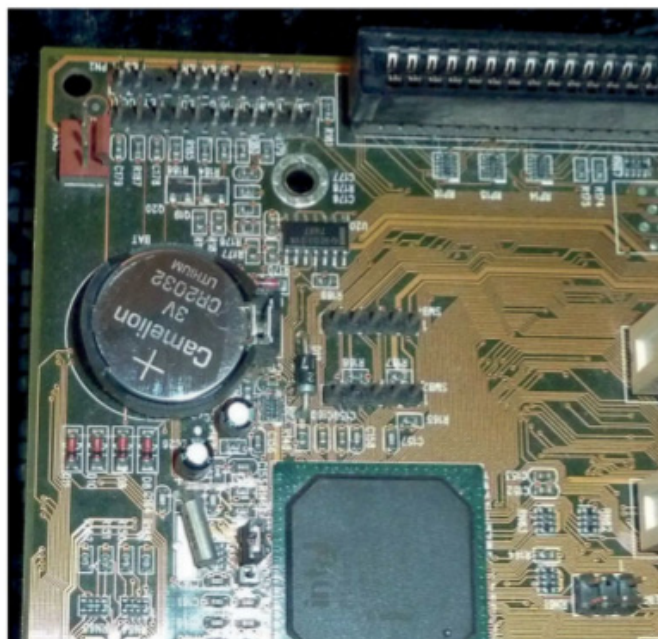


Figure 7-19. Pile CR2032 dans son support

À la prochaine mise en marche de l'ordinateur, vous devrez paramétrer à nouveau le BIOS. Il existe en général une option permettant de recharger les paramètres par défaut nécessaires au démarrage. N'oubliez pas cependant de modifier heure et date et, pour certaines cartes, d'adapter les paramètres du processeur utilisé.

### Alimentations

Les alimentations d'ordinateurs sont à découpage ; elles sont, comme toutes les alimentations, sujettes à des pannes et en général assez facilement réparables. Bien que leur faible coût de remplacement et le handicap que représente un ordinateur immobilisé dissuadent souvent le propriétaire de recourir au dépannage préférant un remplacement quasi immédiat, vous pouvez vous référer au chapitre 11 pour réparer une alimentation d'ordinateur.



Figure 7-20. Bloc alimentation de type ATX standard pour ordinateur de bureau

Une seule particularité à comprendre concerne les alimentations télécommandées par la carte mère (100 % des alimentations récentes) et pour lesquelles il faudra, lors des tests à effectuer hors connexion à la carte mère, générer le signal de mise en marche (Power on).



Les connecteurs reliant les alimentations à la carte mère et aux périphériques sont normalisés et vous permettront d'identifier rapidement les différents signaux échangés avec la carte mère.

### Unités de stockage (disques durs, CD/DVD...)

Certains témoignages relatent des dépannages réussis ; cependant, le nombre de cas possibles me semble très limité et, une fois de plus, notez le faible coût des matériels de remplacement qui est de plus en constante évolution, permettant d'obtenir de meilleures performances ou un volume de stockage plus important.



Figure 7-21. Disque dur IDE 3,5 pouces pour ordinateur de bureau

Certains disques durs peuvent être réparés, semble-t-il (je n'en ai pas fait l'expérience), si le problème vient de l'interface électronique et non pas du disque en lui-même. En changeant la partie électronique récupérée sur un autre disque parfaitement identique (attention au micrologiciel), cela permet ainsi de récupérer des données. Ces platines électroniques se trouvent parfois sur les sites d'enchères sur Internet.

Les unités CD/DVD/Blu-ray peuvent présenter des problèmes relatifs au tiroir ou dispositif de prise en charge du disque, le problème étant le plus souvent mécanique ou provoqué par une courroie rompue ou détendue. Dans tous les cas, on vérifiera la propreté et la liberté de mouvement de toute la mécanique de ces unités.

En cas d'erreurs de lecture, d'écriture ou de reconnaissance d'un disque, un nettoyage méticuleux de la lentille de la diode laser peut être tenté (alcool isopropylique) à l'aide d'un coton-tige.



Si vous devez remplacer votre disque dur, outre la possibilité de choisir un disque de plus grande capacité, il existe une option intéressante consistant à utiliser un disque SSD, qui est un disque solide ; c'est en fait une mémoire de très grande capacité et très rapide. L'utilisation d'un de ces disques, qui ne mettent en jeu aucun élément mécanique, permet de multiplier les performances d'un ordinateur de façon incroyable. Ils sont certes un peu plus chers, mais la dépense vaut l'économie faite sur le changement d'ordinateur repoussé à beaucoup plus tard.



Lors du remplacement d'un disque dur par un disque de plus grande capacité, soyez attentif aux caractéristiques de la carte mère (interface IDE ou SATA...) et à ses possibilités d'accepter un disque de capacité plus importante.

Ces disques existent en plusieurs formats spécifiques aux ordinateurs portables récents, et en particulier en format SATA 2,5 pouces qu'il est possible d'utiliser dans un ordinateur de bureau à l'aide d'un adaptateur 2,5 pouces vers 3,5 pouces (souvent vendu en option avec ces disques). La dénomination « disque » est évidemment imparfaite pour cette technologie qui n'a rien de circulaire !

## Ordinateurs portables

### ARCHITECTURE DES ORDINATEURS PORTABLES

Les ordinateurs portables sont constitués :

- d'une carte principale comportant l'ensemble des circuits à l'exception :
  - des circuits d'alimentation toujours externes (bloc secteur) ;
  - des circuits vidéo qui se présentent parfois sous forme d'une carte enfichable (mais ils sont souvent intégrés à la carte mère donc non remplaçables) ;
  - des circuits d'alimentation du rétroéclairage souvent situés dans le couvercle écran ;
- de périphériques de stockage :
  - disque dur conventionnel (plateaux magnétiques à rotation mécanique) ;
  - ou disque SSD, en fait une mémoire à semi-conducteurs utilisée comme stockage de masse ;
  - lecteur et/ou graveur optique multimédia CD et/ou DVD et/ou Blu-ray ;
- de dispositifs auxiliaires tels que :
  - dispositif de pointage (pavé tactile/touchpad) ;
  - interrupteurs de commandes et voyants ;
  - haut-parleurs ;
- de connecteurs d'entrées-sorties :
  - USB ;
  - Sortie écran VGA, DVI ou HDMI ;
  - lecteur de carte mémoires...

## DÉMONTAGE DES ORDINATEURS PORTABLES

Le démontage d'un ordinateur portable est souvent délicat : la casse du boîtier est malheureusement facile si on ne s'y prend pas correctement, pire, le risque d'endommager une nappe de liaison ou un composant est grand. Il convient donc de procéder dans le bon ordre et avec délicatesse et, malheureusement, cela ne s'invente pas mais répond à un ordre bien précis. En effet, la taille, le poids et la forme des ordinateurs portables ont priorité sur les considérations de dépannage et ces appareils ne sont pas conçus pour être démontés. Seul l'accès aux éléments majeurs (mémoire, disque et parfois refroidissement et processeur) sont assurés par des trappes amovibles afin de permettre les modifications ou remplacement de ces éléments.



Figure 7-22. Lecteur/graveur de DVD pour ordinateur portable. Notez la patte de la vis de fixation.

Pour le reste, il faut considérer le boîtier de base sur lequel se trouvent le clavier et le couvercle écran. Dans tous les cas, l'ordre suivant devra être respecté.

- 1 Retrait de la batterie.
- 2 Ouverture et retrait des différentes trappes d'accès.
- 3 Retrait du lecteur/graveur optique : une vis située en dessous de l'ordinateur positionnée au niveau de l'extrémité interne du lecteur/graveur retient ce dernier. Une fois la vis retirée, le lecteur pourra être extrait en le tirant vers l'extérieur.
- 4 Retrait du disque dur (si accessible sans démontage du boîtier) : en général ce disque est enfoncé dans son connecteur et peut être retiré facilement par la trappe d'accès. Il est quelquefois englobé dans un « caddie » et/ou vissé au châssis de l'ordinateur.
- 5 Retrait du clavier : pour ce faire, le clavier est en général clipsé dans son logement, et il faut glisser une lame de couteau ou de tournevis fin dans sa partie supérieure en contact avec le logement pour déclipser et soulever ce dernier qui s'extrait alors par basculement de sa partie arrière. Les claviers sont parfois maintenus solidaires du boîtier par une ou plusieurs vis dissimulées sous un cache à retirer auparavant. Il faut à ce moment prendre garde de ne pas détériorer son câble de liaison plat le reliant à la carte mère et déconnecter ce dernier soit par simple extraction vers l'arrière de son connecteur, soit en déverrouillant au préalable le connecteur.

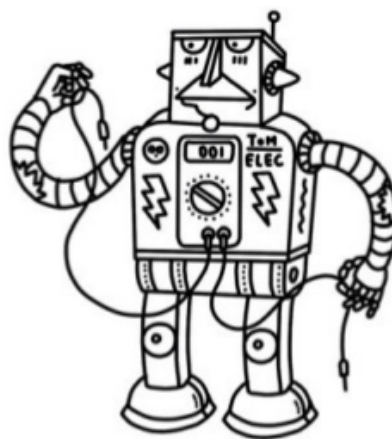




Figure 7-23. Clavier dans son emplacement du capot supérieur

- 6 Dévissage de toutes les vis apparentes du boîtier, y compris les charnières du couvercle.
- 7 Si possible, désolidarisez le couvercle du boîtier en prenant soin de ne pas forcer sur le câble reliant l'écran à la carte mère. Extrayez ce câble de son connecteur si possible.
- 8 À l'aide d'une lame fine pas trop coupante, recherchez tout autour du boîtier les points de fermeture par clipsage du boîtier afin de séparer les deux coques. Attention ! Il reste des câbles à déconnecter (pavé tactile, interrupteurs et voyants, etc.) pour libérer la coque supérieure et quelquefois également la coque inférieure.
- 9 Pour ouvrir le couvercle intégrant l'écran, retirez les vis (souvent cachées par des plots en caoutchouc) et déclipsez ce dernier tout autour.
- 10 Une fois les coques désolidarisées, les opérations délicates sont terminées et l'accès aux différents éléments de l'ordinateur est facile.

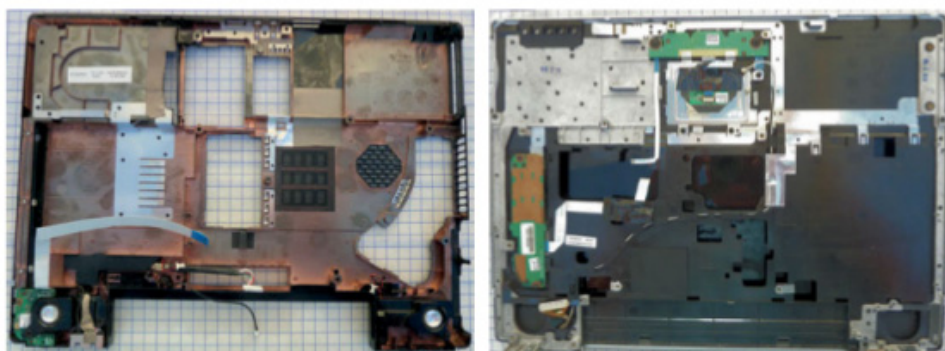


Figure 7-24. Vue des deux demi-coques d'un ordinateur portable



Chaque ordinateur a sa propre logique de démontage et, en l'absence de documentation à ce sujet, il faut chercher et imaginer ce que chaque étape de démontage peut être. Je ne vais pas vous mentir, c'est plus difficile à réaliser qu'à écrire ! Heureusement, il existe souvent sur Internet des tutoriels de démontage bien utiles. Si vous n'en trouvez pas, lorsque vous serez parvenu à démonter votre appareil, pourquoi ne pas en faire profiter la communauté des internautes en écrivant votre propre tutoriel illustré de photos ?



Il est conseillé de prendre des photos des différentes étapes du démontage et de repérer les vis selon leurs emplacements grâce à un plan rapide, afin d'éviter d'endommager l'appareil en plaçant aux mauvais endroits les vis les plus longues ou de diamètre supérieur.

Le remontage se fera en ordre inverse en respectant les câbles et les éléments de la carte mère très fragiles. Il est fréquent de se retrouver avec des vis en trop ou de monter les mauvaises vis qu'il faut alors forcer pour visser. Si c'est le cas attention, une vis trop longue peut endommager le boîtier ou pire, la carte mère.



Démonter un ordinateur portable est une opération très délicate et la casse facile, tout comme la destruction des éléments électroniques, câbles, etc., est fréquente si on ne réalise pas ces opérations avec calme et sans forcer tout en vérifiant les contacts interpestifs toujours possibles avec des éléments pointus (bord de capot, charnières) et ses outils bien entendu. Il est recommandé de dessiner un plan de la position des différentes vis selon leur taille et de l'emplacement des connecteurs. Une série de photos pourra également être utile.

On fera particulièrement attention aux connecteurs qui ont presque toujours une languette de verrouillage (en brun sur l'image précédente) soit à basculement (on tire la languette vers soi pour la faire pivoter de 90°), soit à tirer dans le sens de sortie du câble plat. Il faut également être très prudent en remettant en place les connecteurs coaxiaux des antennes Wi-Fi qui sont très fragiles.

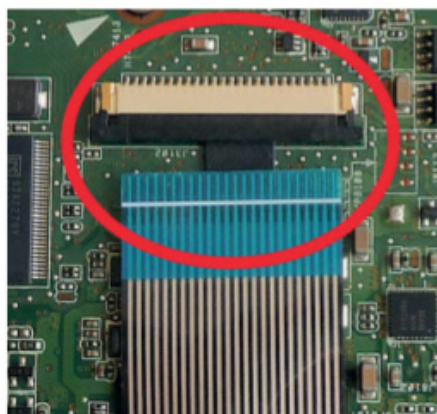


Figure 7-25. Câble plat et son connecteur (au-dessus)

## DIAGNOSTIC DES DÉFAILLANCES DES ORDINATEURS PORTABLES

### L'ordinateur ne s'allume pas

La première vérification à faire sera bien entendu de s'assurer que le bloc alimentation délivre bien la tension et la puissance désirées à l'ordinateur. On ne se contentera pas d'une vérification à vide, il sera bon de placer une ou deux lampes halogènes 12 V - 20 W à 50 W en série, selon la tension délivrée par le bloc alimentation, afin de vérifier son fonctionnement en charge.

Une autre méthode consistera à se confectionner une allonge avec une prise identique afin de pouvoir relever la tension à vide et avec le bloc alimentation connecté. Il arrive fréquemment que le câble de

liaison entre l'alimentation et l'ordinateur soit coupé, mais il est également fréquent que la prise d'alimentation soit défectueuse ou dessoudée car soumise à de nombreuses contraintes mécaniques.

Si ces premiers essais sont concluants, on pourra tenter de déconnecter la mémoire si celle-ci est amovible et voir si l'ordinateur s'allume. Cela sera le signe probable d'une panne due à la mémoire. Dans le cas contraire, le problème sera malheureusement dû à la carte mère ou aux processeurs qu'elle renferme et il reste peu de chance de pouvoir la réparer.



Si la carte mère est défectueuse, son remplacement reste la seule réelle option de réparation. On trouve parfois ces cartes en occasion sur les sites d'enchères ou d'annonces pour un prix acceptable. Neuve, une carte mère à un coût prohibitif face au prix d'un nouvel ordinateur qui sera plus performant. Pensez à mettre en vente pour pièces votre ancien ordinateur.

### L'ordinateur s'allume, l'écran fonctionne mais il refuse d'initialiser le système d'exploitation

Cela peut être un problème de logiciel nécessitant une réinstallation ou une restauration, selon les possibilités offertes par le fabricant. Avant tout, il faudra vérifier l'état du disque dur en le mettant dans un boîtier externe pour le relier à un ordinateur fonctionnel. Vous devrez alors utiliser les outils de diagnostic de disque inclus dans Windows par exemple.

Si le disque est fonctionnel et sans erreur, il faudra tenter une réparation du système d'exploitation avec les outils proposés par ce système, ou réinstaller le système d'exploitation. Si le disque est défectueux, il faudra bien entendu commencer par le remplacer.

### L'ordinateur fonctionne mais est instable

La première des recommandations est de ne pas attendre : cela ne se répare jamais seul et, s'il s'agit bien d'un problème matériel, le temps risque de provoquer des dommages irréversibles, soit au matériel, soit à vos données, surtout s'il s'agit d'un problème de refroidissement dû à l'encrassement des ouïes d'aération.

S'il s'agit d'un problème de logiciel, ne pas attendre non plus, car il pourra s'agir d'un virus qui, avec le temps, finira par infecter le système à un niveau difficilement corrigé. Les investigations à mener doivent être faites dans l'ordre.

- Vérification et nettoyage des dispositifs de refroidissement.
- Passage d'un test mémoire autonome (Memtest86 par exemple).
- Examen du disque dur et correction des erreurs éventuelles soit par un utilitaire autonome, soit par l'utilitaire du système d'exploitation.
- Examen complet par un antivirus à jour.
- Examen complet par un antimalware à jour.
- Application de toutes les mises à jour du BIOS puis du système d'exploitation.

Si le problème persiste, on pourra essayer d'installer un système d'exploitation en plus du système existant à condition d'avoir assez de place sur le disque et surtout quelques talents en matière de logiciel car l'opération n'est pas toujours simple. On pourra aussi tester la stabilité de la machine avec

un logiciel fonctionnant uniquement sur CD/DVD ou clé USB. Là encore, cela n'est pas du ressort du non-spécialiste.



Pour tester un ordinateur instable et tenter de déterminer si l'instabilité vient de l'installation du système d'exploitation ou de l'électronique, on pourra soit utiliser un disque dur temporaire et réinstaller le système d'exploitation, soit utiliser une version de Linux permettant un test sans installation sur le disque.

Tout cela est lourd certes, mais permettra de déterminer si le problème est dû au matériel ou au logiciel. Personnellement, je commencerais, après avoir vérifié la mémoire, à penser à éliminer au plus vite un éventuel problème de refroidissement très courant sur les ordinateurs portables.

### Écran cassé, l'ordinateur fonctionne sur écran externe

Pas d'autre choix que de changer l'écran : un écran cassé ou fêlé est irréparable. Voir page 138 les recommandations concernant le changement d'un écran LCD : elles s'appliquent à un téléviseur, à un moniteur informatique mais également à un ordinateur portable.

### L'ordinateur s'allume : pas d'image, mais il fonctionne sur écran externe

La sortie écran externe permet de vérifier le bon fonctionnement de l'ordinateur sur un moniteur externe.

- **Premier cas** : on peut vérifier à l'aide d'une lampe de poche que l'image est bien présente mais l'écran n'est pas rétroéclairé. Il s'agit d'une panne de rétroéclairage souvent réparable.
- **Deuxième cas** : aucune image n'apparaît, l'écran est probablement hors service et à remplacer. Dans le meilleur des cas, son câble de liaison est mal enfiché ou coupé au niveau de la charnière.
- **Troisième cas** : si on est sûr que l'écran du portable est hors de cause, il y a très peu de risque que l'unité centrale (carte mère) de l'ordinateur soit défectueuse, par contre il peut y avoir un problème au niveau du circuit graphique qui n'est pas toujours enfichable, très coûteux et difficile à trouver. À part si on dispose d'une carte graphique enfichable de secours (récupération ?), le dépannage doit être écarté, son coût et le risque d'échec étant très important.



Il y a parfois plusieurs sorties vidéo (HDMI et VGA par exemple ou SVHS et VGA), et il se peut qu'une sortie soit défectueuse alors que l'autre fonctionne. Il est donc prudent de toutes les tester.

Il m'est arrivé de devoir réparer un ordinateur portable qui s'allumait normalement : l'écran était opérationnel quelques secondes puis il s'éteignait, plus de rétroéclairage, mais l'image était présente (test à la lampe de poche). Par contre, le fonctionnement était normal sur un moniteur externe. Bien entendu, j'ai tout de suite accusé le rétroéclairage de l'écran et j'étais prêt à le remplacer. En réalisant différentes vérifications, je me suis rendu compte qu'en restant dans les réglages BIOS accessibles en début de mise en marche (touche F2 en général), l'écran ne s'éteignait pas ! Conclusion, l'écran et son rétroéclairage étaient hors de cause.

Dès lors, il s'agissait soit d'un problème de logiciel (pilote graphique ?) ou de mise à niveau du BIOS de l'ordinateur. C'est cette dernière option qui était la bonne : une mise à jour du firmware de l'ordinateur a pu régler le problème.





Face à un problème, toujours commencer, si c'est possible, par mettre à jour le micrologiciel (firmware) des cartes mères et appliquer les différentes mises à jour du système d'exploitation et des pilotes de périphériques. Cela évitera une perte de temps dans la recherche des défaillances qui peuvent être dues à des incompatibilités entre les différents éléments logiciels.

### Image déformée, tremblante ou couleurs incorrectes

- **Premier cas** : le fonctionnement sur écran externe n'est pas correct ou inexistant. L'unité centrale (carte mère) de l'ordinateur est en cause. Il s'agit probablement du circuit graphique qui n'est pas toujours enfichable, très coûteux et difficile à trouver. À part si l'on dispose d'une carte graphique enfichable de secours (récupération ?), le dépannage doit être écarté, son coût et le risque d'échec étant très importants.
- **Second cas** : le fonctionnement est correct sur un écran externe, cela est très probablement dû à l'écran de l'ordinateur qui est hors service et à remplacer. Ce cas se constate notamment si les couleurs sont « baveuses », si l'image semble inversée (effet négatif) ou si une forte rémanence provoquant des traînées de couleur apparaît. Dans le meilleur des cas son câble de liaison est mal enfiché ou coupé au niveau de la charnière, mais c'est peu probable.

Le problème peut également être dû à une surchauffe de la carte mère ayant provoqué la destruction de certaines soudures situées sous les circuits intégrés et impossibles à réparer. Toutefois, il arrive qu'on puisse prolonger la vie de l'ordinateur en exerçant une pression mécanique sur le circuit en cause à l'aide d'une mousse ou d'une cale en plastique. Ceci n'est qu'un pis-aller parfois efficace malgré tout.

### Veillez au bon refroidissement de l'ordinateur

En règle générale, les ordinateurs portables chauffent et il arrive souvent que les circuits graphiques ou les cartes mères soient détruits par un excès de chaleur résultant d'un mauvais refroidissement. C'est pourquoi il faut périodiquement nettoyer les ouïes d'aération situées sous l'ordinateur et vérifier le bon fonctionnement du ventilateur. Je vous recommande de prendre le temps de bien nettoyer les circuits d'air notamment à l'intérieur des boîtiers car souvent les aérations sont obstruées par des poussières ou fibres textiles. Il faut aussi parfois démonter soigneusement les refroidisseurs, les nettoyer, puis appliquer une pâte thermique pour rétablir un refroidissement efficace des circuits (processeur et circuits graphiques).



Il n'est pas recommandé d'utiliser son ordinateur directement sur ses genoux ou les draps d'un lit afin d'éviter la surchauffe et l'obstruction des ouïes de ventilation par des fibres textiles ou de la poussière. Posez-le plutôt sur une tablette refroidissante peu coûteuse et efficace, ou à la rigueur sur un livre rigide de la même taille afin d'éviter l'obstruction des ouïes d'aération.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION DES ÉLÉMENTS D'UN ORDINATEUR PORTABLE

Nous avons vu précédemment l'architecture des ordinateurs portables : celle-ci a été simplifiée à dessein, alors que la carte mère est très complexe, car les défauts auxquels on peut remédier sur un ordinateur portable sans changer sa carte mère ou son écran sont peu nombreux. Alors pourquoi parler de réparation d'un ordinateur portable ? S'il est en effet souvent dissuasif de se lancer dans le dépannage d'un ordinateur portable, on peut parfois remettre en vie un de ces appareils : lorsqu'une panne d'écran est constatée, le remplacement est très envisageable. Il existe d'autres situations où le dépannage sera possible. En voici quelques aspects ; ne sont retenus ici que les problèmes dus au matériel et non au logiciel.

### Remise en état d'une carte mère ou de ses circuits vidéo

Les possibilités de dépannage au niveau « composant » d'une carte mère d'ordinateur portable sont très limitées du fait de l'absence de documentation et de schémas, de l'utilisation de composants soudés par refusion (dans des fours) et qui ne sont pas remplaçables, parfois spécifiques au constructeur et introuvables pour la plupart. Lorsque la carte mère est défectueuse, son remplacement est possible mais son coût souvent prohibitif freine les ardeurs du dépanneur. Il faudra alors limiter ces situations au remplacement par une carte mère d'occasion, plus abordable en prix mais parfois difficile à trouver.

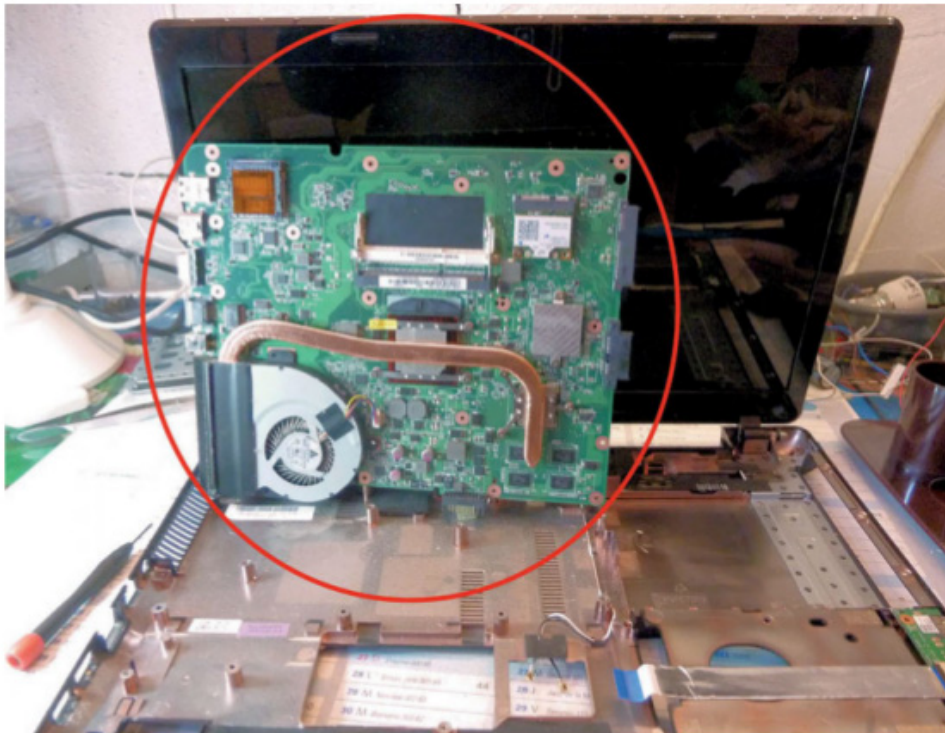


Figure 7-26. Carte mère d'ordinateur portable

## Remplacement de la mémoire



Figure 7-27. Barrettes mémoire d'ordinateur portable (à gauche) et leur support (à droite)

En présence d'une panne due à la mémoire, vu les faibles prix de celle-ci et la difficulté d'y parvenir, je déconseille de tenter le dépannage des circuits mémoire. Le remplacement est aisé s'il s'agit d'une barrette à laquelle on peut généralement accéder par un couvercle vissé en dessous du boîtier. Toujours remplacer une mémoire défectueuse par une barrette identique ou compatible.

Cela peut être l'occasion d'augmenter la taille de la mémoire, donc les performances. Néanmoins, chaque ordinateur a ses propres contraintes concernant le type, la vitesse et la capacité mémoire admissible. Ces informations se trouvent assez facilement sur Internet.

### Circuits mémoire soudés sur la carte mère

Certains ordinateurs comportent des circuits mémoire soudés sur la carte mère (cela dépend parfois du numéro de série du modèle). Dans ce cas, la réparation sera très aléatoire et le changement de la carte mère pourra s'avérer fort onéreux. Mais si vous abandonnez cette réparation, n'oubliez pas qu'un ordinateur même en panne peut intéresser quelqu'un. N'hésitez pas à le proposer pour pièces à la vente ou aux enchères.

## Remplacement du processeur

Si le processeur est défectueux, il est facile de le remplacer car il est placé sur un support et donc amovible après avoir retiré les circuits de refroidissement. Il est toutefois difficile de déterminer avec certitude si le processeur est défectueux et s'il est le seul en cause !

Le mieux en ce cas est de pouvoir disposer d'un autre ordinateur sur lequel tester ce processeur mais cela n'est pas toujours le cas ; ou d'essayer avec un processeur de remplacement, au risque de détruire ce dernier si les circuits avoisinant sont les responsables de sa défaillance. Pour accéder au processeur, il faudra bien entendu démonter la carte mère de son boîtier puis retirer le refroidisseur pour accéder au microprocesseur inséré sur son support qui, une fois déverrouillé, permet l'extraction du processeur.



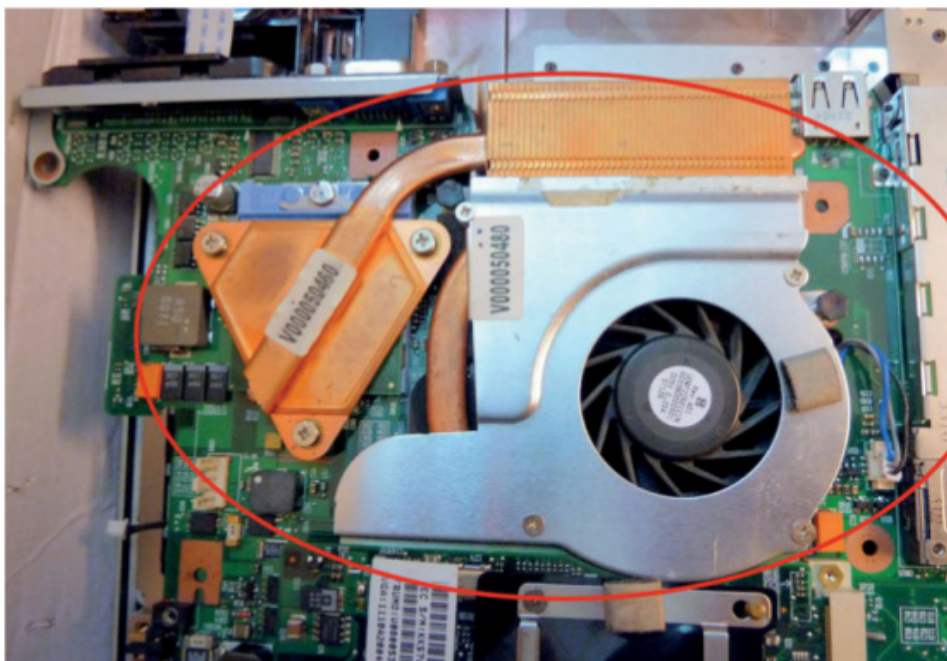


Figure 7-28. Processeur sous la partie triangulaire du refroidisseur





Le remplacement ou le seul démontage du processeur exige un nettoyage-dégraissage méticuleux des surfaces de refroidissement du radiateur et du microprocesseur à l'aide d'alcool isopropylique, puis d'enduire une des surfaces de pâte thermique.

### Remplacement des circuits vidéo

Lorsque la panne concerne les circuits vidéo, si l'ordinateur est muni d'une carte enfichable, son remplacement sera possible bien que le coût et la difficulté pour trouver ces cartes constituent de véritables freins à une telle action... à moins de trouver une carte mère en panne mais possédant une carte graphique identique en bon état. Mais prudence, la plupart des cartes mères en panne sont en fait en panne de circuit vidéo.

Pour démonter la carte graphique de son support, il faudra avant tout libérer les éléments (clips ou vis) qui bloquent le processeur graphique sur la partie du refroidisseur qui lui est réservée. La carte s'extraira alors sans difficulté. Si ceux-ci sont intégrés à la carte mère et non enfichables, la réparation est quasiment impossible, sauf le remplacement du circuit vidéo parfois enfichable sur un support au même titre que le processeur après avoir retiré les éléments refroidisseurs.



Au remontage, pensez bien à remettre de la pâte thermique sur les circuits munis d'un refroidisseur.

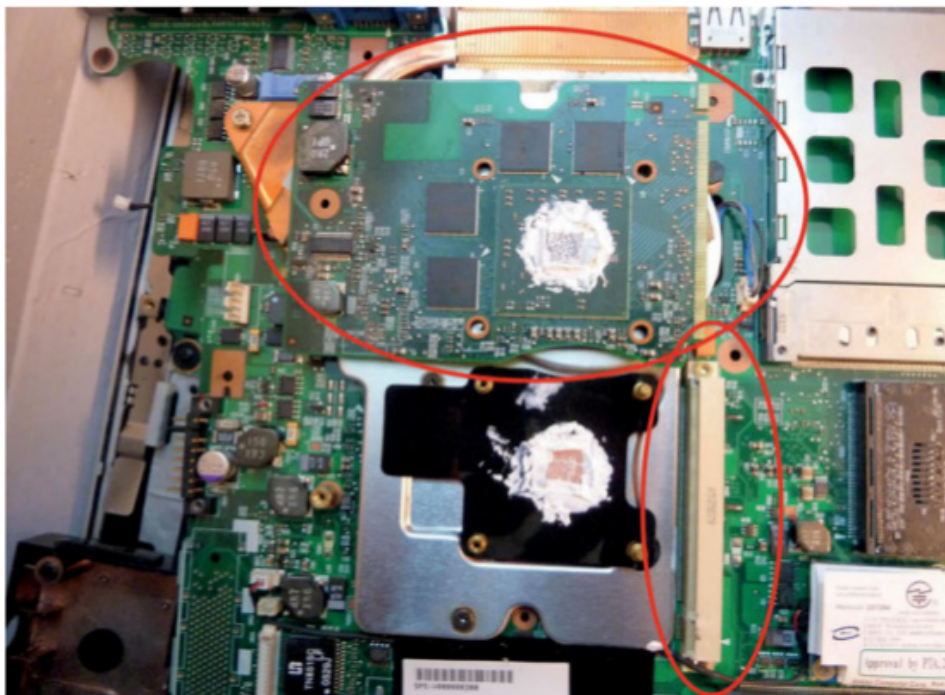


Figure 7-30. Carte graphique (en haut) retirée de son connecteur (en dessous)

## Remise en état de l'alimentation

Les alimentations des ordinateurs portables sont toutes de type « à découpage » et externes (bloc secteur) : on se reportera donc au chapitre 11 traitant du diagnostic et du dépannage des alimentations. La difficulté principale viendra du fait que ces blocs alimentation sont pour la plupart des boîtiers en plastique scellés et difficiles à ouvrir. Il faudra souvent découper le boîtier avec précaution et le recoller après dépannage pour éviter qu'il ne constitue un danger lors de son utilisation ultérieure.

Si le dépannage n'est pas envisagé, leur prix étant assez élevé, on recherchera plutôt des alimentations d'occasion ; en restant vigilant sur les trois critères suivants, si on ne trouve pas le modèle correspondant précisément à l'ordinateur, car bien des modèles sont compatibles :

- type et dimensions du connecteur d'alimentation relié à l'ordinateur,
- tension de sortie et puissance minimale à respecter,
- polarité de la tension sur le connecteur de sortie.

Il existe des adaptateurs dits universels qui font parfaitement l'affaire. Ils permettent d'ajuster la tension de sortie et sa polarité, et sont en général assez puissants pour la plupart des ordinateurs récents ou plus anciens. En outre, ils sont munis de divers connecteurs avec adaptateurs afin de couvrir une large gamme d'ordinateurs. Je leur ferai cependant deux reproches majeurs : ils sont tout aussi chers, ou peu s'en faut, que les originaux, et surtout leurs connecteurs de sortie sont munis d'adaptateurs, ce qui augmente le volume et le poids du connecteur et donc l'effort mécanique infligé au réceptacle de l'ordinateur. De plus, véhiculant des puissances importantes, la multiplication des contacts rend parfois ces connecteurs très chauds, ce qui constitue un risque supplémentaire pour l'ordinateur.

## Remise en état de la prise d'alimentation côté ordinateur

S'il est un élément fragile, c'est bien cette prise ! La plupart du temps de forme ronde, de type coaxial qui permet de relier le bloc secteur à l'ordinateur, ce connecteur a deux ennemis qui provoquent sa déficience : d'une part, on le branche et débranche très souvent (contraintes mécaniques) et, d'autre part, il véhicule une faible tension (12 à 24 V en général) mais sous une intensité élevée (3 à 6 A), cela nécessitant un excellent contact électrique sous peine d'échauffement (contrainte thermique).

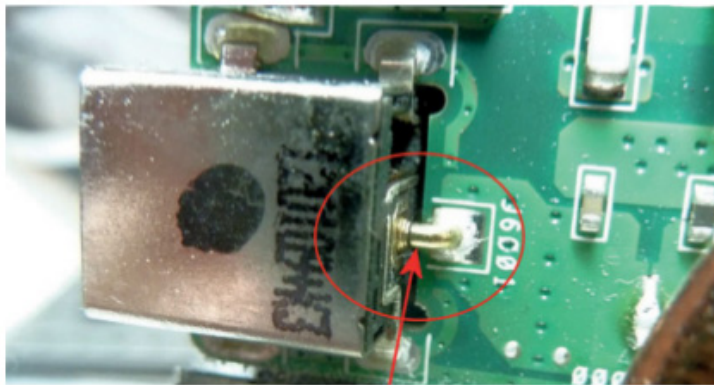


Figure 7-31. Connecteur d'alimentation dont la connexion centrale est cassée



Il en découle que ces connecteurs sont très souvent l'objet de défaillances qui nécessitent leur remplacement ou simplement de les ressouder sur la carte mère, les soudures ayant tendance à se rompre sous l'effet des contraintes mécaniques. On les trouve en général assez facilement dans le commerce des pièces détachées.

### Résolution des problèmes de connexion à des écrans externes (ou vidéoprojecteurs)

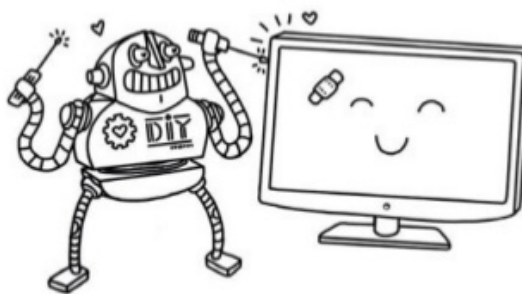
Il devient de plus en plus fréquent d'utiliser un vidéoprojecteur associé à un ordinateur portable dans un cadre professionnel pour projeter présentations (slides) ou films, dans un cadre privé pour projeter les films ou photos numériques dans le cadre d'une installation home cinéma. De ce fait, les sorties vidéo des ordinateurs portables sont de plus en plus sollicitées, les allers-retours de connexion sont nombreux. Les câbles utilisés, souvent blindés et lourds, soumettent les connecteurs à un stress mécanique important qui conduit parfois (souvent même devrais-je dire), à la détérioration des soudures du connecteur à la carte mère. Heureusement, la généralisation des sorties HDMI permet d'utiliser des câbles plus légers et plus souples. Dans le meilleur des cas, le connecteur devient source de mauvais contacts – ce cas est facilement repérable lorsqu'on bouge le connecteur externe utilisé pour relier l'équipement alors que celui-ci est en fonctionnement. Dans le pire des cas, on perdra une couleur, la synchronisation de l'image ou l'image entière.



Figure 7-32. Connexions externes d'un ordinateur portable. Notez le soutien du connecteur VGA.

Dans tous les cas, je recommande d'agir rapidement afin de ne pas définitivement massacrer la carte mère. Cela ne se réparera jamais seul et lorsque la première soudure « lâche », les suivantes sont soumises à des efforts mécaniques encore plus importants et ainsi de suite jusqu'au jour où le circuit imprimé de la carte mère devient difficilement réparable.

Il convient là encore de démonter l'ordinateur afin d'en extraire la carte mère et de refaire consciencieusement et solidement les soudures du connecteur de sortie incriminé et vérifier la fixation (éventuelle) de ce dernier au boîtier du portable ou à sa carte mère.



### Soulagez câbles et connecteurs !

Les câbles et connecteurs permettant la liaison vers les périphériques externes (le plus souvent vidéo) sont lourds... les câbles rigides et les connecteurs massifs, tout étant réuni pour provoquer des tensions mécaniques importantes sur les éléments de connexion des ordinateurs. Une sage précaution est de soulager ces connecteurs en évitant par exemple de laisser pendre dans le vide un connecteur et son câble externe. En général, toute solution qui permettra d'alléger les efforts soumis aux connecteurs de l'ordinateur sera bienvenue et gage de longévité et de pérennité des connexions externes si précieuses. Ces dernières recommandations sont valables pour tous les types de connecteurs. L'idéal est de disposer d'une station d'accueil qui évitera les multiples connexions et déconnexions de chacun des câbles des périphériques.

### Résolution des problèmes d'échauffement

De plus en plus souvent, votre ordinateur « plante » : au démarrage tout se passe bien puis, le temps s'écoulant, l'ordinateur s'arrête et il faut le redémarrer, parfois attendre longtemps que le refroidissement soit suffisant pour pouvoir redémarrer.

C'est un problème classique, hélas parfois irréversible, surtout si on insiste, provoquant de plus en plus souvent ces arrêts intempestifs. En effet, les ordinateurs portables récents dont la puissance n'a souvent rien à envier aux ordinateurs de bureau ont des circuits extrêmement puissants mais qui, en contrepartie, nécessitent des puissances électriques élevées pour fonctionner. Ils sont donc soumis à des échauffements internes. Le faible espace réservé aux dispositifs de refroidissement rend ceux-ci très sensibles à tout problème d'encrassement des conduits et éléments de ventilation ou de vieillissement des pâtes thermiques assurant la liaison entre les composants et leurs radiateurs de refroidissement.

Il est urgent d'agir vite lorsque de tels arrêts se produisent afin de remédier à leur cause qui est probablement l'échauffement et éviter la détérioration des circuits ainsi mis en situation de stress thermique.

Je suppose bien entendu que le problème n'est pas dû à l'utilisation de l'ordinateur dans des conditions défavorables sur les genoux ou sur les draps du lit ! Dans ces cas-là, pensez au minimum à placer l'ordinateur sur une surface plate rigide (livre par exemple) ou mieux sur une tablette refroidissante.

Le démontage des grilles de ventilation situées en général en dessous de l'ordinateur permet d'accéder au ventilateur dont on vérifiera le fonctionnement. Dans le cas contraire, soit le ventilateur est à changer (cela se trouve), soit la carte mère est en cause, et là...

Le dépoussiérage des conduits de ventilation et des ailettes de refroidissement est indispensable, parfois possible sans démonter le boîtier mais plus généralement il faudra envisager son démontage. De très nombreux forums ou sites Internet décrivent les opérations de démontage de ces appareils toujours difficiles à ouvrir. Il sera également souvent utile de démonter les refroidisseurs en cuivre rouge qui sont plaqués sur les circuits (processeur et vidéo), nettoyer les surfaces et remettre de la pâte thermique.

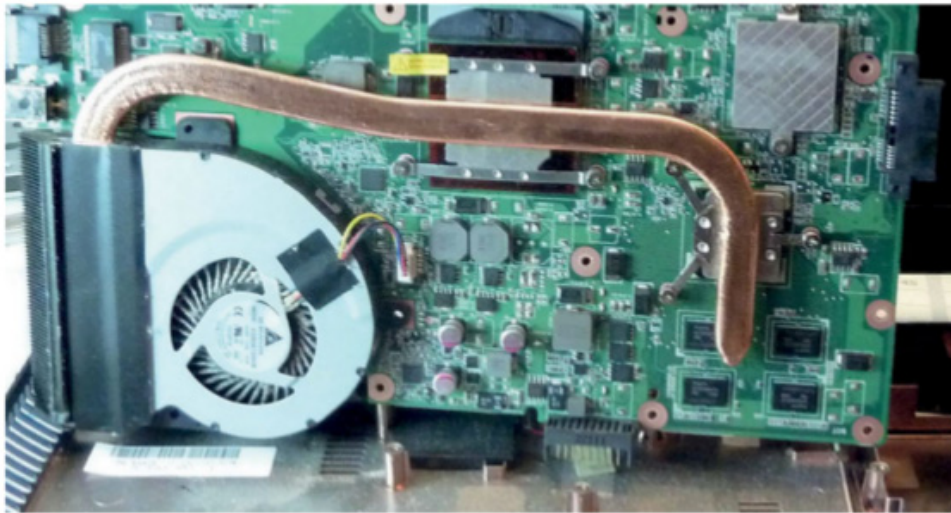


Figure 7-33. Système de refroidissement double (microprocesseur et processeur graphique)



Figure 7-34. Encrassement du ventilateur



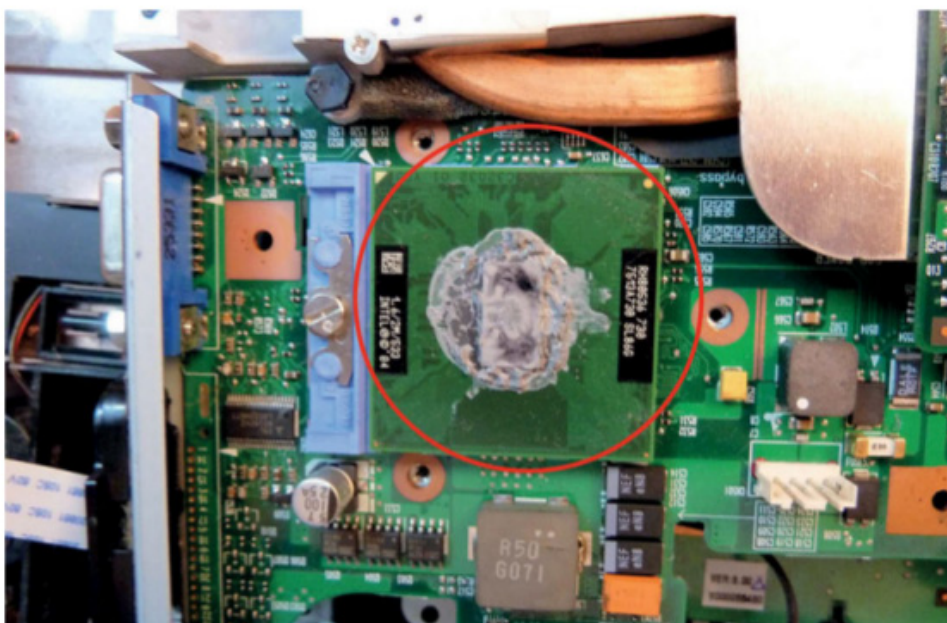


Figure 7-35. Vieillesse de la pâte thermique d'un microprocesseur

Une fois ces opérations effectuées, il ne reste qu'à espérer que l'ordinateur ne montre plus de signe de faiblesse, cela dépendra des « souffrances thermiques » qui lui auront été infligées au préalable.

### Conséquences des contraintes thermiques ou mécaniques

Lorsque l'ordinateur est soumis à des contraintes thermiques ou mécaniques, il se peut que les seules conséquences aient été une détérioration des soudures de certains éléments. Pour souder les éléments sur le circuit imprimé, on utilise naturellement la chaleur – l'effet inverse provoqué par la chaleur est la destruction possible des soudures. Malheureusement, cela se produit la plupart du temps au niveau des composants qui chauffent le plus, qui sont donc les plus complexes, possédant de nombreux points de connexion dont la quantité dépasse les possibilités de disposer ces points à la périphérie de leurs boîtiers (miniaturisation oblige). Pour pallier cette difficulté, les fabricants des circuits intégrés modernes se sont dotés de technologies de pointe qui permettent de disposer les points de connexion sous le boîtier du composant sous forme d'une grille de points munis à la fabrication de billes de soudure. On parle de la technologie BGA (*Ball Grid Array* ou réseau de billes). Ces billes sont solidarisées au circuit imprimé lors d'un passage de l'ensemble dans un four à refusion qui suit une courbe de température/temps très précise afin de ne pas endommager l'ensemble. Tout cela est bien beau mais de ce fait, les échauffements, parfois les contraintes mécaniques, rendent ces soudures fragiles, quelquefois rompues.

Le point positif est que les températures pouvant provoquer la rupture des soudures ne peuvent pas, le plus souvent, endommager les composants. L'aspect négatif est que la réparation de ces soudures n'est guère possible pour l'amateur, les équipements nécessaires n'étant pas à la portée de celui-ci, ni même d'une station de dépannage. Dès lors, je pourrais clore ce chapitre, cependant je vais continuer. Certes, les cas et possibilités de remédier à ces problèmes sont rares, mais suffisamment fréquents pour être évoqués et les solutions, certes « empiriques », précisées.

En effet, ces phénomènes provoquent souvent des mauvais contacts et le fait même d'appliquer un effort mécanique sur la carte permet de localiser petit à petit le composant fautif, cela bien entendu si on peut vérifier que le fonctionnement est aléatoire et lié à l'action mécanique. Pour ce faire, on commencera par heurter les composants du circuit par des petits chocs (une gomme fixée au bout d'une tige sera le bon outil). Plus le choc sera faible pour constater le défaut, plus l'endroit sera proche de celui du défaut. On pourra aussi commencer par tordre (délicatement cela s'entend), le circuit imprimé pour mettre en évidence le défaut, puis on terminera en tentant une pression sur chaque composant de la zone pour essayer de maintenir le ou les contacts défaillants.

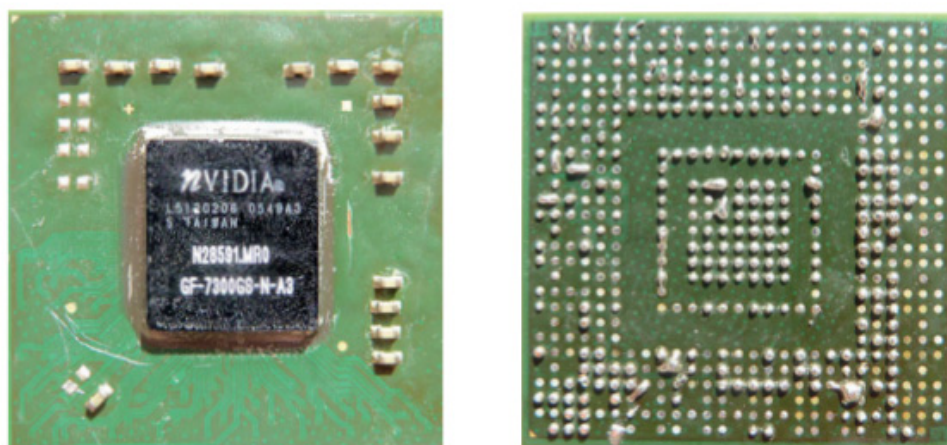


Figure 7-36. Processeur graphique de type BGA (vues de dessus et dessous)

Lorsqu'on aura la chance d'aboutir dans ce processus, il ne restera plus qu'à trouver comment insérer une petite pièce (isolante mais résistante à la chaleur) et la fixer, afin de maintenir la pression nécessaire, puis remonter le tout et bénéficier à nouveau d'un équipement fonctionnel. Pour avoir réussi une fois, je mentionnerai également avoir appliqué, à la suite de l'action précédente, le souffle chaud d'un pistolet à air chaud pour tenter de « ressouder » les billes de connexion mais je ne saurai être trop prudent sur une telle action. En effet, la concentration du flux, la durée d'application et la température de l'air chaud ainsi propulsé étant très peu contrôlables, il s'en est suivi dans d'autres cas de la destruction du composant ou de son dessoudage, voire celui de ses voisins propulsés hors de la carte par le jet d'air, le tout suivi d'un gros mot de l'opérateur ! Soyez donc prudent et ne tentez cela qu'en tout dernier ressort, si aucune autre solution n'existe ; mort pour mort, le circuit vaut bien la peine de tenter.

Il est même des gentlemen bricoleurs qui mettent une carte entière au four électrique chauffé à la température de fusion des billes de soudure et ça marcherait, surtout si le composant mal soudé est localisé et soumis à une pression mécanique durant la « cuisson ». Je ne vous indiquerai ni la température, ni le temps de passage au four, n'ayant pas expérimenté ce procédé.

Empirique, ai-je dit ? En effet, cela est presque du domaine de l'apprenti sorcier, mais sachez que quand ça marche, ça marche pour longtemps pour peu qu'on n'ait pas trop attendu pour passer à l'action.

Car le plus souvent l'ordinateur fonctionne puis s'arrête, et une fois refroidi cela repart pour un temps, etc. De ce fait, on repousse à plus tard en espérant le miracle de l'autoréparation (jamais constatée



pour ma part), la mauvaise soudure en profite pour s'oxyder davantage, rendant le contact encore plus aléatoire et le fonctionnement de moins en moins durable, et finalement quand on appelle au secours, il est souvent trop tard.

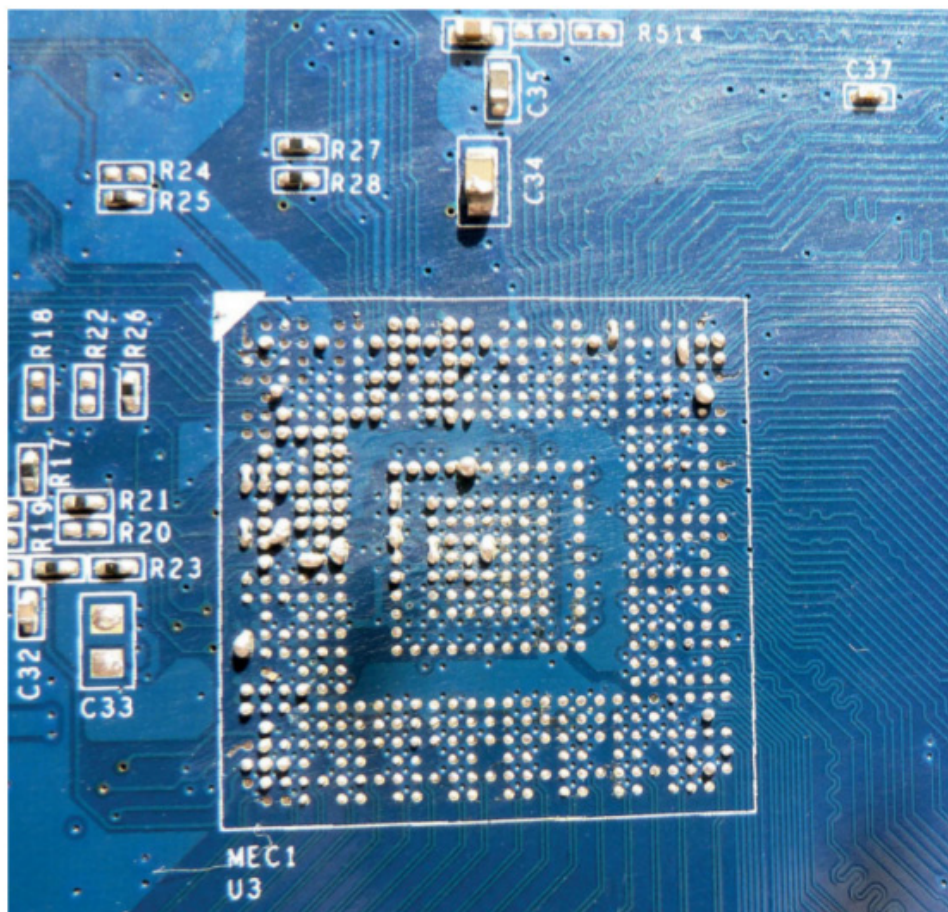


Figure 7-37. Empreinte du circuit imprimé correspondant au processeur de la figure 7-36

### Une panne ne se répare pas toute seule !

N'attendez jamais pour procéder au dépannage en cas de problèmes intermittents, car l'autoréparation n'existe pas en matière d'électronique (il en est différemment pour les logiciels en raison des mises à jour possibles). En effet, plus un défaut transitoire se manifeste, plus il conduit à rendre difficile, parfois impossible la réparation en raison des effets collatéraux bien souvent générés. Vous aurez sûrement, un jour ou l'autre, vérifié qu'il en va de même pour votre voiture !



## Remplacement des éléments périphériques à la carte mère

Lorsque le cas se présente, il est souvent facile de se procurer, neufs ou d'occasion, les éléments périphériques à la carte principale d'un ordinateur portable. Bien souvent ces éléments sont situés sur un petit circuit imprimé auxiliaire relié par un câble plat à la carte mère. Parmi ces éléments, je citerai les différents organes de commande (interrupteur de mise sous tension ou commandes multimédias, pavé tactile, clavier, voyants, etc.). Je citerai également bien entendu le disque dur ou l'unité de lecture/écriture optique (CD/DVD ou Blu-ray).



Figure 7-38. Carte Wi-Fi d'un ordinateur portable. Notez les connecteurs d'antenne.

De même, un connecteur endommagé se trouvera assez souvent dans la même configuration mécanique et pourra être remplacé ou substitué par un autre sans demander trop de modifications. À part le démontage, il n'y a pas de grande difficulté à changer ces éléments, mais cela demande beaucoup de minutie en raison de la miniaturisation quasi générale de ces composants. On pourra trouver également des petites cartes auxiliaires de remplacement comme le module Wi-Fi ou la carte modem d'un ordinateur portable.

## Réparation d'un clavier

On m'a souvent rapporté le cas d'un verre d'eau ou de soda, voire de café renversé sur le clavier rendant l'ordinateur inopérant. J'entends aussi souvent que le capot d'une touche s'est désolidarisé

du clavier. Si tous les cas ne sont pas réparables, certaines situations peuvent être corrigées et réparées sans devoir changer le clavier.

Lorsqu'il s'agit d'un verre d'eau renversé, on pourra tenter de démonter le clavier et de le « laver » pour essayer d'obtenir son retour à la normale, mais cela n'est pas sûr ; ça l'est encore moins s'il s'agit d'un liquide oxydant ou sucré ! Encore une fois, tenter quelque chose, même empirique, vaut toujours la peine lorsque de toute façon le clavier est hors service. Si, bien entendu, le liquide a atteint l'ordinateur en ses entrailles, le cas est plus délicat : c'est tout l'ordinateur qu'il va falloir nettoyer pour tenter son redémarrage, rendu des plus incertains car le liquide a pu provoquer des liaisons électriques parasites dangereuses et parfois (souvent) irréversibles. De même, si l'appareil a subi des dommages par de l'eau de mer, il y a peu de chances de pouvoir lui rendre la vie.



Lorsqu'un appareil électronique subit les dommages d'un liquide ou d'une forte humidité, il faut immédiatement interrompre son alimentation électrique et retirer sa batterie afin d'éviter au maximum que la conduction provoquée par le liquide ne vienne définitivement endommager les circuits. J'ai vu ainsi un téléphone portable oublié dans une poche de pantalon perdre sa batterie dans un lave-linge au cours d'une lessive, poursuivre en toute sécurité son nettoyage et, après un bon séchage, reprendre vie sans souci et pour longtemps. Ceci est une histoire vraie !

## Nettoyage du clavier

J'ai volontairement dit précédemment « laver le clavier » car il en sera souvent ainsi. En effet, un bon passage dans une eau distillée (impératif) sera nécessaire, en agitant bien le clavier lors de son bain puis en le séchant minutieusement. La meilleure solution serait un bon bain dans de l'alcool isopropylique mais ce bain serait coûteux et finalement guère plus efficace.

On commencera par un dépoussiérage (pinceau et tuyau d'aspirateur à distance respectable) mais si le clavier a subi les affronts d'un liquide sucré ou gras, le lavage sera nécessaire, l'eau distillée pouvant être rendue savonneuse par quelques gouttes de liquide vaisselle. Bien agiter le clavier dans son bain, enfoncer chaque touche à plusieurs reprises pour rendre le nettoyage effectif au fin fond des interstices puis rincer abondamment, toujours à l'eau distillée, plusieurs fois si nécessaire. Puis, après être certain d'avoir extrait les dernières gouttes d'eau (secouer, pinceau, papier absorbant, sèche-cheveux...), laisser sécher longtemps le clavier à l'air libre afin d'éliminer toute trace d'humidité avant de remonter et de vérifier la réussite ou l'échec de l'opération. On pourra utiliser un petit compresseur d'air pour souffler avec précaution sur le clavier afin d'éliminer les accumulations de liquide avant séchage.

Le nettoyage en profondeur d'un appareil ou d'une de ses composantes ne doit être tenté qu'en l'absence d'une autre solution, et surtout pas dans un désir unique de nettoyage. En effet, il y a un risque important que l'opération ne se solde pas par un succès mais encore une fois, ça marche souvent et pourquoi ne rien tenter dès lors que l'appareil est déjà sacrifié ! On évitera le nettoyage des disques durs ou autres unités de stockage optique bien entendu, la mécanique n'aime guère ce genre de nettoyage. En revanche, une carte mère ou vidéo, un téléphone portable, une télécommande... souillés par un versement intempestif de liquide pourront être ainsi nettoyés et sauvés... mais pas toujours.

## Réparation des touches du clavier

Les claviers subissent parfois des chocs ou contraintes mécaniques importantes sur les touches qui finissent par se déboîter. Dans ce cas, et si par chance rien n'a été cassé, remboîter la touche sera facile. Les touches sont en effet maintenues par clipsage des pièces d'articulation.

L'articulation est une sorte de croisillon articulé permettant un mouvement vertical de la touche. Si l'une des petites pièces de plastique, qui assurent le maintien et le fonctionnement en souplesse de la touche, est cassée (notamment un des petits picots de fixation au socle du clavier ou à la touche), celle-ci devra être remplacée. On trouve ces pièces dans des magasins spécialisés ou sur Internet. Attention, il y a de nombreuses variétés de pièces et il est parfois difficile d'être sûr de faire le bon choix.

Une autre solution est de chercher un clavier d'occasion correspondant à l'appareil afin d'en extraire les pièces nécessaires ou de l'utiliser s'il est complet. Il existe peu de variantes de touches de clavier, on trouvera facilement un clavier pour récupération de pièces. Un clavier d'occasion ne vous coûtera pas très cher.

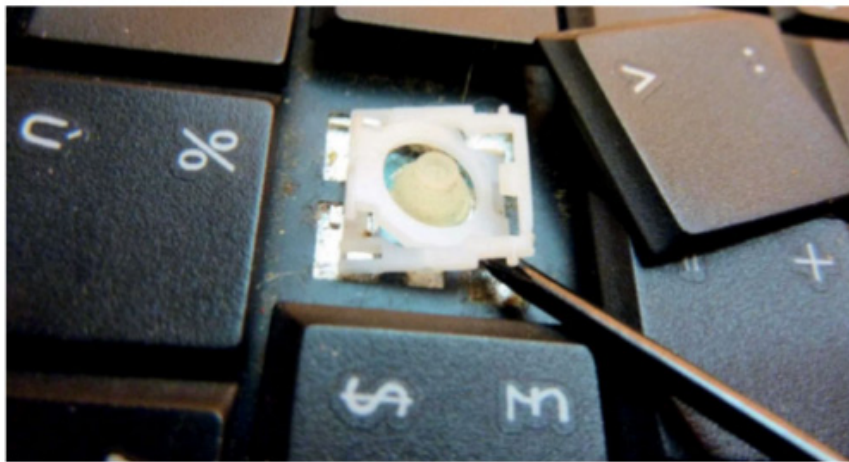


Figure 7-39. Touche de clavier démontée et articulation maintenue par un tournevis pour la photo

La remise en place des pièces de plastique puis de la touche n'est en général pas très compliquée. Il faut néanmoins user de patience, de grande délicatesse, sans forcer, et toujours en utilisant une loupe éclairante afin de bien contrôler ses gestes pour éviter de casser les petites articulations présentes lors de leur encliquetage. On vérifiera cependant que le capuchon recouvrant la partie électrique de la touche, et placé au centre de l'articulation, est bien en place et en bon état.

### Les touches larges

Les touches larges (Entrée, par exemple) et la barre d'espace utilisent en général deux articulations à croisillons et une ou deux barres métalliques (type corde à piano) en acier qui assurent un déplacement vertical de la touche, quel que soit l'endroit où la touche est appuyée. Si ces barres métalliques ne sont pas correctement remises en place, le fonctionnement de la touche sera défectueux, notamment en cas d'appui sur une extrémité.



## Tentative de réparation d'un disque dur bloqué

Il est parfois des situations où le disque dur est défectueux parce qu'il ne tourne pas. Cela peut être dû à un « gommage » du disque laissé longtemps sans fonctionner. Cela peut également être la conséquence d'un collage de la tête de lecture sur le disque (c'est quasiment impossible sur un disque récent). Dans tous les cas, vous entendrez distinctement si le disque tourne ou non. Dans le cas où il est manifestement bloqué, perdu pour perdu, pourquoi ne pas essayer de le débloquer ?

Pour ce faire, il faut ouvrir le disque en prenant la précaution de ne pas opérer dans un milieu poussiéreux, un endroit calme et à l'abri des courants d'air. Des vis sont présentes côté métal du disque, et il en est une qui est cachée sous l'étiquette et qu'il faut également dévisser. Le couvercle métallique se retire sans effort, laissant apparaître le mécanisme du disque.

En maintenant le disque sous tension dans un boîtier externe par exemple, vous tenterez alors de forcer le plateau du disque à tourner, sans toucher le plateau magnétique du disque, en le manœuvrant par la partie centrale. Si le disque redémarre, refermez-le rapidement pour éviter tout risque d'introduction de poussière. Votre disque sera alors peut-être sauvé... le temps de la récupération de ses données ! En effet, il sera prudent de le remplacer pour éviter que le même problème ne se reproduise.



Figure 7-40. Ouverture d'un disque dur d'ordinateur portable

## Récupération des données du disque dur

Décidément, la chance n'est pas au rendez-vous, l'ordinateur portable est vraiment hors service, adieu les espoirs de le réparer ! Et bien entendu, en plus, les données non sauvegardées (photos, musiques, films, courriers et dossiers importants...) sont perdues, c'est un mauvais jour. Heureusement, sauf si le disque dur est défaillant (c'est heureusement rare sauf en cas de chute de l'ordinateur ou de surtension), il existe un moyen simple de récupérer ses données et de rendre à ce disque dur une utilité, une seconde vie. En effet, les disques durs des ordinateurs portables sont des éléments

standards facilement échangeables (dans la limite des caractéristiques physiques et électroniques des ordinateurs). Ainsi, un disque dur récupéré dans un ordinateur portable HS pourra être utilisé dans un autre ordinateur (ne comptez pas cependant récupérer le système d'exploitation qui est lié à un matériel de par le système de protection des licences – au moins pour Windows ou Mac OS). Par contre, les données seront toujours disponibles. Si on désire se limiter à la récupération des données, un bon moyen est de se procurer un boîtier vide pour disque externe. Peu cher, facile à trouver, un tel boîtier permettra d'y loger le disque récupéré et d'accéder à son contenu par un autre ordinateur via un connecteur USB. Voilà qui permettra de récupérer ses données mais aussi de disposer d'un disque externe qu'on pourra utiliser pour sauvegarder périodiquement les données du nouvel ordinateur !

Attention, les boîtiers pour disques externes ont des caractéristiques à respecter :

- le format physique du disque (3,5 ou 2,5, voire 1,80 pouces) ;
- l'épaisseur maximale admissible pour le disque ;
- leur interface vers l'ordinateur (en général USB) ;
- et l'interface interne du boîtier et du disque (ATA ou S-ATA).

Le respect de ces caractéristiques, en fonction du disque à réutiliser, est nécessaire afin de réussir l'opération. On pourra trouver ces boîtiers pour quelques dizaines d'euros – plus ou moins selon qu'ils seront en plastique, en boîtier métallique et posséderont ou non des interfaces multimédias.



Figure 7-41. Disque dur d'ordinateur portable réutilisé dans un boîtier de disque externe USB

Si votre disque dur n'est plus fonctionnel, il peut encore être analysé par une société spécialisée qui pourra récupérer certaines données, voire toutes avec un peu de chance. Attention toutefois, ces prestations sont très coûteuses et il faudrait vraiment que la valeur des données à récupérer en justifie le coût alors qu'une simple sauvegarde sélective (inutile de sauvegarder tout) faite régulièrement sur deux supports (au cas où l'un d'eux viendrait à vous lâcher), ne vous demandera que de consacrer quelques minutes pour la sécurité de vos données. Au prix actuel des cartes mémoire ou des disques durs externes, il serait dommage de négliger ce point.

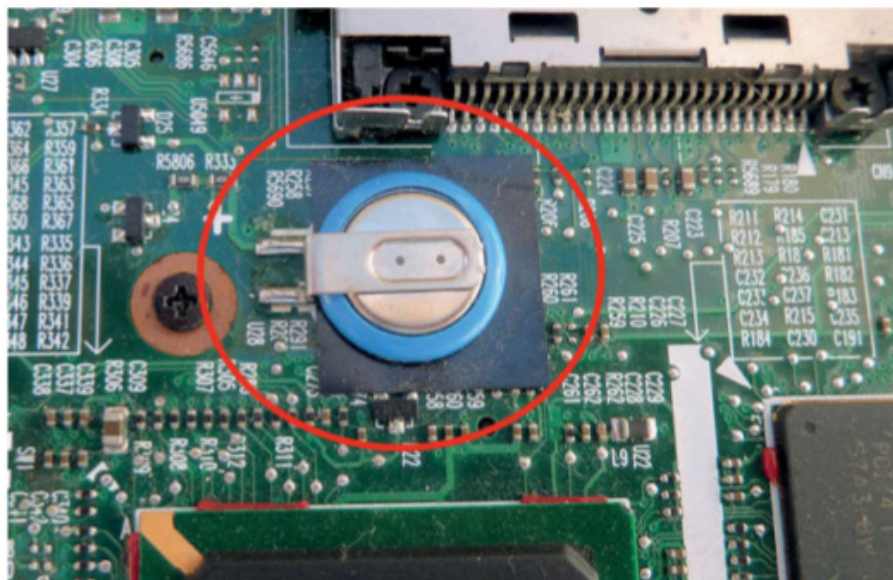
### Pensez au Cloud

Les solutions de stockage externe sur le « nuage » permettent d'une part de disposer d'un espace de stockage gratuit ou payant selon le volume choisi, d'autre part de pouvoir accéder à ces données par plusieurs ordinateurs, smartphones ou tablettes reliés à Internet et de profiter des sauvegardes de ces données par les fournisseurs. Attention, pour des données sensibles, nul ne garantit la confidentialité à toute épreuve de ces solutions, du moins pour les offres de base. C'est en tout cas un moyen simple et efficace de préserver ses données en cas de panne d'un disque dur. Quant à la confidentialité...



## Changement de la pile de la carte mère

Lorsque l'ordinateur perd la date, l'heure, retarde régulièrement ou signale une erreur au moment de la mise sous tension (*checksum error*, par exemple), l'ordinateur souffre de l'épuisement de sa pile de sauvegarde du BIOS (voir le dépannage des ordinateurs de bureau). Il est alors nécessaire de changer la pile ou la batterie qui maintient ces circuits sous tension. L'accès à cette pile ou batterie se fait en retirant les capots du boîtier car, le plus souvent, cet élément n'est pas accessible sans démontage. Parfois encliqueté dans un support (pile) ou soudé (batterie), on changera l'élément en prenant soin de se procurer un modèle parfaitement identique. Il sera sage de vérifier que l'ancienne pile ou batterie n'a pas coulé et, si c'est le cas, de correctement nettoyer son emplacement.







Pour le remontage, c'est plus simple ; mais il faut bien entendu observer la séquence inverse des opérations et s'assurer du bon état des différents autocollants, notamment au niveau de l'écran.



Toujours travailler dans le calme, sans devoir être interrompu et de façon méthodique, en particulier au niveau du repérage (photo et plan sommaire) de la position des vis de l'appareil. N'oubliez pas qu'il pourrait se passer plusieurs semaines entre le démontage et la réception des pièces de rechange ; il est donc indispensable de bien documenter les opérations faites et à faire.

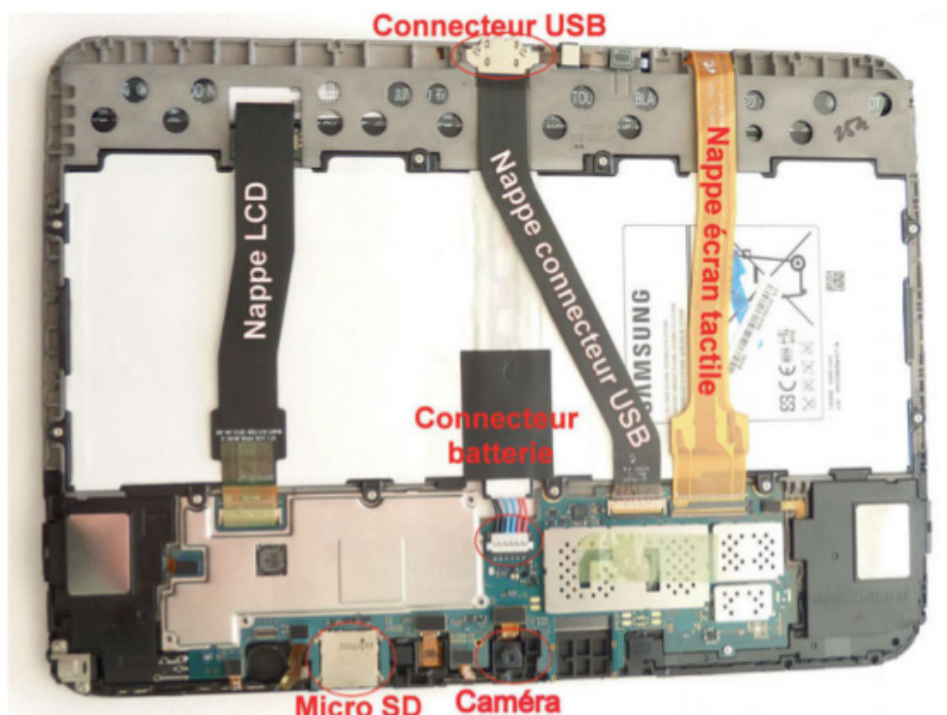


Figure 7-44. Tablette désassemblée

## REPLACEMENT DE L'ÉCRAN

Si l'écran est cassé ou si la partie tactile ne répond plus, il faudra changer soit l'écran tactile, soit l'écran LCD, soit les deux. Certaines tablettes sont munies d'un écran tactile séparé (mais collé dessus) de l'écran LCD assurant l'affichage, d'autres imposent un ensemble solidaire des deux. Les sites de vente de ces pièces prévoient les remplacements selon ces possibilités, ils offrent souvent tournevis et outils nécessaires au démontage, parfois un tutoriel.

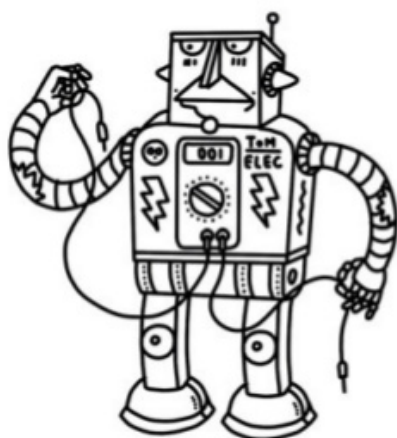
Le remplacement de l'ensemble tactile-LCD est plus facile mais le coût plus élevé. Avant de commander un tactile ou un LCD séparé, procédez au désassemblage de ces éléments afin d'être sûr de ne pas avoir de casse supplémentaire. Même dans le cas des deux écrans séparés, les revendeurs proposent souvent des ensembles prémontés.

Il faudra bien entendu prendre la précaution de retirer la batterie ou du moins de la déconnecter durant les opérations.



Figure 7-45. Écran de rechange pour tablette

Les deux parties de l'écran (tactile et affichage) sont reliées à la carte mère par une ou deux nappes de liaison : vous devez prendre soin de libérer le clapet (basculant vers l'avant ou l'arrière du connecteur de la carte mère, voire à tirette) avant d'extraire chaque nappe et avant de remettre la liaison en place, puis de les verrouiller à nouveau avec précaution en vérifiant le bon enfoncement de la nappe.



Je vous conseille de tester l'affichage et le tactile avant leur montage définitif en les connectant temporairement. Il m'est arrivé de recevoir un LCD défectueux, mieux vaut être prévoyant et éviter des manipulations délicates inutiles.

Si les écrans sont collés entre eux ou sur le châssis de l'appareil, vérifiez et nettoyez les autocollants utilisés. Certains écrans sont livrés avec des autocollants neufs, d'autres ne le sont pas. Il existe parfois des jeux d'autocollants propres à chaque tablette ; si c'est le cas, je vous conseille de vous les procurer. Dans le cas contraire, il existe des colles spécifiques à utiliser ainsi que des rouleaux d'autocollant que l'on peut utiliser pour la réfection de la tablette.



Avant de refermer la tablette, un dernier essai sera le bienvenu avant que vous ne puissiez profiter à nouveau de votre appareil.

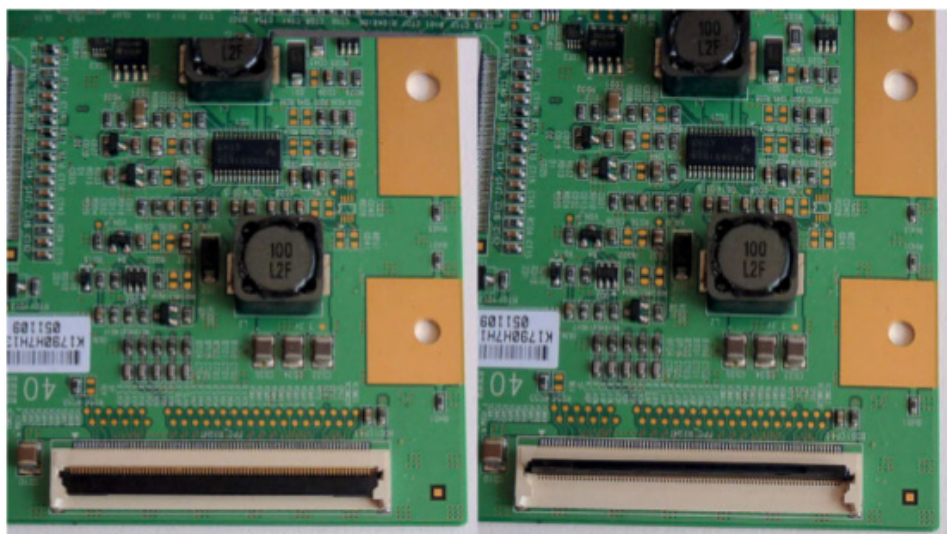


Figure 7-46. Connecteur de nappe souple et son verrouillage à bascule fermé à gauche, ouvert à droite

## REPLACEMENT D'UN CONNECTEUR DE CHARGE, DE CARTE SD OU DE CARTE SIM

C'est une opération également délicate, pas toujours facile, et certaines tablettes possédant un connecteur directement soudé sur la carte mère, ce sont les plus difficiles à remplacer ; d'autres sont munies d'une nappe ou d'un câble de connexion rendant leur remplacement aisé.

Dans tous les cas, il faudra ouvrir la tablette et extraire plus ou moins d'éléments selon l'appareil. Si le connecteur est soudé, la carte sur laquelle il est soudé devra être désolidarisée du reste de l'appareil afin de pouvoir agir en toute liberté lors du dessoudage puis du ressoudage du connecteur.



Figure 7-47. Protection environnement de connecteur micro USB soudé

Il faudra absolument trouver la pièce correspondant à la tablette, aucune adaptation n'est envisageable.

Pour dessouder le connecteur, rien n'est plus recommandé que l'air chaud, qui permettra de libérer le connecteur sans contrainte excessive. Toutefois, il faudra prendre la précaution de maintenir en place les composant microscopiques environnants avec du ruban aluminium autocollant (voir le chapitre 4).

Si l'utilisation du pistolet à air chaud est impossible, l'extraction du connecteur usagé sera délicate, et il faudra prendre garde en particulier à ne pas détériorer les pistes du circuit imprimé.

La remise en place du connecteur est plus simple : il suffit de le maintenir en place (ongle du doigt ou pinces brucelles) puis de souder une ou deux de ses broches pour le fixer au circuit avant de finaliser les soudures. L'utilisation de flux est recommandée afin de faciliter la prise de la soudure et d'éviter les courts-circuits entre les broches. Ne pas oublier de nettoyer ensuite la partie retravaillée à l'alcool isopropylique.



S'il est soudé, le connecteur ne doit souvent son maintien en place qu'à ses soudures, en particulier celles maintenant son carter métallique au circuit imprimé. Il conviendra donc d'être très vigilant sur la qualité des soudures réalisées.

## REEMPLACEMENT DES AUTRES ÉLÉMENTS D'UNE TABLETTE

Le bouton « Home » est parfois l'objet d'un dysfonctionnement, et c'est aussi parfois les boutons de volume audio ou de mise en marche qui sont défectueux. S'il ne s'agit que d'un mauvais contact, on pourra essayer la bombe de nettoyant pour contacts. Attention à ne pas asperger entre les deux écrans (tactile et affichage LCD) et à bien retirer le surplus de liquide !

Si ce remède ne fonctionne pas et selon la tablette, on pourra envisager le remplacement de la pièce qui est soit reliée par soudure, soit par une nappe de liaison.

Caméra et module Wi-Fi sont aussi facilement remplaçables. Chaque cas mérite une solution ou pas selon l'appareil ; sachez cependant que le changement d'un interrupteur ou d'un connecteur soudé à la carte mère est une opération très délicate. La carte mère étant de toute façon vouée à la déchetterie, le faible coût des pièces de remplacement vaut la peine de tenter.

## RÉPARATION D'UNE CARTE MÈRE

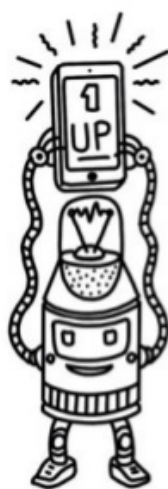
Je n'ai eu qu'une fois l'occasion de réussir la réparation d'une carte mère d'un appareil ne délivrant plus de son : un examen visuel détaillé m'avait montré qu'une petite inductance du filtre de sortie de l'amplificateur audio classe D vers le haut-parleur avait été « arrachée » du circuit imprimé, sans doute lors du changement de la batterie peu de temps avant. Au mépris des oreilles de mélomanes sensibles aux fréquences élevées, je l'ai simplement court-circuitée !

C'est un cas exceptionnel et, dans la plupart des circonstances, en cas de panne électronique, la carte mère devra être remplacée.

En raison du coût prohibitif de ces cartes, il vaudra mieux chercher une carte d'occasion ou revendre pour pièces la tablette. Rappelez-vous que cette tablette pourra servir à en réparer une autre. La revente est en général assez facile si le prix est correct.

## RÉSOLUTION DES PROBLÈMES D'INITIALISATION

Le problème provient souvent du micrologiciel qui a pu être effacé ou mal chargé lors d'une mise à jour interrompue. C'est un dysfonctionnement parfois impossible à corriger, et les forums Internet regorgent de solutions plus ou moins valables pour tenter de restaurer le logiciel. Une recherche longue et minutieuse pourra peut-être vous aider à remédier à un tel problème.





# RÉPARER LES APPAREILS MULTIMÉDIAS

Vous serez confronté à toutes sortes d'appareils électroniques ayant des défaillances, mais hélas tous ne peuvent pas être réparés. Ainsi, il est peu envisageable de réparer un appareil auditif par exemple. On pourra, en revanche, réparer le circuit électronique d'une cafetière ou l'allumage électronique d'une automobile. Nous limiterons cet ouvrage aux quelques appareils qui peuvent faire l'objet de réparations par un amateur. Voyons ce qui concerne les appareils multimédias.

### Consoles de jeu

La plupart des pannes sur ces petits appareils résultent soit d'une défaillance électronique (généralement non réparable sans changer le circuit complet), soit de la casse de l'écran (irréparable, seul son changement peut être envisagé).

#### CONSOLES PORTABLES

Parfois, notamment dans les consoles à double écran, un effort mécanique trop important ou la casse des charnières d'articulation de l'écran endommage les nappes de connexion. Dans ce cas, le dépannage consistera à remplacer l'écran auquel la nappe est soudée ou la nappe elle-même si celle-ci est séparée de l'écran. Ces pièces se trouvent facilement sur Internet.

En raison de leurs sollicitations fréquentes et sans grand ménagement par les joueurs acharnés, les parties « tactiles » des écrans de console sont aussi parfois à changer. Selon les appareils, les écrans tactiles sont intégrés à l'écran ou placés face à lui, le plus souvent par collage avec un contour double face. Le remplacement du seul écran tactile sera donc possible dans ce cas ; dans l'autre situation, l'ensemble de l'écran devra être remplacé.

Les autres pannes sont plus rarement réparables, parfois cependant, un fusible a pu griller notamment si la batterie s'est mise en court-circuit. Quelquefois également, interrupteurs, potentiomètres de réglage ou connecteurs peuvent être défectueux et remplacés moyennant des précautions dignes de l'industrie horlogère !

Si le premier diagnostic décrit précédemment et la réparation qui s'ensuit ne suffisent pas à remettre la console en état de fonctionnement normal, c'est probablement la carte électronique qui est en cause et que vous devrez remplacer. Le dépannage au niveau des composants est des plus difficiles et incertains. Le marché des consoles d'occasion plus ou moins en état devrait vous permettre de trouver les pièces défectueuses à bon prix, les pièces neuves étant souvent d'un coût prohibitif.



Figure 8-1. Ouverture d'une console double écran

Les connecteurs d'alimentation sont également souvent l'objet de défaillances (dessoudés ou cassés) en raison de la forte sollicitation mécanique qu'ils subissent. Leur remplacement est en général possible mais délicat. Les sites d'enchères et les magasins spécialisés proposent ces pièces de rechange.

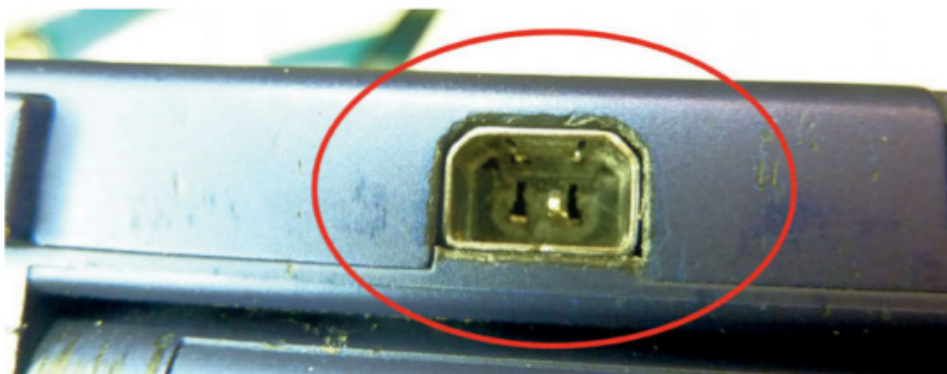


Figure 8-2. Connecteur d'alimentation d'une console de jeu détérioré

## CONSOLES DE SALON

Les consoles de salon ont des performances très élevées sur le plan graphique et présentent souvent des problèmes d'échauffement dont la conséquence est la mise en sécurité de la console. Dans ce cas, il faut immédiatement stopper son fonctionnement et procéder sans attendre à la remise en état des circuits de refroidissement. Il en va de la protection des composants. Cette remise en état consistera au démontage de la console, au démontage des radiateurs dont on nettoiera les surfaces de contacts (circuits intégrés et radiateur) avec de l'alcool isopropylique et à la remise de la pâte thermique avant remontage. On nettoiera bien entendu toutes les surfaces de refroidissement (ailettes), les ouïes d'aération et les ventilateurs.



Lorsqu'une console de salon, et plus généralement tout appareil, présente des signes de surchauffe, il convient de l'arrêter et d'agir le plus rapidement possible afin d'éviter que le phénomène ne se reproduise, ce qui détruira à plus ou moins brève échéance les circuits, rendant l'appareil irréparable.

Certaines consoles sont équipées d'un disque dur ou d'un lecteur de DVD ou Blu-ray qu'il sera facile de remplacer si nécessaire. Toutefois, je recommanderai de remplacer ces périphériques par leur équivalent spécifiquement prévu pour la console à réparer ; je ne suis pas sûr par exemple qu'un disque dur générique de plus forte capacité puisse être compatible.

Interrupteurs et connecteurs – et cartes mémoire parfois – font également partie des éléments qu'il est facile de remplacer.

## Appareils photo numériques

Les pannes auxquelles on peut remédier sur un appareil photo sont nombreuses mais il faut être très méticuleux tant ces appareils sont compacts et fragiles à démonter. On trouve assez facilement sur Internet et pour un prix très raisonnable des appareils en panne dans lesquels on pourra récupérer les composants recherchés (écran, capteur, carte mère, lampe flash, etc.).

On trouve également des blocs optiques, souvent sièges de dysfonctionnements dus en particulier à des contraintes mécaniques subies ou à l'encrassement de leurs mécanisme.

Parmi les réparations possibles, je citerai :

- le remplacement d'un écran de visualisation cassé souvent vendu sur Internet ;
- le dépannage du flash incorporé dont les circuits sont simples ;
- le nettoyage d'une optique restant bloquée souvent à cause d'un grain de sable dans un engrenage plastique (quand ce n'est pas suite à un choc) ;
- le remplacement de la carte électronique ;
- le remplacement du capteur ;
- le remplacement du bloc optique.





À part le circuit du flash, il est inutile d'envisager un dépannage au niveau composant des circuits d'un appareil photographique. D'une façon générale, il n'y a rien de particulier à signaler pour ces réparations, chaque cas est spécifique. Il convient de retenir l'extrême minutie imposée par les opérations de démontage et remontage. Les éléments constitutifs d'un appareil sont fragiles, de nombreuses nappes de connexion très fragiles sont utilisées et la poussière est l'ennemi des optiques de prise de vue.



Il est préférable de consacrer un peu de temps à la recherche d'un tutoriel de démontage ou d'une vue éclatée de l'appareil avant de procéder à son démontage, au risque de commettre des erreurs, notamment au niveau des nappes de connexion dont la rupture serait irréversible. Dans tous les cas, prendre des photos successives lors du démontage afin d'être guidé au remontage et coller les vis avec un peu de ruban adhésif sur une planche représentant l'appareil afin de ne pas mélanger les différentes catégories de vis.

Pour ma part, j'ai souvent réussi les réparations relatives au capteur optique. Il m'est cependant aussi arrivé d'échouer, soit parce que l'optique était trop abîmée mécaniquement, soit parce que le démontage a conduit à la casse d'une pièce. Le changement d'écran ou de carte électronique est en revanche assez facile pour peu que l'appareil se laisse dompter au démontage.

Il est fréquent de trouver des appareils dont l'objectif ne s'ouvre plus pour des raisons mécaniques. À la mise sous tension, l'objectif tente de s'ouvrir (on l'entend) mais n'y parvient pas, conduisant l'appareil à afficher une erreur ou à se mettre hors tension. Ces problèmes sont dus à des chocs ou à la présence d'un corps étranger dans leur mécanisme. Ainsi, il m'est arrivé de constater qu'une déformation du boîtier empêchait l'ouverture. L'extraction des coques du boîtier et leur remise en forme éliminent la gêne mécanique, et l'appareil peut reprendre vie.



Figure 8-3. Démontage d'un appareil photo numérique à l'objectif bloqué



Figure 8-4. Bloc optique d'un appareil photo numérique

Les petits appareils photo sont bien pratiques, parce qu'ils se logent dans la poche ou au fond du sac de plage (qui est une réserve naturelle de sable). De ce fait, une autre cause fréquente de problèmes sur les optiques des appareils est la présence de grains de sable à l'intérieur. Ces minuscules particules de grande dureté viennent souvent se « coller » sur la graisse des engrenages qui se trouvent ainsi bloqués. Même sans graisse, l'électricité statique attire les poussières sur les pignons en matière plastique. On arrive souvent à les localiser sans trop démonter l'optique ; en effet, cela se produira

plus communément dans des appareils bas de gamme dont l'optique est peu carénée et donc plus accessible. La localisation d'un grain de sable blanc sur un engrenage lui-même blanc nécessite l'utilisation d'une loupe à fort grossissement et beaucoup de patience, mais cela est payant. Il faudra malheureusement parfois avoir recours au démontage de l'objectif zoom pour accéder au pignon encrassé. Ce démontage n'est pas sans risque, tout comme son remontage également très délicat. On opérera bien entendu dans un environnement sec et propre, le moins poussiéreux possible, au risque de voir des tâches apparaître sur les photographies futures.

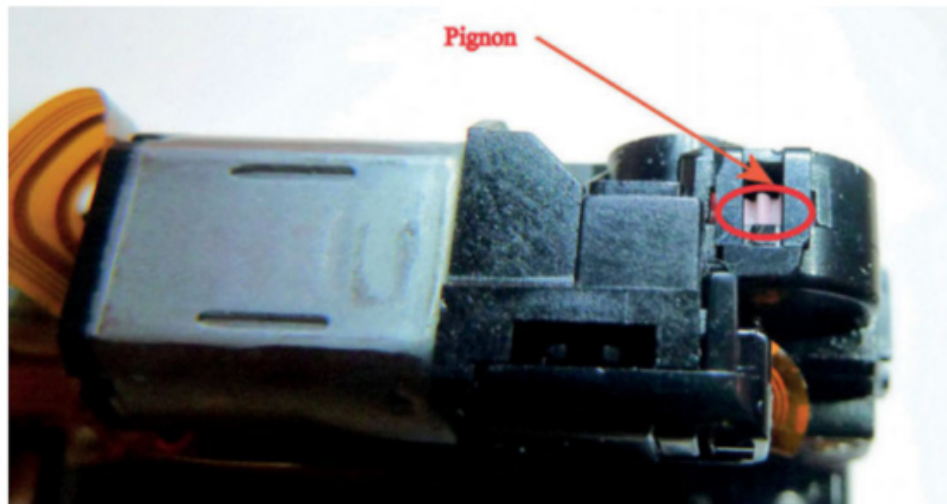


Figure 8-5. Pignon particulièrement exposé aux grains de sable

## Caméscopes

Encore plus que les appareils photo, les Caméscopes sont très compacts et fragiles. Leur démontage est souvent difficile et peut conduire à des déceptions.

Les appareils les plus anciens, à bande magnétique, auront parfois besoin d'un nettoyage des têtes magnétiques ou du mécanisme qui se grippe de temps en temps. Les appareils modernes à mémoire flash ne possèdent plus de parties mécaniques en dehors de l'optique, leur fiabilité est meilleure, mais nul n'est à l'abri d'un choc qui peut détruire l'optique ou l'écran de visualisation. Cette fois encore, on pourra sans doute redonner vie à un Caméscope à partir des pièces récupérées sur un appareil en panne pour quelques euros, car, à part les écrans, les pièces détachées sont difficilement trouvables.

N'imaginez en aucun cas la possibilité de dépanner les circuits électroniques au niveau composant : ces appareils sont trop complexes, miniaturisés à l'extrême et les informations trop peu disponibles. On se contentera donc des réparations basiques :

- la reconstitution et le nettoyage des parties oxydées (compartiment batterie) ;
- le changement d'un écran de visualisation cassé ;
- le changement d'une nappe de liaison cassée ;

- le remplacement d'un disque dur pour les modèles qui en sont équipés ;
- pour les plus anciens, le nettoyage des parties mécaniques et des têtes de lecture/écriture ;
- le changement des courroies ;
- éventuellement le changement des têtes de lecture/écriture, mais cela ne se justifierait que pour des modèles très haut de gamme justifiant une réparation coûteuse qu'il serait préférable de confier à un professionnel.

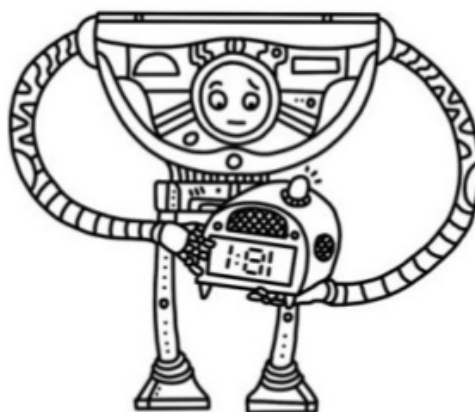
Ces petites réparations représentent la majorité des problèmes rencontrés sur ces appareils, en dehors de la casse bien entendu et de l'encrassement des optiques, souvent difficiles à nettoyer.

## Radios portatives

### TPOLOGIE DES RÉPARATIONS POSSIBLES

Les récepteurs radio modernes possèdent une électronique parfois complexe, très intégrée, miniaturisée et difficile à réparer. Le temps des récepteurs à six transistors est révolu, ils étaient d'ailleurs très robustes. On parle aujourd'hui de récepteurs RDS (*Radio data System*), avec affichage LCD, programmation des stations, etc., le tout pour un faible coût. Dès lors, trouver la documentation nécessaire à réparer un récepteur moderne de radio relève du défi ! Il subsiste quelques situations où il sera facile et peu coûteux de remédier à certaines pannes, en voici la liste.

- Les pannes dues à la négligence de leurs propriétaires qui ont laissé des piles usagées dans leur compartiment : coulures chimiques provoquant des oxydations importantes, parfois trop étendues pour pouvoir être réparées.
- Les pannes dues à l'oxydation des contacteurs et des potentiomètres.
- Les pannes dues aux chocs ou chutes de ces appareils souvent transportés ; la présence d'éléments lourds (piles, haut-parleur) auprès d'éléments fragiles provoque souvent, lors d'un choc ou de la chute d'un appareil, une destruction partielle d'un circuit imprimé qu'il est alors facile de réparer.
- Une antenne télescopique cassée pourra facilement être remplacée.
- Le bris de la ferrite d'une antenne interne cassée pourra également avoir provoqué la rupture des petits fils de cuivre reliant l'antenne au circuit imprimé. La réparation sera minutieuse mais possible, les ferrites se trouvant assez facilement.
- De même, les conditions d'utilisation étant parfois très difficiles, la poussière pourra provoquer des problèmes au niveau des haut-parleurs qu'il faudra nettoyer ou remplacer si la membrane est percée.





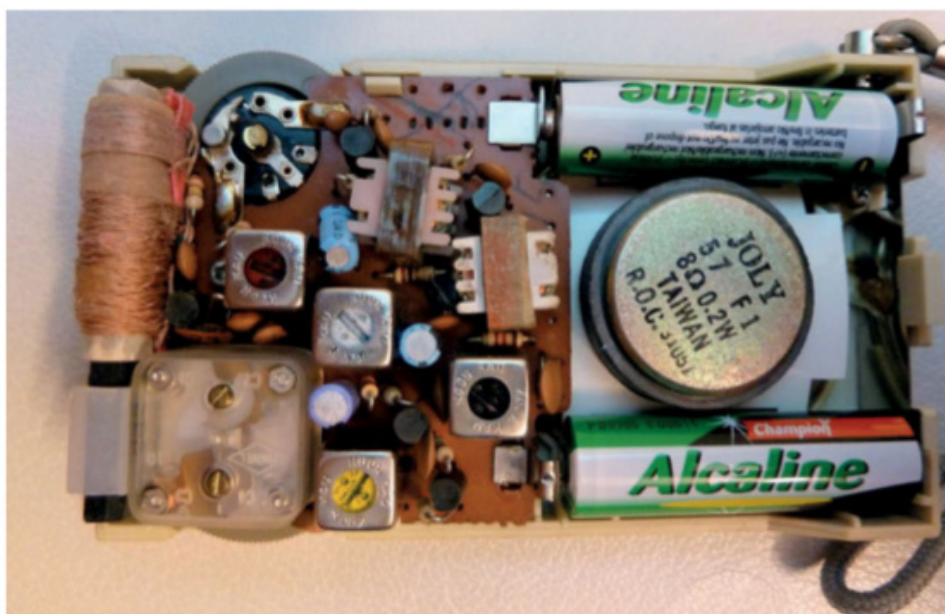


Figure 8-6. Petite radio à six transistors

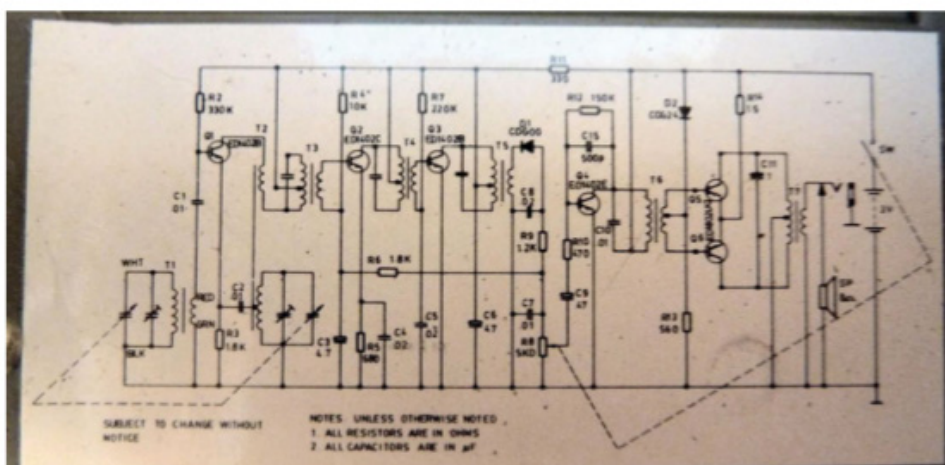


Figure 8-7. Placé dans le couvercle de la radio, ce schéma témoigne de la simplicité technique en 1960 !

En revanche, les problèmes d'affichage des petits écrans, les fonctionnements incorrects du récepteur (à part dans certains cas, le ou les amplificateurs basses-fréquences restent facilement réparables), seront difficiles à diagnostiquer et réparer.

Sachez aussi qu'en dehors des problèmes d'oxydation dus aux piles ou à l'humidité, seules les pannes résultant de chocs pourront être le plus souvent réparables avec succès pour les appareils récents. Les appareils plus anciens, moins courants de nos jours bien entendu mais tellement plus simples (quelques transistors suffisaient alors), seront bien plus faciles à réparer !

## CRACHEMENTS ET INSTABILITÉS DU FONCTIONNEMENT

Souvent dus à des mauvais contacts au niveau des connecteurs ou des potentiomètres de réglage de volume ou tonalité (anciens modèles), ces problèmes se corrigent facilement à l'aide d'une bombe de nettoyant-désoxydant pour contacts électriques.

Dans le cas extrême où ce remède ne suffirait pas, le remplacement de l'élément défectueux, souvent assez facile, sera envisagé, pourvu qu'il soit possible de trouver la pièce de remplacement.

## PROBLÈMES D'OXYDATION DES PILES

La première des opérations à mener sera d'ouvrir l'appareil afin de déterminer si l'attaque chimique s'est limitée aux contacts des piles ou si cela s'est propagé. Il faudra ensuite commencer à nettoyer tous les éléments atteints par l'oxydation. Pour ce faire, on utilisera de l'alcool isopropylique et une petite brosse à dents ou un pinceau. Il sera parfois nécessaire de reconstituer les pistes du circuit imprimé rongé, et il y aura des cas où les circuits seront atteints de façon irréversible.

Bien souvent, l'aspect visuel des contacts d'une pile ou d'une batterie ayant laissé s'échapper l'acide qu'elle contient ne paraîtra pas très important. Mais il ne faut pas s'y fier : le contact oxydé devenant totalement isolant, il faudra parfois utiliser des abrasifs (toile émeri à grain très fin) pour retirer la couche d'oxyde isolant ou la rouille qui s'est développée, avant que le contact ne puisse se faire à nouveau.

Pour vérifier si le problème peut se résumer à la mauvaise qualité des contacts des piles ou batteries, on utilisera une alimentation de laboratoire pour alimenter l'appareil à l'aide de câbles de connexion munis de pinces crocodiles, et en s'assurant que la tension d'alimentation parvient bien aux circuits de l'appareil.



Les problèmes d'oxydation sont sournois, leur élimination est parfois difficile et il est indispensable de neutraliser totalement l'action des produits chimiques les ayant provoqués. Procédez à l'étamage des contacts après nettoyage et à l'application d'un vernis protecteur sur les pistes des circuits imprimés atteints. Ne laissez jamais un appareil inutilisé avec des piles à l'intérieur, remplacez les piles ou batteries défectueuses sans attendre.

## CIRCUIT IMPRIMÉ CASSÉ

Les circuits imprimés des appareils modernes comportent une ou deux couches de pistes conductrices externes pour les plus simples (et les plus nombreux). Certains appareils possèdent des circuits multicouches avec des pistes internes. Ces derniers seront très difficilement réparables.

Si la cassure est importante, il faudra juger de la quantité de pistes à reconstituer avant d'envisager une remise en état. Dans tous les cas, il faudra vérifier les points suivants :

- le nombre de couches du circuit, la dimension des pistes et de leur isolement ;
- la possibilité de souder des fils pour doubler les pistes endommagées ;
- la présence des composants situés au niveau de la cassure qui seront à changer ;
- la possibilité de renforcer le circuit (mécaniquement) après réparation afin d'éviter une casse future de la partie réparée.

C'est en fonction de ces critères qu'il faudra décider, ou non, de réparer le circuit.

Certaines pistes devront être simplement remises en contact par dépôt de soudure (petites fêlures) après décapage du vernis protecteur ou désoxydation du cuivre ; certaines pistes devront être doublées par des fils qui seront soudés sur des points étamés du circuit ou sur des broches de connexion des composants. L'utilisation de fil de câblage dit de « Wrapping » (jauge 24 ou 30) isolé au Téflon permettra de reconstituer facilement les connexions défectueuses.

Dans tous les cas, il faudra vérifier la continuité des circuits ainsi réparés à l'aide d'un ohmmètre.

Il faudra ensuite renforcer la solidité du circuit afin de lui donner une chance de résister aux contraintes habituelles subies par l'appareil.

Pour ce faire, on vissera ou on collera par exemple une plaque de plastique renforçant le circuit à l'aide de colle époxy et on s'assurera de la bonne fixation de l'ensemble au boîtier de l'appareil.



Il sera bon de vérifier si, à la suite d'un choc, les autres éléments sont bien fixés au boîtier, notamment les composants lourds (haut-parleur ou transformateur par exemple) afin d'éviter qu'ils viennent heurter à nouveau les circuits fragiles. La réparation des colonnettes de fixation ou vissage en plastique sera souvent nécessaire. Utiliser de la colle cyanoacrylate, un renfort par du sable très fin semé sur la colle pouvant être bénéfique.

## RÉPARATION D'UN HAUT-PARLEUR

Il est possible de réparer un haut-parleur défectueux, mais il faudra parfois songer à le changer. Bien que d'un coût très modeste, les petits haut-parleurs sont souvent difficilement remplaçables du fait de leurs dimensions adaptées à leur appareil. Il faudra quelquefois modifier légèrement la carcasse d'un haut-parleur, ou son emplacement, pour lui permettre de se loger dans l'appareil.

### Attention à la limaille !

Les haut-parleurs ont des aimants très puissants qui attireront la moindre limaille de fer lors d'une modification de la carcasse. La limaille viendra se loger au plus près de l'aimant provoquant souvent des vibrations parasites avec la membrane. Il faut donc éviter, tant que faire se peut, de limer ou scier une carcasse sans prendre des précautions par rapport à la limaille de fer produite. Placer un petit aimant surpuissant au néodyme près de la zone modifiée fera parfaitement l'affaire.

Les réparations envisageables sur un haut-parleur sont les suivantes :

- réparation d'une membrane percée ou décollée mais avec le risque de voir apparaître des vibrations parasites : on utilisera de la colle rapide en quantité minimale pour éviter les vibrations s'il s'agit d'un point de colle en milieu de membrane ;
- élimination de poussières (souvent métalliques) à rechercher à l'aide d'un outil en fer qu'on magnétisera pour retenir la limaille à son extrémité ;
- réparation des fils de liaison entre les cosses de connexion de la carcasse et les œillets situés sur la membrane : on mettra un point de soudure au niveau de la coupure, ou on reliera les deux extrémités coupées à l'aide d'un fil de cuivre émaillé spiralé et soudé ; on veillera à la bonne continuité de la liaison ainsi réparée et à l'absence de vibration.





Figure 8-8. Haut-parleur à membrane détachée de la carcasse réparé à l'aide de colle

Il sera pratiquement toujours impossible de réparer une membrane détruite ou cassante (papier séché), d'éliminer la présence de limaille dans l'entrefer de l'aimant, ou de rétablir les connexions coupées au niveau de la bobine mobile et tout problème de décentrage de la bobine mobile par rapport à l'aimant.

## Combinés récepteurs radio-CD-cassettes portatifs

Pour ces appareils, on pourra, en ce qui concerne la partie réception, se reporter à la section « Radios portatives » au début de ce chapitre. Nous nous limiterons aux pannes de lecture des CD et aux unités d'enregistrement/lecture de cassettes audio, bien que cela devienne un peu démodé (mais non sans charme !).

### VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UN LECTEUR CD

La plupart des pannes sont relatives à la mauvaise lecture des disques compacts. Le plus souvent, la lecture saute, le disque n'est pas reconnu ou la lecture s'interrompt. Dans ces situations, le problème se situe quasiment à 100 % au niveau du lecteur CD et, s'il ne s'agit pas d'un problème d'encrassement des parties mécaniques (sable ou poussières), vous pouvez être sûr que le bloc optique en lui-même est défectueux. Le remplacement d'un lecteur complet est souvent très onéreux et la pièce est parfois non identifiée ou difficile à trouver.

Les pannes suivantes, fréquentes, peuvent être réparées :

- Le moteur ne démarre pas ou peine à démarrer : il faudra changer le lecteur CD complet, son mécanisme ou récupérer un moteur sur un autre (avec le risque qu'ils ne soient pas compatibles mécaniquement et/ou électriquement). Un nettoyage du moteur pourra parfois remédier à ce problème. Élément souvent standard : son remplacement pourra également s'envisager, à partir de la récupération d'un moteur sur une autre unité en panne.
- Le déplacement longitudinal de la tête laser semble perturbé : on vérifiera la propreté et le graissage des pignons et engrenages ou la lubrification des glissières.
- Dans tous les autres cas, le bloc optique comportant la diode laser sera en cause et nécessitera d'être remplacée.

- Le démontage d'un lecteur CD n'est pas très complexe et les parties internes sont facilement accessibles.

On se reportera à la section « Lecteurs/graveurs de CD, DVD et Blu-ray » page 206 pour la réparation d'un lecteur optique.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UN LECTEUR/ENREGISTREUR DE CASSETTES

Les circuits électroniques de ces lecteurs ont une fiabilité à toute épreuve. La plupart des problèmes sont d'origine mécanique : plus le lecteur est sophistiqué (autoreverse, mécanique asservie, etc.), plus les problèmes mécaniques sont fréquents. Nous ne traiterons donc que la réparation des problèmes mécaniques dans cette section.

### Nettoyage du mécanisme, graissage et remplacement des courroies et galets

Le nettoyage du mécanisme d'un lecteur de cassettes est plus délicat que celui d'un lecteur laser en raison de la complexité du mécanisme.

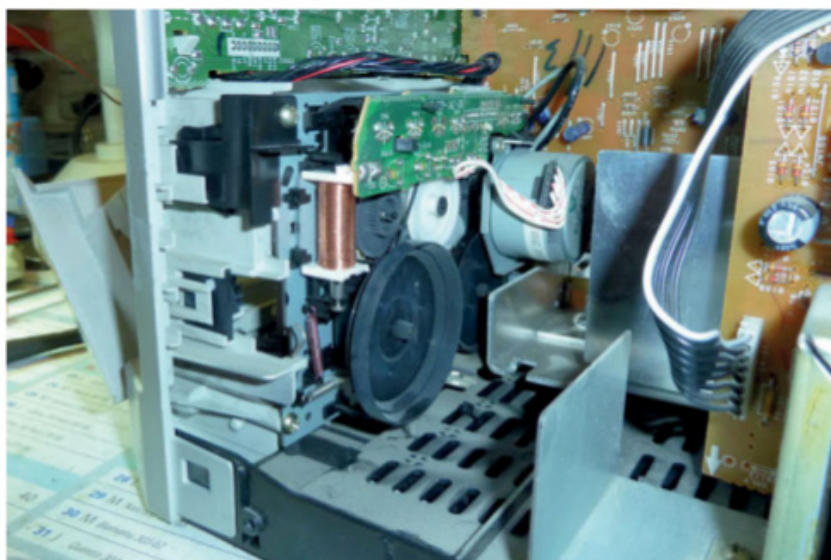


Figure 8-9. Lecteur/enregistreur de cassettes intégré à une chaîne hi-fi compacte

Il faudra d'abord suffisamment dégager le mécanisme pour accéder aux parties à nettoyer. Ce n'est d'ailleurs pas le plus facile, on risque d'endommager le mécanisme lui-même, les câbles qui le relient au reste de l'appareil et les circuits imprimés voisins si on n'est pas méticuleux. On peut aussi endommager les têtes magnétiques en les touchant avec les doigts ou tout autre objet, surtout s'il est métallique ou, pire encore, magnétique (fer ou acier).

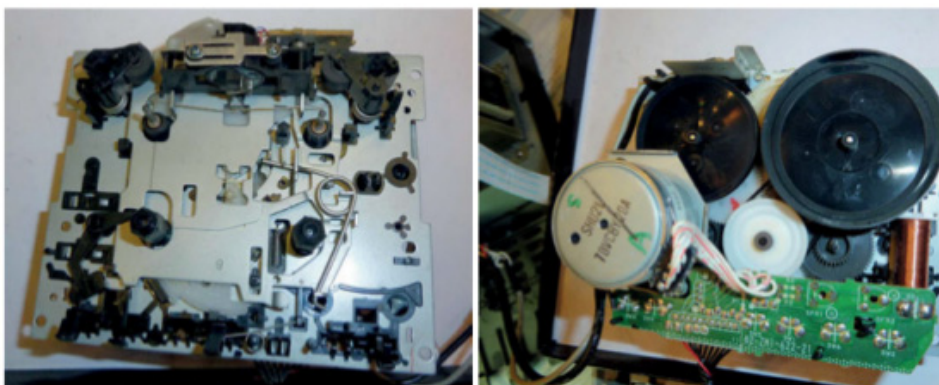


Figure 8-10. Mécanisme sorti de son appareil (dessus/dessous)

Sous une loupe, on nettoiera le mécanisme, pignons et engrenages, avec de l'alcool isopropylique, afin de vérifier qu'aucune poussière, grain de sable ou fibre de tissu ne vienne le bloquer. Un peu de graisse pour mécanismes délicats fera l'affaire après nettoyage.

Plusieurs courroies et galets en caoutchouc sont en général visibles au niveau du mécanisme, selon sa complexité, et au niveau de l'entraînement de bande. Une courroie détendue, glissant sur la poulie, pourra provoquer du pleurage si ce n'est l'arrêt complet de la lecture. De même, les galets presseurs, qui maintiennent la bande en contact avec l'axe d'entraînement de bande, ou qui entraînent une poulie libre, agissant comme un embrayage, pourront provoquer ces défauts s'ils sont mal nettoyés (salissures, huile ou dépôt de revêtement magnétique de bande).

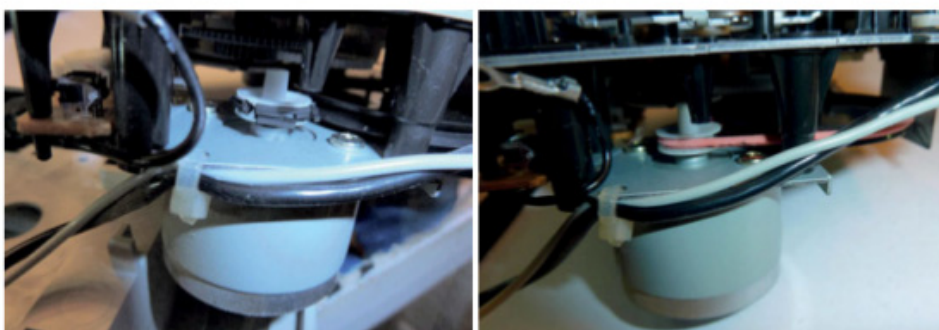


Figure 8-11. Courroie cassée et collée sur sa poulie, remplacée à droite

Enfin, un défaut de bobinage de la bande sur l'une ou l'autre des bobines en mode lecture ou défilement rapide surviendra en cas de patinage des courroies ou galets, voire parfois des rondelles de feutre sales ou imbibées de graisse. Ces rondelles de feutre sont placées dans l'axe de poulies réceptrices et permettent un glissement de deux faces de poulies assurant un entraînement souple de la bande. On nettoiera à l'alcool les poulies et les courroies afin d'éliminer toute trace de graisse pouvant provoquer des glissements de courroies. Si la courroie est devenue lâche ou sèche, il faudra se résoudre à la changer, en se procurant des courroies ayant le bon profil (carré/plat/rond), la bonne section et la bonne dimension. Les courroies, qui ne sont pas utilisées dans les parties critiques du



lecteur, pourront être remplacées par de simples élastiques, à condition qu'ils soient de bonne qualité (en véritable caoutchouc) pour garantir une fiabilité dans le temps. En revanche, évitez d'utiliser des élastiques pour les courroies entraînant la bande, en raison du risque de pleurage découlant d'un entraînement instable de la bande.

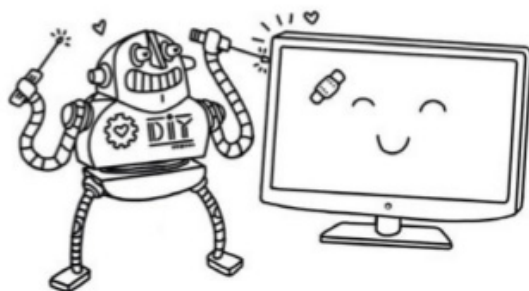
### Le pleurage

Très désagréable à l'oreille, le pleurage résulte de la vitesse instable du défilement d'une bande magnétique provoquant des variations aléatoires des fréquences audibles. Ce phénomène est causé par une courroie détendue ou grasse, un défaut de pression d'un galet ou son encrassement, un encrassement de l'axe d'entraînement de la bande ou des têtes magnétiques.

Le remontage du mécanisme de lecture sera tout aussi délicat que le démontage, l'expérience m'a appris que, malheureusement, il fallait souvent s'y prendre à plusieurs reprises en raison de l'oubli d'une vis ou de l'exécution des opérations dans une séquence incorrecte, une opération gênant ou interdisant la suivante.



Pensez à relever le plan de démontage de l'appareil et à classer les vis selon leur emplacement en les fixant à un plan sommaire de l'appareil à l'aide de ruban adhésif.



La mécanique a ses secrets que l'électronicien a parfois du mal à appréhender, tout comme l'électronique a les siens, rébarbatifs aux yeux du mécanicien. Avant de remonter le mécanisme dans son appareil, on vérifiera son fonctionnement. Ceci nécessitera parfois un démontage supplémentaire de l'appareil, afin de permettre les connexions avec les circuits électroniques.

Je dois dire que je suis souvent en admiration devant la complexité des systèmes électromécaniques alors que l'électronique me paraît plus simple. Heureusement, l'électronique simplifie de plus en plus les mécanismes. Il n'y a qu'à regarder l'intérieur d'un Caméscope à bande et celui d'un Caméscope à mémoire flash pour s'en persuader...



La réparation des appareils électromécaniques doit être considérée avec beaucoup de méticulosité. La casse par inattention peut être fréquente, et il est parfois très difficile de comprendre le fonctionnement d'un mécanisme complexe. Démontage et remontage sont des phases très critiques à mener dans le calme et sans précipitation. Dans le cas des appareils à bandes magnétiques, il convient de proscrire les outils possédant une magnétisation (tournevis) à même de provoquer une magnétisation néfaste des pièces métalliques au contact de la bande.

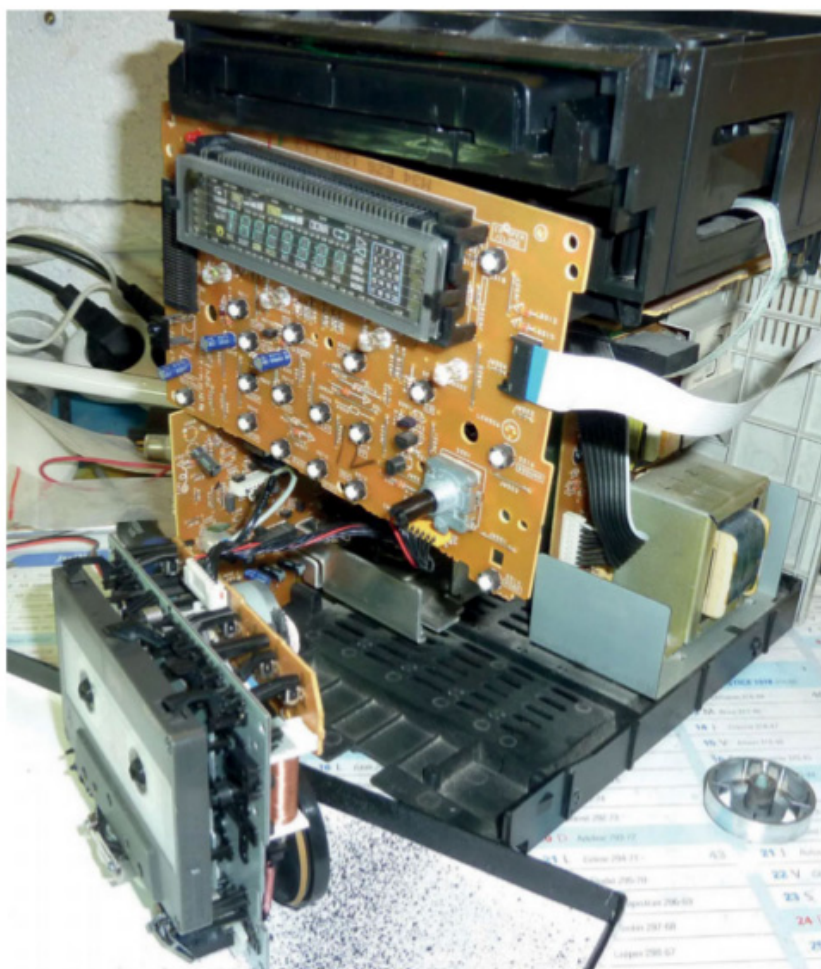


Figure 8-12. Test d'un mécanisme de lecteur/enregistreur de cassettes

### Nettoyage et alignement des têtes

Le nettoyage des têtes sera rendu nécessaire lorsque, le temps faisant ses ravages, les bandes magnétiques auront déposé des résidus magnétiques sur les têtes et toutes autres parties en contact. Les têtes magnétiques encrassées ne permettront pas la reproduction (ou l'enregistrement) des fréquences aiguës, rendant le son sourd.

Muni d'un bâtonnet de coton, on passera de l'alcool isopropylique sur les têtes dans le sens de défilement de la bande (enregistrement/lecture et effacement).

Des traces noirâtres seront probablement constatées sur le coton : renouvelez l'opération en changeant le bâtonnet jusqu'à disparition des traces. Vérifiez bien qu'aucun résidu de coton ne reste collé sur les têtes. Sachez également que le désalignement des têtes peut réduire les fréquences aiguës : il existe en général une vis permettant le réglage de l'azimut de la tête que l'on fera à l'écoute du son, en maximisant la reproduction des aigus.

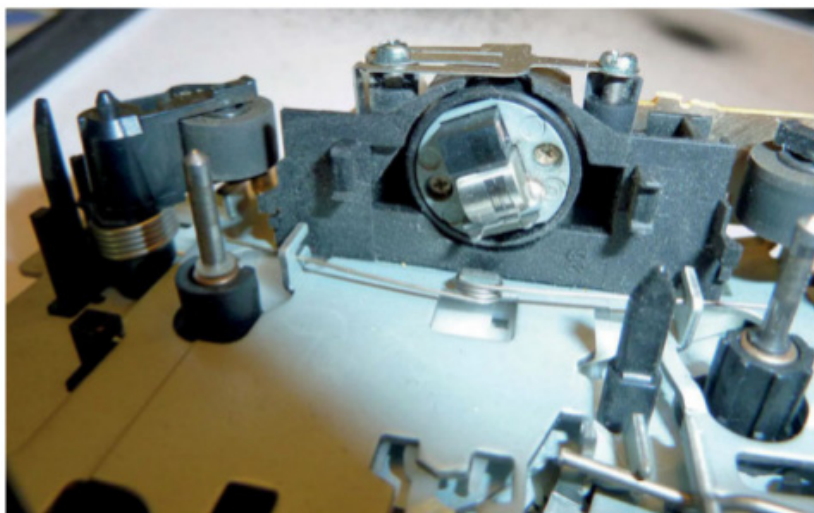


Figure 8-13. Mécanisme autoreverse avec têtes rotatives

Dans le cas des appareils « autoreverse », il faudra d'abord déterminer le fonctionnement du mécanisme avant d'intervenir. En effet, on pourra être en présence d'un appareil à deux têtes séparées (une par sens de défilement), d'un appareil à tête unique à quatre pistes ou d'un appareil à tête à retournement.

Les puristes pourront utiliser des bandes enregistrées avec des fréquences diverses et un oscilloscope pour parfaire le réglage. Je pense pour ma part que l'essentiel avec ces appareils étant de se faire « auditivement » plaisir, le réglage à l'oreille est très suffisant et plus rapide. Les mélomanes ont depuis longtemps adopté des solutions plus performantes.

Sachez aussi que, lors des manipulations proches des têtes magnétiques, il est recommandé de travailler avec des outils « amagnétiques » afin de ne pas risquer de magnétiser les têtes. Dans le cas contraire, utilisez un des dispositifs de démagnétisation existants.

## Chaînes hi-fi

En dehors des équipements très haut de gamme utilisant des amplificateurs à tubes électroniques, toute la hi-fi moderne utilise des circuits à semi-conducteurs, traités dans cette section. Nous laisserons le dépannage des appareils utilisant des tubes à vide aux spécialistes, je doute d'ailleurs que le propriétaire d'un amplificateur à tubes coûteux néglige son dépannage en ne le confiant pas à un professionnel.

S'il s'agit de matériel « vintage », la question devra se poser de l'intérêt d'un dépannage au vu du coût d'un matériel moderne équivalent, mais cela, j'en conviens, est en opposition avec la démarche poursuivie du recyclage sans but économique et par plaisir. En règle générale, le matériel utilisant des tubes à vide est beaucoup moins intégré et compact, donc souvent plus facile à dépanner ; certaines pièces détachées peuvent être plus difficiles à trouver. Toutefois, certains matériels utilisaient ou utilisent une technologie hybride, ne réservant l'usage des tubes électroniques qu'aux étages de puissance. Dans ces appareils toujours anciens, il sera souvent recommandé de remplacer tous les



condensateurs électrochimiques présents (surtout ceux des circuits d'alimentation et de puissance) dont la durée de vie est limitée.

Dans ce chapitre, nous nous limiterons aux chaînes hi-fi à éléments séparés classiques et aux chaînes compactes transistorisées.

À vrai dire, avant même de commencer et surtout dans le cas des appareils compacts, la première étape, souvent difficile, sera de démonter l'appareil pour accéder à ses circuits et émettre un diagnostic. Une fois l'appareil désassemblé, il faudra parfois créer des connexions temporaires remplaçant celles qui ne peuvent être maintenues lorsque les circuits imprimés sont rendus accessibles, en raison de la trop faible longueur des câbles utilisés.



Pour assurer efficacement le dépannage des appareils hi-fi, il est indispensable, en tout début de travail, de pouvoir accéder sans gêne à tous les éléments de façon à pouvoir diagnostiquer puis réparer les éléments fautifs. Ce démontage réalisé, on s'assurera que l'appareil, mis à plat sur la table de travail, est dans le même état de fonctionnement (mauvais ou défectueux) qu'avant l'opération.

## RÉPARATION DES UNITÉS DE CD

Ces éléments communs à plusieurs types d'appareils sont largement abordés dans la section sur les lecteurs/graveurs optiques plus en avant dans ce chapitre, traitant de la remise en état des mécanismes de chargement et blocs de lecture (le dépannage de leurs circuits électroniques étant rarement nécessaire vu leur fiabilité éprouvée).

Ces éléments, qu'ils soient séparés ou intégrés dans des appareils compacts, ne présentent aucune particularité si ce n'est, dans le cas des éléments séparés, la présence d'une alimentation qui leur est propre et qui pourra être réparée, comme toutes les alimentations d'autres appareils traités par ailleurs dans cet ouvrage.

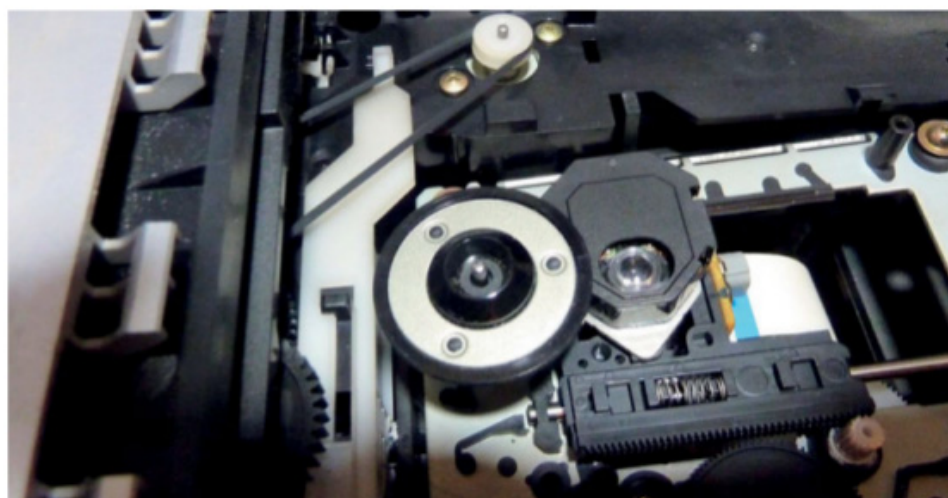


Figure 8-14. Lecteur de CD d'une chaîne hi-fi : courroie et bloc laser (capot supérieur et platine de centrage retirés)

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION DES CIRCUITS DES CHAÎNES HI-FI

Les différentes parties électroniques des chaînes hi-fi, (alimentation, circuits de réception) sont abordées pour d'autres appareils et il n'y a pas de grandes spécificités propres aux appareils hi-fi.

Le dépannage des circuits de réception n'est pas envisageable, à la fois en raison de leur complexité et de l'absence de documentation dans la plupart des cas. Ces circuits ne sont d'ailleurs que très rarement mis en cause, contrairement aux habituelles alimentations et circuits d'amplification.



Les anciens tuners de conception classique (avec aiguille indicatrice et cadran) demeurent réparables, leurs pannes se limitant la plupart du temps à un composant de liaison (condensateur) ou un transistor défectueux. Même sans schéma, pour qui connaît l'architecture de ces anciens appareils, la réparation est facile. Mais les pannes sont rares, en dehors du remplacement de la cordelette d'entraînement de l'aiguille !

Certaines chaînes, notamment celles qui sont puissantes, utilisent encore des alimentations classiques (transformateur, pont redresseur et filtrage) qu'il est inutile de décrire ici en raison de leur simplicité. La plupart des appareils modernes font appel aux alimentations à découpage traitées par ailleurs. En ce qui concerne les circuits d'amplification, la majeure partie des pannes sont dues à des composants défaillants dans les étages de puissance (notamment en raison de l'échauffement). On trouvera souvent des circuits intégrés amplificateurs défaillants ou des transistors des étages de sortie en court-circuit (provoquant un défaut d'alimentation) ou coupés. Il conviendra donc de tester ces circuits en tout premier lieu.

Subissant des demandes de puissance parfois importantes, les amplificateurs de sortie comportent souvent des circuits de protection qui peuvent empêcher le bon fonctionnement des appareils. Selon la qualité et la sophistication des appareils, ces circuits sont plus ou moins riches et complexes. Si l'étage de sortie est un amplificateur « classe D », on trouvera à coup sûr les classiques protections dites « DC » qui vérifient l'absence de fuites de tensions continues vers les haut-parleurs ainsi que des filtres destinés à éliminer le « bruit numérique ». Certains amplificateurs ont des circuits de sécurité basés sur la mesure de température des radiateurs des transistors ou circuits intégrés d'amplification.

Il conviendra donc d'appréhender tous ces circuits lorsqu'on se trouve face à un appareil qui ne fonctionne pas.

Les schémas et notices de maintenance sont rares dans ces domaines d'équipement, mais certaines marques ont fait l'effort de mettre à disposition une documentation avec schémas assez complète.

## Vérification et réparation des enceintes acoustiques

### PANNES FRÉQUENTES SUR LES ENCEINTES

Les problèmes rencontrés au niveau des enceintes acoustiques sont en général de deux catégories : il s'agira soit de vibrations, soit d'absence de reproduction ou de reproduction incorrecte du son. Bien souvent, le problème sera imputable à l'enceinte elle-même (fêlure, décollement, vibration interpestive d'un événement ou cloison interne...), ou à un haut-parleur reproduisant le son de façon imparfaite.



### Panne sur une seule enceinte

En cas de problème rencontré sur une seule enceinte, pensez à la permuter d'abord avec l'autre enceinte afin de vérifier que le problème ne provient pas de l'amplificateur.

Un haut-parleur, s'il fonctionne, pourra émettre des vibrations parasites suggérant la présence de poussières dans son entrefer ou sur sa membrane (attention à la limaille de fer, redoutable car attirée par l'aimant permanent du haut-parleur). Cela pourra également être dû à la rupture partielle et non continue de ses liaisons électriques, à la mise en contact d'un tout autre objet avec sa membrane (contact avec un fil de liaison mal positionné par exemple) ou bien encore du mauvais état de sa membrane (déchirée ou décollée).

La présence d'une vibration est souvent très difficile à localiser ; on ne saura pas toujours d'où cela provient. Pour isoler le problème, on pourra par exemple démonter le haut-parleur de l'enceinte et vérifier, en le maintenant hors de l'enceinte, s'il émet des vibrations. En cas de doute, comme on a la chance de disposer d'équipements en général stéréophoniques, on pourra procéder par permutation du haut-parleur d'une enceinte à l'autre. Si le haut-parleur est mis hors de cause, on orientera ses recherches vers la structure de l'enceinte. La vibration pourra aussi être due à une pièce auxiliaire cassée, fêlée ou décollée (cloison, évent...). Ce sera parfois un travail d'ébéniste !

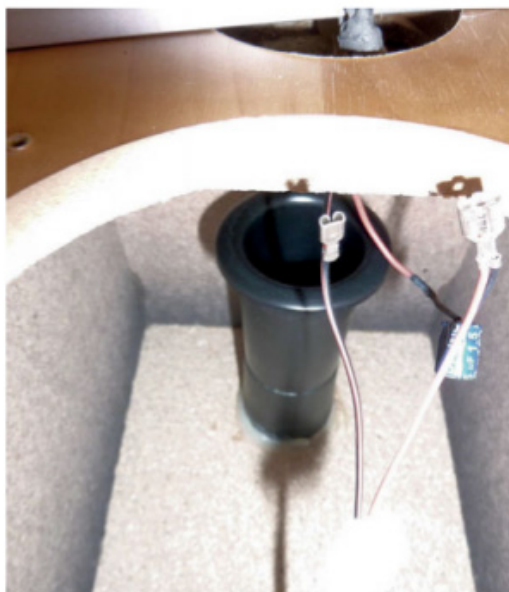


Figure 8-15. Évent interne (en noir) d'une enceinte acoustique

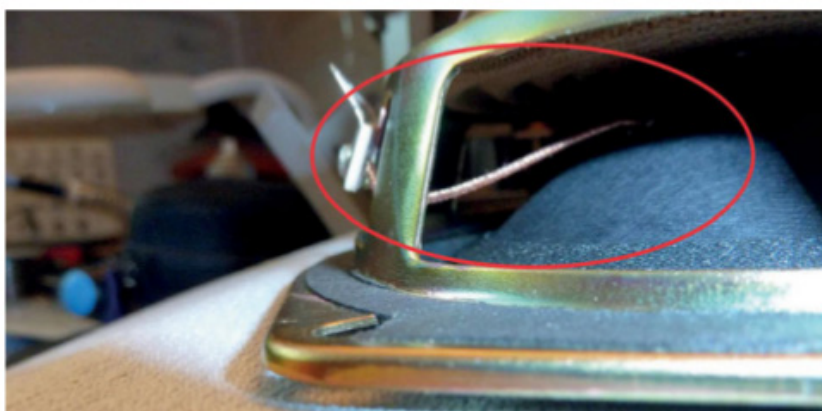


Figure 8-16. Connexion de la membrane en fil souple

Si le haut-parleur est incriminé, on procédera à son échange ou à sa réparation (voir la section « Réparation d'un haut-parleur » de ce chapitre page 195).



Il existe également une particularité : certaines enceintes utilisent deux haut-parleurs ou plus, dont l'un est un tweeter (rien à voir avec Internet, un tweeter est un petit haut-parleur spécialisé dans la reproduction des sons aigus). Afin de ne transmettre à ce tweeter que les fréquences hautes du son, un filtre complexe ou un simple condensateur d'une valeur d'environ 1 à 2  $\mu\text{F}$ , de préférence non polarisé, est placé en série dans la connexion du tweeter bloquant le passage des fréquences graves qui sert de filtre. Ce condensateur est souvent de type électrochimique. S'il est coupé ou si sa valeur a fortement diminué, les aigus ne seront pas reproduits ; s'il est en court-circuit, le tweeter réagissant mal aux fréquences graves produira un son de mauvaise qualité.

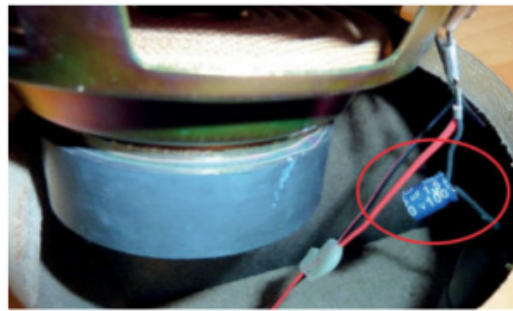


Figure 8-17. Condensateur de connexion vers le tweeter

Dans les enceintes haut de gamme, plusieurs filtres plus sophistiqués comportant inductances et condensateurs peuvent exister pour différencier les sons graves, médiums et aigus. Utilisant des composants de meilleure qualité, ils seront rarement mis en défaut mais leur contrôle pourra parfois réserver des surprises.



Figure-8-18. Démontage d'une enceinte deux voies

## DÉMONTAGE ET REMONTAGE D'UNE ENCEINTE ACOUSTIQUE

Les concepteurs d'enceintes acoustiques ont une bête noire : les vibrations parasites ! Afin de s'en prémunir au maximum, les enceintes sont réalisées en matériaux épais, acoustiquement neutres (si possible en bois qui allie esthétique et caractéristiques sonores adaptées), et sont le plus souvent hermétiquement collées afin d'éviter les fuites d'air provoquant des résonances parasites et les vibrations des matériaux constituant le boîtier.

De ce fait, les enceintes ne sont pas souvent démontables sans provoquer quelques dégâts. L'accès peut en général se faire par l'avant de l'enceinte, après avoir retiré la grille décor de protection, le plus souvent clipsée. On découvrira ainsi les haut-parleurs qui sont maintenus sur la face avant de l'enceinte par des vis. L'intérieur de l'enceinte ne sera atteint qu'après démontage des haut-parleurs. Il est rarement nécessaire d'intervenir à l'intérieur d'une enceinte acoustique, les problèmes se situant plus fréquemment au niveau des haut-parleurs ou des connexions et de leurs filtres. Si, néanmoins, vous devez démonter un des panneaux constituant le boîtier, faites-le avec beaucoup de précaution, en prenant soin d'avoir préalablement démonté les haut-parleurs afin d'éviter de les endommager par la poussière.

Au remontage, recollez ou revissez bien les panneaux en insérant si besoin un joint élastique absorbant les éventuelles vibrations.

## Lecteurs/graveurs de CD, DVD et Blu-ray

On regroupe dans cette section l'ensemble des appareils de lecture de disques compacts, qu'ils soient intégrés à d'autres appareils ou autonomes. Qu'on ait affaire à un lecteur de CD, un lecteur de DVD ou de DVD/Blu-ray, les principes et les pannes qu'on peut espérer corriger restent les mêmes (bien que ces appareils diffèrent profondément les uns des autres dans leur conception électronique). Pour les problèmes diagnostiqués au niveau de l'alimentation, on se reportera au chapitre 11 consacré à la réparation des alimentations.

## DIAGNOSTICS DES PANNES DE LECTEURS/GRAVEURS OPTIQUES

Trois types de pannes sont fréquents sur ces appareils :

- alimentation défaillante ;
- chargement/déchargement défectueux des disques ;
- problèmes de lecture ou de reconnaissance des disques à l'initialisation.

### Problèmes d'alimentation

Ces problèmes viendront le plus souvent du bloc alimentation, rarement des circuits de commande qu'on pourra cependant vérifier et simuler le cas échéant. En particulier, lorsque l'appareil reste en veille, on vérifiera qu'aucune surcharge d'alimentation n'est causée par l'appareil lui-même, mettant en défaut l'alimentation. Ceci se constaterait par une modification de la luminosité de l'affichage de l'appareil. On pourra également utiliser des alimentations de laboratoire pour fournir les tensions attendues à l'appareil et vérifier ainsi son fonctionnement.

## Problèmes de chargement/déchargement

Il s'agit ici des pannes relatives à la mécanique de commande du tiroir support de disque qui est en général bloquée, laissant parfois un disque prisonnier à l'intérieur de l'unité. Sachez déjà qu'il existe généralement un trou minuscule sur la façade avant du tiroir, destiné à y enfoncer délicatement un trombone (de papeterie !) qui permettra l'ouverture manuelle du tiroir bloqué.

Lorsque des problèmes surviennent au niveau du fonctionnement du tiroir, il s'agit dans la plupart des cas d'une courroie qui a vieilli et devient trop lâche ou trop sèche pour entraîner le mécanisme, ou qui a cassé. On aura parfois des pannes dues à la présence de graisse séchée sur les poulies d'entraînement ou à un moteur grillé. Il se pourra aussi que le petit dernier de la famille ait glissé un objet plat à l'intérieur, bloquant ainsi le tiroir. Reste, en ce cas, à espérer que l'objet n'aura pas réussi à atteindre le bloc optique.

On devra donc le plus souvent remplacer la (ou les) courroie(s) d'entraînement du plateau, ce qui est aisé puisqu'un simple élastique en caoutchouc de bonne qualité et de taille adéquate suffira à réparer, pour un temps assez long, le lecteur. Les moteurs de ces unités sont souvent assez communs et standards, on pourra les récupérer sur des unités défectueuses par ailleurs ; mais soyons pragmatiques, je n'en ai jamais vu un défaillir !

## Problèmes de lecture ou de gravure

On orientera, en tout premier lieu, son diagnostic vers une défaillance du mécanisme de lecture, lorsqu'on constate :

- des difficultés à reconnaître un disque à l'initialisation de la lecture ;
- pas de lecture ou sauts intempestifs lors de la lecture ;
- défauts ou erreurs d'écriture (pour un graveur).

Le non-fonctionnement de la lecture des DVD alors que la lecture des CD est correcte (panne fréquente) indique un problème au niveau du bloc optique, ce dernier possédant deux lentilles ou une lentille double. Il pourra aussi s'agir d'une défaillance, heureusement rare, des circuits de l'appareil ; rappelez-vous que ceux-ci, peu ou pas documentés, ont des composants quasiment impossibles à réparer.

Avant d'envisager des pannes de ce type, vérifiez si le défaut est constaté avec différents disques. En effet, des disques mêmes neufs peuvent présenter des défauts de pressage ou des rayures rendant leur lecture difficile ou mauvaise.

Si la panne s'avère bien réelle, trois zones sont à considérer :

- au niveau de l'entraînement du disque : les disques sont mis en rotation par un moteur entraînant directement le disque sans aucun mécanisme intermédiaire ; on vérifiera les connexions du moteur et un éventuel blocage mécanique (le remplacement d'un moteur sera simple mais trouver la pièce de rechange est plus problématique s'il n'est pas standard) ;
- au niveau du déplacement du bloc optique : on vérifiera en particulier le graissage des engrenages et glissières, mais aussi leur propreté (présence possible de grains de poussière ou de graisse séchée) ;
- problèmes localisés au bloc optique ou à l'électronique de l'appareil : on essaiera de nettoyer la lentille à l'alcool isopropylique, de la régler ou de remplacer le bloc optique. Les pannes électroniques à ce niveau sont quasiment inexistantes et rarement réparables.



## RÉPARATIONS ENVISAGEABLES

Les réparations qui concernent les circuits électroniques de ces appareils ne sont pas abordées en raison des difficultés à parvenir à un résultat. Les opérations suivantes sont en revanche tout à fait réalisables sans difficulté.

### Nettoyage du mécanisme, graissage et remplacement des courroies

Le nettoyage du mécanisme n'est pas une opération difficile, mais attention à ne pas endommager la tête laser en la touchant avec les doigts ou tout autre objet.

On nettoiera le mécanisme, pignons et engrenages, avec de l'alcool isopropylique sous une loupe afin de vérifier qu'aucune poussière, grain de sable ou fibre de tissu ne vienne le bloquer. Un peu de graisse pour mécanismes délicats fera l'affaire après nettoyage.

Les courroies ne sont présentes qu'au niveau ouverture/fermeture du tiroir, jamais dans la partie lecture. De ce fait, les courroies défectueuses ne provoqueront que des pannes de transport du disque dans l'unité. On pourra toujours essayer de nettoyer à l'alcool les poulies et les courroies afin d'éliminer toute trace de graisse pouvant provoquer des glissements. Si la courroie est devenue lâche ou sèche, il faudra se résoudre à la changer.

Il conviendra de se procurer des courroies du bon profil (carré/plat/rond), de la bonne section et de la bonne dimension. Ces courroies ne se situant pas dans les parties critiques du lecteur, on pourra souvent les remplacer par des élastiques à condition qu'ils soient de bonne qualité, en caoutchouc naturel pour garantir une fiabilité dans le temps.

### Nettoyage de la lentille et réglage

Lorsqu'un bloc optique est mis en cause, il est inutile de se priver de quelques opérations de sauvetage, même un peu barbares comme le nettoyage de la tête laser. Il y a peu de chances que cela suffise à réparer un lecteur récalcitrant mais cela peut arriver, notamment si le lecteur a été utilisé en milieu humide ou enfumé. Le nettoyage se fera à l'alcool isopropylique à l'aide d'un coton-tige ou d'un tissu de nettoyage de lunetterie en « massant » délicatement en rond la surface de la lentille laser. L'alcool isopropylique s'évaporant très rapidement, inutile de sécher la lentille, on pourra vérifier le résultat très rapidement. Il existe également des CD ou DVD dits de nettoyage. Pour ma part, ils ne m'ont jamais apporté un résultat concluant, alors qu'un petit « massage » comme évoqué ci-dessus est souvent efficace.

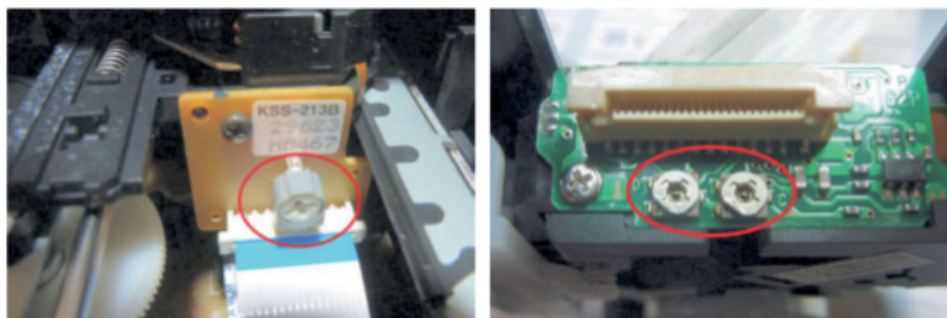


Figure 8-19. Potentiomètres de réglage (CD à gauche, CD/DVD à droite)

Si la lecture demeure toujours aléatoire, on pourra tenter un réglage du (ou des) potentiomètre(s) ajustable(s) présent(s) au niveau de la tête.

Dans le cas des lecteurs mixtes CD/DVD, il existe un potentiomètre pour le réglage CD et un autre pour le réglage DVD. Ils sont repérés par une petite lettre C ou D.

Il conviendra d'agir par très petits changements en vérifiant si cela corrige le défaut de lecture. Pensez à bien repérer la position de départ afin de pouvoir, le cas échéant, revenir en arrière. Pour ma part, j'ai certes pu minimiser certains défauts de lecture en procédant à ces réglages, mais je n'ai jamais pu éliminer totalement les défauts.

### Remplacement du mécanisme ou du bloc optique

Le remplacement du bloc optique est le plus souvent possible, on trouvera parfois le bloc et son mécanisme (bloc optique, moteur et entraînement du bloc optique). Sa référence est présente sur la platine et, en la cherchant, on pourra peut-être trouver un mécanisme complet en vente.

On aura également, pour un coût moindre, la possibilité de changer le bloc laser seul en conservant le mécanisme.

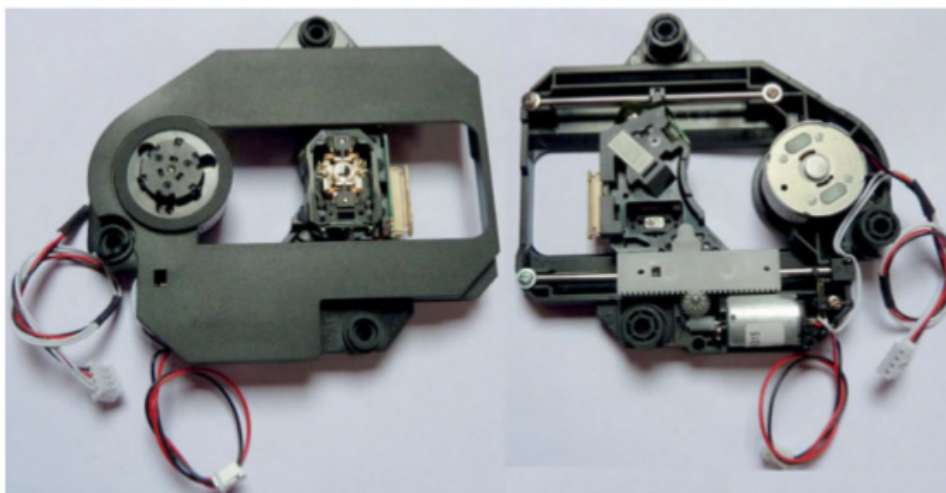


Figure 8-20. Mécanisme complet de lecteur DVD portable

Cette seconde opération est plus délicate mais reste à portée de tous en respectant certaines précautions et surtout elle est très économique. On peut trouver une tête laser neuve pour quelques euros (ou, au pire, à moins de trente). Précautions à respecter :

- Prendre garde à l'électricité statique ennemie des blocs laser. On pourra se munir d'un bracelet conducteur relié à la terre par une résistance d'environ 1 M $\Omega$ .
- Ne pas toucher la lentille laser lors des manipulations.
- Ne jamais forcer sur les mécanismes pour déplacer la tête.
- Ne jamais laisser la graisse du mécanisme atteindre la tête.

Le démontage du bloc optique n'est en général pas difficile. Sur les lecteurs à tiroir, après avoir ouvert celui-ci, on procédera en quatre étapes :

- 1 On démontera la platine surmontant la lentille laser (munie d'un aimant centreur du disque) afin d'avoir accès au mécanisme du lecteur (bloc lentille et moteurs).
- 2 On démontera ensuite la platine du mécanisme entier, en général suspendue sur des petits blocs caoutchoutés (type « silent-bloc ») et vissée sur la carcasse du lecteur.
- 3 On déconnectera alors délicatement les différents câbles plats reliant le bloc au reste de l'appareil.
- 4 Pour terminer, il conviendra de retirer ou dégager la ou les glissières métalliques pour extraire la tête laser.

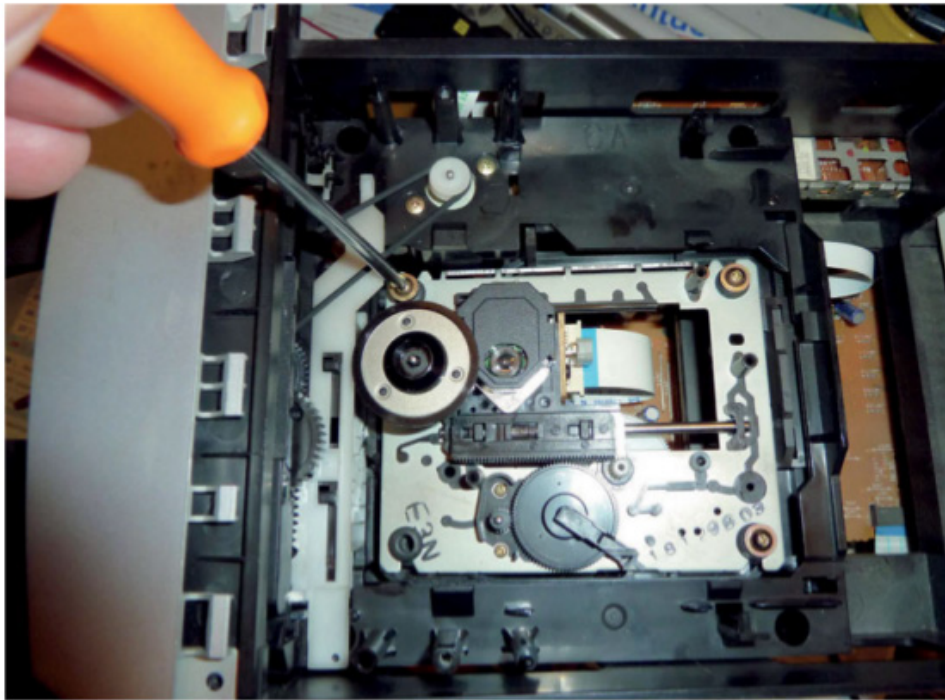


Figure 8-21. Démontage de la platine du mécanisme d'un lecteur CD

Sur les lecteurs possédant un couvercle, on extraira le bloc lecteur vissé sur ses blocs caoutchoutés. En général, seul le mécanisme complet est disponible en pièces détachées.

On procédera en ordre inverse pour la mise en place de la pièce de remplacement.

Il n'y a aucun réglage mécanique délicat à effectuer ; on devra cependant remettre en place le système de rattrapage de jeu présent sur la crémaillère de déplacement de la tête laser. Il s'agit en fait d'une double crémaillère dont une, maintenue par un ressort, glisse sur la première, l'asservissement de l'appareil permettant tous les rattrapages. On vérifiera uniquement à la remise en place que le ressort est légèrement tendu, et que les déplacements mécaniques se font sans difficulté ni jeu, après avoir légèrement graissé la crémaillère.



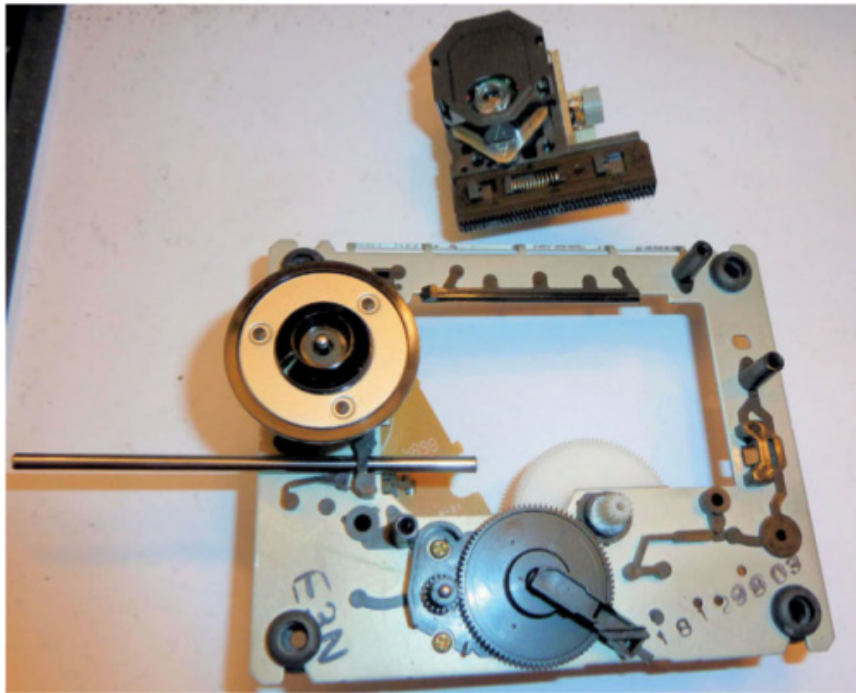


Figure 8-22. Bloc optique démonté après libération de la glissière unique

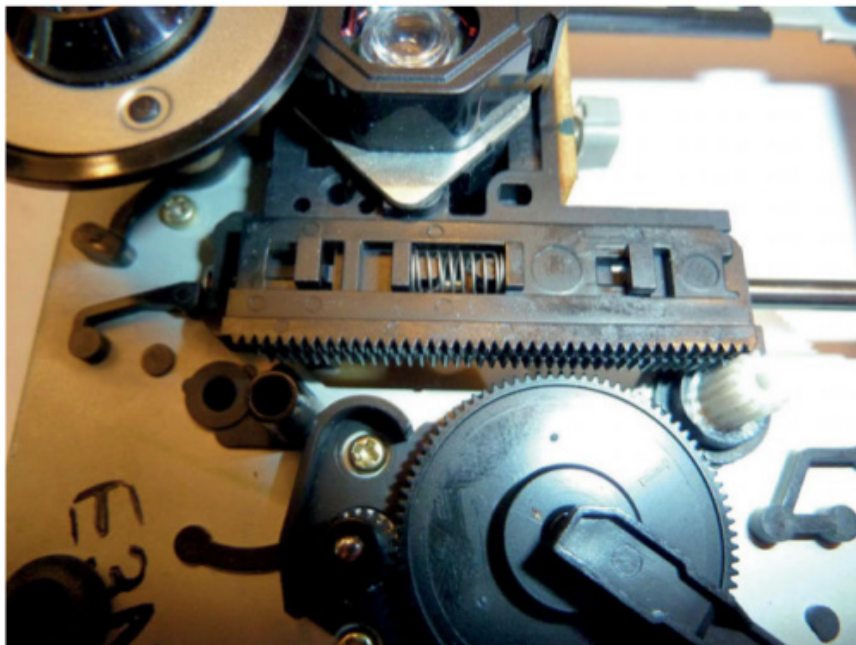


Figure 8-23. Réglage du rattrapage de jeu de la crémaillère (ressort en compression)

Une fois le remontage terminé, avant la remise sous tension, il conviendra de retirer le pont de soudure qui protège les têtes neuves des effets de l'électricité statique durant le transport et la manipulation. Sans avoir effectué cette opération, la tête restera inutilisable.

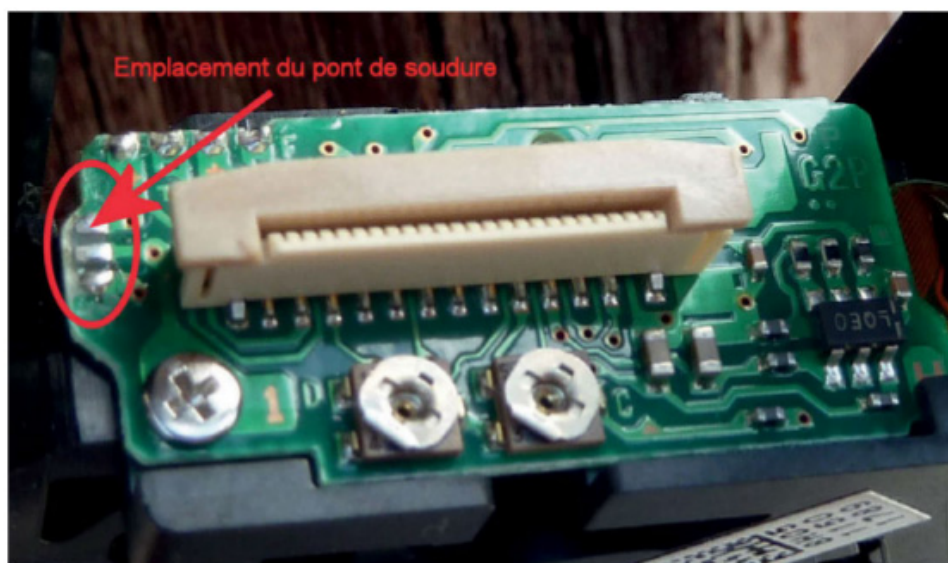


Figure 8-24. Pont de soudure (après suppression) sur un bloc laser de lecteur CD/DVD



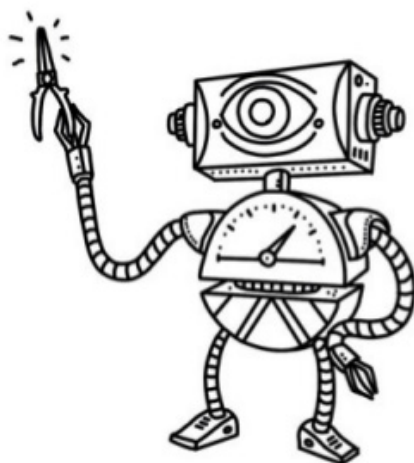
Normalement, l'accès au pont de soudure reste facile, tête remontée. Dans le cas contraire, on pourra retirer le pont de soudure avant montage du bloc dans le mécanisme, mais en prenant ensuite les précautions indispensables pour éviter les effets destructeurs des charges électrostatiques.

## Magnétoscopes

Les magnétoscopes devenant de plus en plus rares, leur réparation n'est guère d'actualité. Pourtant, nombreux sont encore les possesseurs de cassettes vidéo qui aiment les visionner.

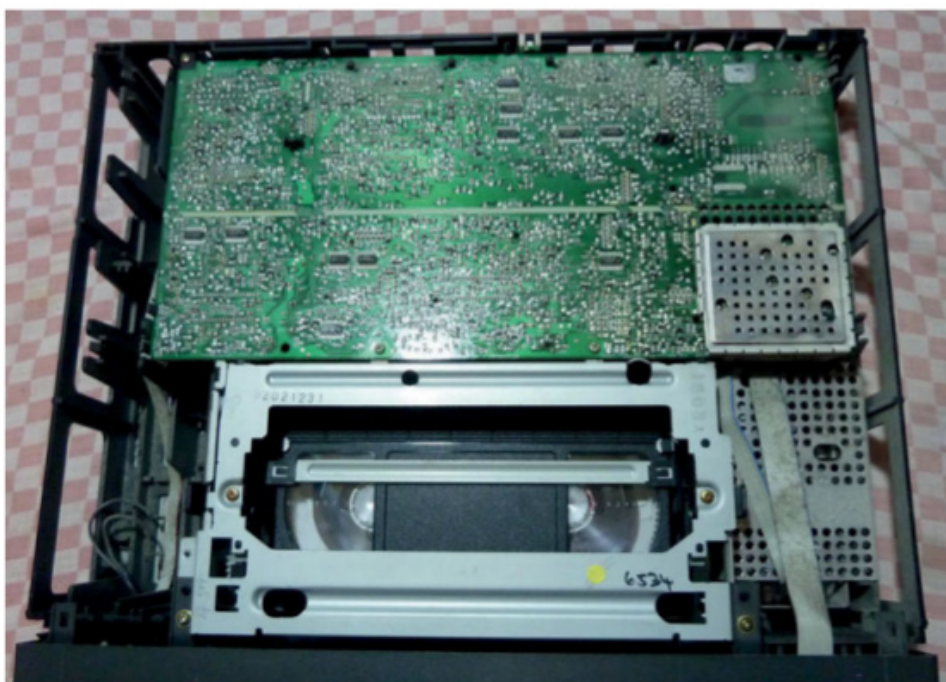
Il fut un temps où on remplaçait les tambours de lecture ou les têtes d'effacement. De nos jours, ces éléments étant difficiles à trouver et chers, on limitera les remises en état au nettoyage des têtes et du mécanisme, ou au changement des courroies.

Bien entendu, si le problème vient de l'alimentation ou de la télécommande de l'appareil, on pourra se reporter à la section « Télécommandes diverses » du chapitre 5 et au chapitre 11 pour réparer un circuit d'alimentation à découpage. Pour le reste des circuits, il sera rarement demandé à un réparateur amateur de les dépanner au niveau composant étant donné, d'une part, la fiabilité de ces circuits et, d'autre part, la difficulté de trouver la documentation nécessaire.



C'est donc surtout les éléments mécaniques et les alimentations qui seront en cause au niveau de ces appareils et que nous traitons dans cet ouvrage.

Un problème de qualité d'image ou de son sera souvent dû à un problème d'encrassement des têtes magnétiques, alors qu'un dysfonctionnement mécanique sera dû, en général, à un problème de courroie détendue ou cassée, ou à un encrassement des galets ou axes d'entraînement de la bande. Plus rarement, il pourra aussi s'agir de la casse ou de l'usure d'un pignon en plastique pour lequel il sera difficile et/ou coûteux de trouver une pièce de remplacement. De même s'il s'agit d'un moteur d'entraînement défectueux.





## NETTOYAGE DES TÊTES D'EFFACEMENT ET D'ENREGISTREMENT-LECTURE

Le nettoyage des têtes d'effacement ne présente pas de difficulté, il s'agit de têtes fixes, comme indiqué au niveau des unités à cassettes. Le nettoyage à l'aide d'un coton-tige ou d'un chiffon doux imprégné d'alcool isopropylique, dans le sens de parcours de la bande, suffira.



Figure 8-26. Tête d'effacement de magnétoscope VHS

Il en est de même pour les têtes d'enregistrement-lecture audio, pourtant plus fragiles.

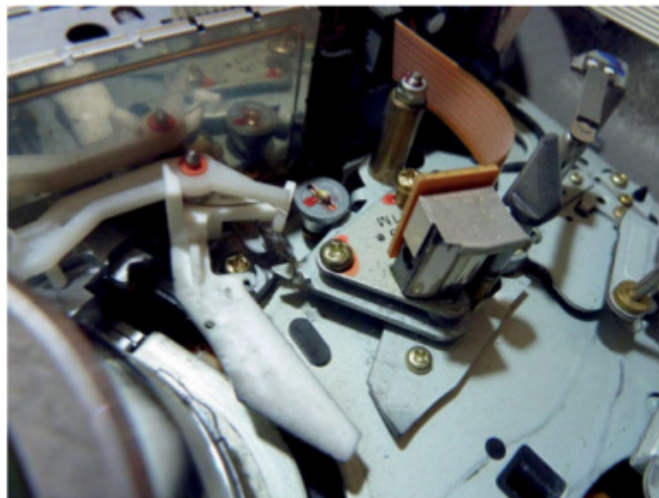


Figure 8-27. Tête d'enregistrement-lecture audio de magnétoscope VHS

On vérifiera après nettoyage que tous les dépôts magnétiques ont bien disparu et qu'aucune fibre textile ne demeure collée à la tête.

En ce qui concerne les tambours d'enregistrement-lecture vidéo, leur fragilité étant beaucoup plus importante, on procédera de la même manière, mais je préfère l'utilisation d'un chiffon doux ET NON PELUCHEUX à imbiber d'alcool et à glisser délicatement sur l'entrefer de la tête magnétique, dans le sens du défilement de la bande (en biais).

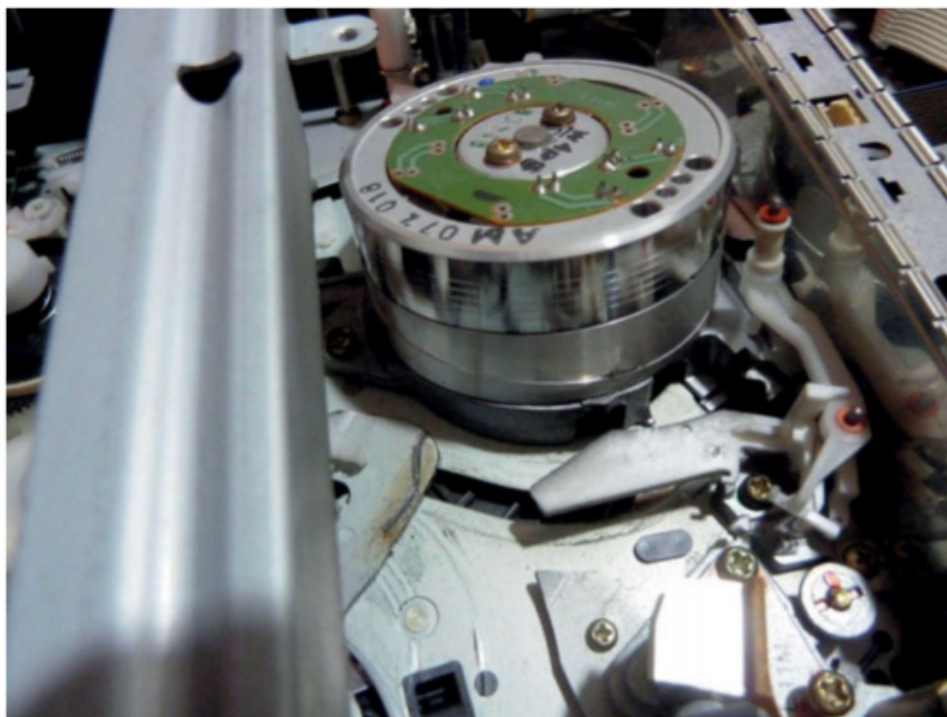


Figure 8-28. Tambour de magnétoscope VHS (lecture-enregistrement vidéo)



Le risque de détérioration de la tête étant important si une fibre vient à s'accrocher à la tête d'un tambour magnétique, il convient donc d'être particulièrement méticuleux et d'agir sans précipitation ni force.

## NETTOYAGE DU MÉCANISME ET CHANGEMENT DES COURROIES

Les mécanismes de transport et chargement de bandes des magnétoscopes sont assez complexes. Lors de la recherche d'un défaut de fonctionnement, il sera utile, au préalable, de comprendre le fonctionnement de celui-ci.

De nombreux galets sont présents, parfois difficiles à trouver en remplacement, les magnétoscopes faisant partie du passé. On tentera leur nettoyage à l'alcool ; si un phénomène de glissement ou pleu-rage est constaté, on pourra aussi renforcer légèrement la pression exercée par le ressort associé.



Figure 8-29. Mécanisme d'un magnétoscope VHS

Les courroies pourront être nettoyées ou changées si elles sont distendues, sèches ou rompues. On trouve encore de nombreuses courroies se caractérisant par leur section (ronde, plate, carrée) et leurs dimensions (section et diamètre ou longueur totale).



Figure 8-30. Vue de dessous du mécanisme logé dans le circuit imprimé

Pour un dépannage moins pérenne, mais rapide et efficace, au risque de subir des effets de pleurage, on pourra remplacer les courroies par des élastiques de bureau de bonne qualité (caoutchouc véritable si possible). Le prix d'une courroie est à peu près celui d'une boîte de 100 élastiques assortis !



### TPOLOGIE DES PANNES

Par manque d'expérience pratique, je ne traiterai que le nettoyage et le remplacement des lampes de ces appareils. Une approche rapide permet de dire qu'un vidéoprojecteur n'est jamais qu'un téléviseur (avec ou sans tuner de syntonisation) dont l'écran est remplacé par un système de projection. Les spécificités sont donc relatives à ce système de projection. Il faut considérer que ces appareils comportent aussi des circuits d'alimentation qui pourront présenter des défaillances comme dans tous les autres appareils.

L'utilisation de lampes de faibles dimensions mais de puissance élevée rend la ventilation de ces appareils primordiale ; il conviendra toujours de s'assurer que cette ventilation peut se faire sans problème, en évitant par exemple d'installer l'appareil dans un coffret juste pour éviter d'entendre le bruit de la ventilation. De même, on s'assurera de la propreté du ou des filtres anti-poussière toujours présents.

Les lampes des vidéoprojecteurs de première génération sont de type haute-pression et font appel à des circuits d'alimentation spécifiques mettant en jeu haute tension et puissance. Pour le dépannage des circuits d'alimentation, on se reportera au chapitre 11 de ce livre traitant des circuits communs aux autres appareils. Il en sera de même pour les circuits d'alimentation des lampes.



Des circuits de sécurité sont présents dans les vidéoprojecteurs, ils forceront une extinction de la lampe en cas de problème de surchauffe. Il conviendra de ne pas éliminer ces circuits s'ils provoquent une coupure lumineuse alors que la lampe est en bon état : il en va de la sécurité contre la surchauffe des circuits, mais surtout des risques d'incendie associés.



Figure 8-31. Vidéoprojecteur Home-Cinéma de type Tri-LCD à lampe conventionnelle

Les projecteurs récents utilisent un éclairage à LED plus fiable et à durée de vie incomparablement plus important. À ce jour, je n'ai pas eu à réparer un de ces projecteurs. Je suppose que les circuits de commande des LED sont conventionnels et pourront si nécessaire être réparés si vous avez pris le soin de lire les sections relatives à la réparation des lampes à LED et des téléviseurs LED.

Parmi les pannes les plus fréquentes des vidéoprojecteurs, les problèmes liés à la poussière (accumulée sur les éléments du système de projection) sont récurrents : l'image semble affectée de taches de couleur voire de déformations.

## TECHNOLOGIES À DISTINGUER

Les systèmes de vidéoprojection se déclinent en deux catégories : les systèmes LCD et les systèmes DLP (*Digital Light Processing*). S'y ajoutent maintenant le système d'éclairage à lampe haute-pression (modèles anciens) et le système à LED.

- Le système LCD est constitué de trois petits écrans LCD (quelques millimètres de côté) dotés de pixels (jusqu'à plusieurs millions) placés devant une source lumineuse. On baptise souvent cette technologie « Tri-LCD » : chaque petit panneau LCD fonctionne en bloquant le passage de la lumière filtrée (selon les trois fondamentales Rouge Vert Bleu mélangées ensuite en une seule image) par le biais de miroirs et prismes puis envoyés vers la lentille de projection (zoom et réglage de la netteté).
- Le système DLP est constitué d'une puce DMD tout aussi petite et dotée de pixels constitués de micromiroirs dont l'orientation de chacun réagit au signal électrique qui lui est appliqué, déviant ainsi la lumière réfléchiée vers la lentille de projection ou vers l'intérieur du projecteur. Le système DLP ainsi constitué ne produit donc qu'une image monochromatique. Afin de rendre l'image colorée, il existe deux techniques.
  - Dans les vidéoprojecteurs grand public, une seule puce DLP est utilisée conjointement avec une roue colorée (roue chromatique) dotée de segments angulaires colorés (couleurs fondamentales et parfois couleurs complémentaires) qui tourne à grande vitesse de façon synchronisée avec le contenu de l'image. L'œil du spectateur reçoit ainsi 3, ou plus, images colorées par image complète et le cerveau reconstitue l'image d'origine par combinaison de ces trois couleurs.
  - Dans les systèmes de projection cinématographiques de grande puissance, plusieurs puces DLP sont utilisées conjointement avec des filtres colorés, les images étant reconstituées par mélange dans un système optique à prismes et miroirs.

Chaque technologie a ses propres avantages et inconvénients ; je ne cite ici que deux qualités et deux défauts par technologie. Pour le reste, chacun pourra se faire sa propre idée.

Tableau 8-1. Comparaison des technologies LCD et DLP utilisées pour les vidéoprojecteurs

SYSTÈME	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Tri LCD	Pureté de l'image Rendu des couleurs	Contraste moindre, luminosité limitée Sensibilité à la poussière et problèmes d'alignement des prismes
DLP à roue chromatique	Luminosité accrue Couleurs vives	Artefacts (aberrations colorées ; moirures dues à la rotation de la roue) Fragilité de la roue
DLP multiples	Luminosité accrue Qualité des couleurs	Un alignement optique de haute précision est nécessaire.

De cette comparaison sommaire il convient, pour le dépanneur, d'avoir connaissance des constats suivants.

- 1 Le système Tri-LCD sera souvent sujet à des problèmes d'encrassement et à des problèmes d'alignement des prismes et miroirs, voire à la casse de ceux-ci en cas de choc.
- 2 Le système DLP à roue chromatique sera plus souvent sujet à des cassures de la roue chromatique mais aussi à des problèmes d'encrassement ou à des défauts de la puce DMD provoquant un effet de pixels morts (points blancs).

Pour les deux systèmes, les problèmes dus à la lampe haute pression et à ses circuits seront identiques :

- durée de vie limitée ;
- échauffement important ; or qui dit « chaleur » dit « source d'ennuis » : le refroidissement est souvent vital, les circuits de sécurité draconiens ;
- risque d'éclatement provoquant des dommages collatéraux.

Dans tous les cas, intervenir sur un vidéoprojecteur requiert beaucoup de méticulosité, de travailler dans une atmosphère la moins poussiéreuse possible, et idéalement d'avoir le manuel de maintenance de l'appareil qui préconise les opérations à effectuer concernant le démontage et le nettoyage.

Une nouvelle catégorie de projecteurs appelée pico-projecteurs existe : plus petits, moins énergivores, ils sont aussi moins fragiles mais moins lumineux et à résolution réduite. Ce ne sont pas à proprement parler des appareils de projection mais plutôt des appareils de visualisation rapprochée, appréciés par les agents commerciaux présentant leurs produits lors d'un entretien de vente.

Ces projecteurs utilisent une seule puce DLP mais la source lumineuse étant constituée par des LED, la couleur peut être générée à la source avant d'être réfléchi par les micromiroirs de la puce. Ils sont donc plus petits et moins fragiles, n'incluant pas de roue chromatique ou de système optique sophistiqué au réglage délicat. Ils génèrent aussi beaucoup moins de chaleur, et leurs circuits sont plus simples au niveau du contrôle de la lumière et de l'alimentation. Bref, rien que du positif ! À un détail près cependant, ils sont pour l'instant limités à des projecteurs à faible luminosité ; gageons que l'avenir s'ouvre à eux vers des systèmes à luminosité accrue leur permettant de se hisser au niveau de la projection vidéo de salon. Il existe même des appareils photo/vidéo munis de cette technologie permettant de projeter les images prises instantanément.



Profitez de toute intervention sur un vidéoprojecteur pour nettoyer les filtres de poussière, souvent négligés par les cinéphiles !

## REPLACEMENT D'UNE LAMPE HAUTE PRESSION

La durée de vie d'une lampe de vidéoprojection est limitée ; un compteur de temps d'utilisation est d'ailleurs présent dans tous les projecteurs. La lampe est un élément coûteux, fragile et il convient de respecter quelques précautions lors de son remplacement.



## Explosion de lampes

Par expérience, j'ai constaté parfois des lampes qui éclataient bien avant la fin de leur cycle de vie normal, répandant ainsi des débris de verre dans l'appareil. Il semblerait que l'éclatement soit dû à des négligences au niveau du nettoyage des filtres de poussière, accessibles par l'utilisateur (suréchauffement), et/ou au non-respect de la phase d'extinction/refroidissement de la lampe.



Figure 8-32. Trappe d'accès à la lampe d'un Tri-LCD



Figure 8-33. Bloc lampe d'un Tri-LCD

Les lampes de rechange sont coûteuses ; elles peuvent être soit munies de leur miroir réfléchissant et leur remplacement est facilité, soit fournies en tant que lampe standard sans support miroir qu'il conviendra de récupérer. Dans ce dernier cas, elles sont moins coûteuses que les lampes complètes, mais plus délicates à remplacer.

Les lampes munies de leur réflecteur peuvent, grâce à celui-ci, être manipulées sans difficulté et s'adaptent directement à leur appareil après déconnexion de leurs fils d'alimentation (déjà pré-connectés à la lampe) et des vis de maintien dans l'appareil. Un changement de lampe ainsi fournie ne demandera que quelques minutes. Dans le cas d'une lampe fournie seule, il faudra en plus retirer la lampe usagée de son réflecteur, démonter puis remplacer les connexions filaires non livrées avec la lampe, remplacer celle-ci dans son réflecteur et remonter l'ensemble comme précédemment. L'économie réalisée est substantielle et l'opération reste néanmoins à la portée de tous.



Figure 8-34. Connexion de lampe ayant surchauffé



Lors du remplacement de la lampe seule, serrez bien les connexions : une connexion mal serrée provoquera des échauffements mettant en danger la lampe. Il pourra parfois être nécessaire de changer les fils recuits par la chaleur, ce qui n'est pas toujours facile.

L'avantage d'acheter une lampe complète dans son support est que celle-ci est fournie avec des connexions neuves. Les lampes complètes peuvent être fournies par la marque du vidéoprojecteur ou en matériel générique compatible (d'ailleurs, les lampes seules sont en général uniquement génériques).

Je ne discuterai pas de la fiabilité relative des lampes selon ces différents choix, je n'en ai réellement aucune idée. Je sais en revanche que les durées de vie annoncées par les constructeurs sont souvent très optimistes au regard des durées de vie réelles. Celles-ci dépendant beaucoup de la façon dont le projecteur est utilisé (mode économie ou pleine puissance) et de l'environnement de projection.

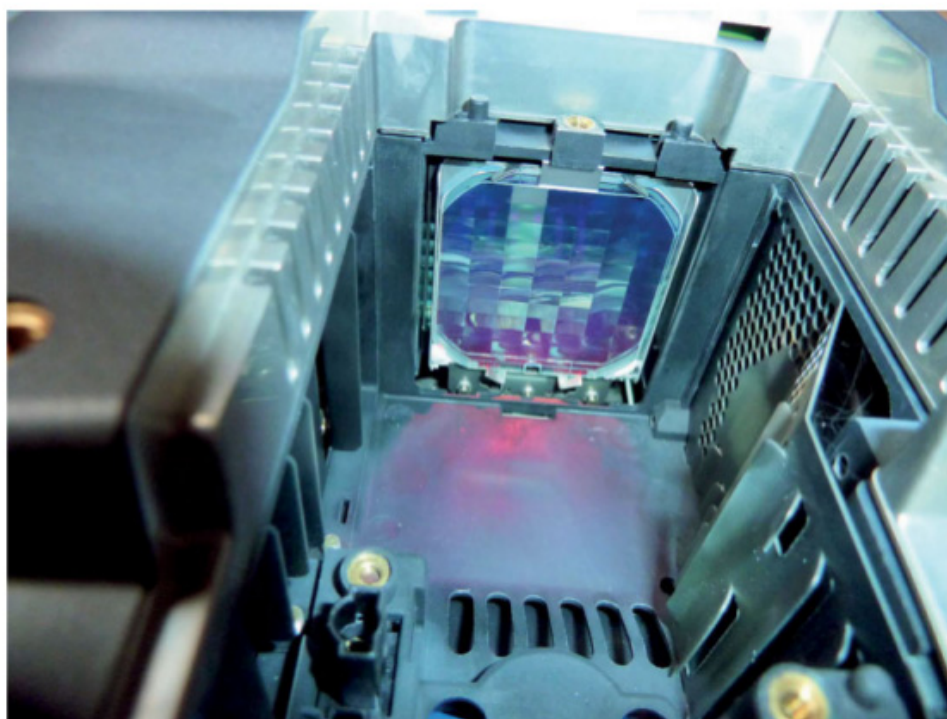


Figure 8-35. Compartiment lampe d'un Tri-LCD avec optique de diffusion de lumière

## NETTOYAGE, ALIGNEMENT OPTIQUE, REMPLACEMENT D'UNE ROUE CHROMATIQUE OU D'UNE PUCE DMD

Travailler avec toute la méticulosité requise et dans un milieu exempt de poussière (et de courants d'air) est bien sûr indispensable. En outre, mes recommandations pour effectuer un nettoyage interne de l'appareil seront de se munir si possible du manuel de maintenance de l'appareil qui décrit en détail ce qu'il convient de faire et de ne pas faire et comment. On pourra toujours imaginer les opérations et s'en sortir haut-la-main, mais les risques de faire plus de mal que de bien sont importants.

La meilleure prévention contre la poussière (et le suréchauffement qui en découle) sera de nettoyer régulièrement le ou les filtres de l'appareil (opération explicitée sur la notice d'utilisation).

Le remplacement d'une roue chromatique est une opération délicate que je n'ai pas encore eu l'occasion de réaliser. Ce composant étant très coûteux, on suivra scrupuleusement les indications du manuel de maintenance.





Figure 8-36. Démontage du filtre anti-poussière pour nettoyage

Il en sera de même pour une puce DMD, dont le prix est élevé. Si seuls quelques pixels sont manquants, on pourra éviter de changer cette puce mais la dégradation risque de s'intensifier.

### Réglages divers

De nombreux réglages concernant la géométrie et la colorimétrie sont difficiles à réaliser si les images projetées ne mettent pas en évidence tous les points à contrôler. Afin de réaliser un réglage parfait, il sera bon de se munir d'une mire vidéo (voir en annexe C la section « Appareils de mesure, logiciels et tutoriels » page 382) qui permettra de diffuser diverses images spécifiques permettant d'observer les défauts bien mieux qu'avec une image traditionnelle : un blanc uniforme permettra de déceler les poussières provoquant des halos, et d'équilibrer la balance des blancs, un noir uniforme permettra d'ajuster la profondeur du noir et de déceler d'éventuelles poussières provoquant des halos ou la défectuosité de la puce DMD. La colorimétrie restant tout de même très suggestive, on devra compléter le réglage par l'observation d'images de bonne qualité (photos fixes de préférence).

## Téléphones et smartphones

De nombreux appareils mobiles possèdent des batteries non amovibles. Après quelques mois ou années, ces batteries deviennent de moins en moins efficaces et leur remplacement par des stations de dépannage agréées coûte souvent assez cher. Le prix d'une batterie étant très modique et son obtention dans le commerce très aisée, la tentation d'ouvrir l'appareil et de changer soi-même la

batterie pour un coût souvent très inférieur à celui des établissements agréés est grande et justifiée... Mais les difficultés sont nombreuses :

- difficulté pour ouvrir les boîtiers ; astuces parfois difficiles à appréhender ou qui rendent la casse fréquente lors des montages ou démontages (vis cachées ou nécessitant des tournevis spéciaux, clipsage des coques, position des boutons de réglages lors du démontage ou du remontage...) ;
- nécessité de disposer d'outils spécifiques ;
- difficulté pour se procurer les éléments à remplacer pour les appareils les moins récents ;
- difficulté pour démonter, changer la pièce et remonter l'ensemble.



En parcourant Internet, vous pourrez constater qu'il existe de nombreux tutoriels expliquant le démontage des différents appareils. Je conseille de s'y reporter car, plus les appareils sont compacts, plus leur démontage fait appel à des astuces à connaître sous peine de risquer la casse maladroite d'un appareil.

Lors du démontage, n'oubliez pas de retirer toute carte SIM ou mémoire de son logement. Le réparateur devra porter une attention toute particulière au risque de rupture des nappes de connexion pouvant se produire si deux éléments interconnectés par une ou plusieurs nappes courtes et fragiles ne sont pas d'abord déconnectés.

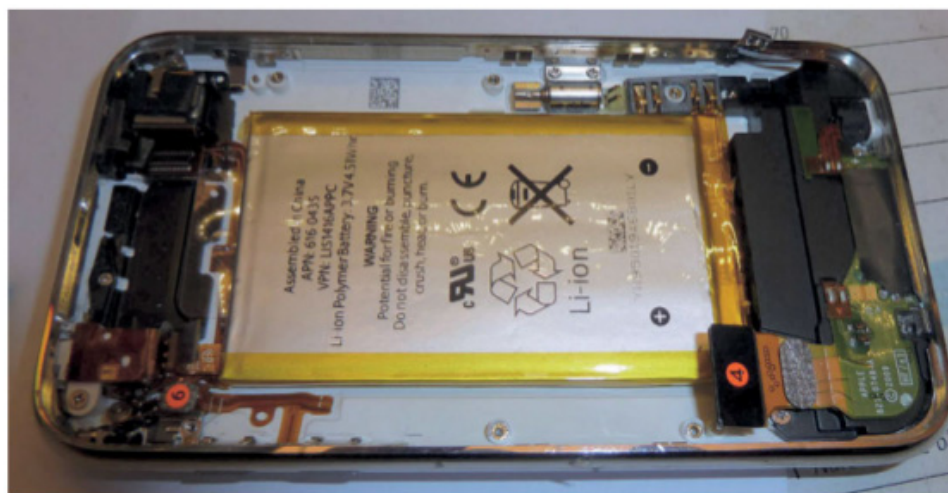


Figure 8-37. Démontage d'un smartphone en vue de remplacer sa batterie



Dans tous les cas, il est indispensable de classer les vis selon leur emplacement, un simple plan à main levée de l'appareil indiquant l'ordre dans lequel elles ont été retirées ; la position et le nombre des vis permettront de positionner les vis sur ce plan en les maintenant avec du ruban adhésif. Ainsi, le remontage sera plus facile et les risques de perte d'une vis ou de destruction partielle dus à l'emploi d'une vis non prévue à un emplacement donné seront ainsi évités. En prenant quelques photos des différentes étapes, vous pourrez voir avec précision la position des éléments et des câbles d'interconnexion.

D'autres soucis peuvent se rencontrer sur ces appareils très mobiles, en dehors des chocs qui peuvent avoir détérioré le boîtier ou l'écran, comme des dégâts dus à des liquides ou même à une immersion involontaire ! Dans ce dernier cas, il convient de déconnecter immédiatement la batterie (si on peut) ou au moins d'arrêter l'appareil afin d'éviter les dégâts causés par la conduction électrique inopinée entre les circuits de l'appareil. On pourra espérer une remise en état possible si le liquide n'est ni trop conducteur (l'eau de mer est redoutable), ni trop sale, ni collant (sirop). En cas de liquide douteux, il serait idéal de pouvoir immédiatement utiliser de l'eau distillée ou de l'alcool isopropylique pour « rincer » l'appareil et ainsi chasser le liquide néfaste. Après s'être assuré qu'il ne subsiste aucune accumulation de liquide, on peut utiliser un sèche-cheveux en position air froid pour sécher l'appareil, puis le tremper au moins 24 heures dans un récipient rempli de riz sec qui se chargera alors d'absorber l'humidité.

Après ce nettoyage, on fera encore sécher l'appareil (au moins 48 heures) auprès d'une source de chaleur modérée et on tentera la remise en marche. Ne jamais précipiter cet essai : plus le temps de séchage sera long, plus l'appareil aura une chance de fonctionner à nouveau.

Dans le cas où des éléments doivent être remplacés, sachez que quasiment toutes les pièces remplaçables de ces appareils se trouvent facilement, à un coût raisonnable, sur les sites d'enchères ou d'annonces (écrans, interrupteurs, connecteurs, fusibles, batteries, modules Wi-Fi, caméras, etc.). Le démontage des appareils est délicat, or c'est la première étape à accomplir pour remplacer un écran, un interrupteur ou une batterie. Démontez l'élément à remplacer est tout aussi délicat, surtout s'il est soudé, et requiert minutie et précaution. Par ailleurs, il est nécessaire de respecter strictement l'ordre des manipulations à réaliser. Les nappes de connexion et leurs connecteurs sont particulièrement fragiles dans les appareils miniaturisés.

Dans le cas du remplacement d'un écran, il est conseillé, quand cela est possible, de tester le nouvel écran avant un remontage définitif. Il m'est arrivé à plusieurs reprises de recevoir un écran défectueux qui a toujours été remplacé sans frais sur la foi d'une photographie lors du test.

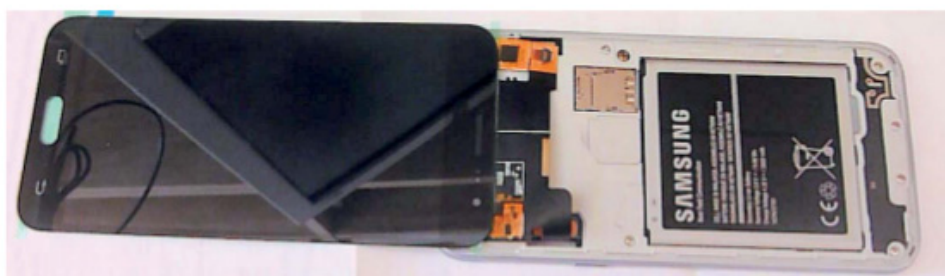
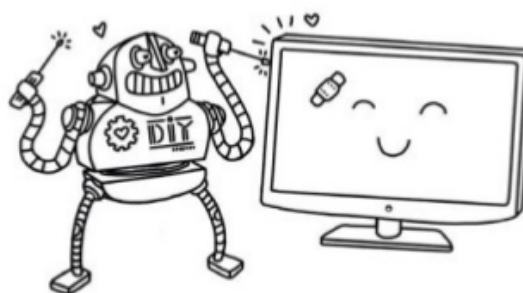


Figure 8-38. Test préliminaire d'un écran avant remontage

Le remontage se fera dans l'ordre inverse aussi scrupuleusement, ce qui n'est pas le plus facile étant donné le faible espace disponible, d'où parfois l'intérêt d'avoir pris des photos pour compléter un tutoriel trop incomplet.







Rappelez-vous que ces appareils sont « électroniquement parlants » robustes et tolérants. Il m'est arrivé à plusieurs reprises de procéder au nettoyage d'appareils immergés dans l'eau douce (l'eau de mer est en revanche un ennemi intraitable) ou laissés sur une table de jardin sous la pluie ou ayant profité du soda de son utilisateur... Après un bon nettoyage à l'eau distillée ou à l'alcool isopropylique suivi d'un séchage délicat, ces appareils fonctionnent à nouveau, même après un passage en machine à laver dont les mouvements avaient par chance fait sauter le couvercle de la batterie qui s'était détachée ! Une seule précaution : en cas d'immersion retirez au plus vite la batterie ou les piles.

Vous trouverez également les connecteurs de recharge et les connecteurs de carte SIM ou de carte mémoire (micro SD en général) vendus sur les sites de pièces détachées. On peut donc remplacer un connecteur qui aura été « massacré », mais sachez que les opérations de récupération par dessoudage et le ressoudage du connecteur sont des opérations très délicates exigeant minutie et patience. En particulier, le démontage devra toujours se faire à l'air chaud en protégeant les composants entourant le connecteur (utiliser du ruban aluminium autocollant selon le processus décrit dans le chapitre 4 page 90).



Figure 8-39. Batterie, bouton « home » et haut-parleurs d'un smartphone



Si le changement d'un connecteur de smartphone est une opération délicate, son prix en pièce de rechange est tellement bas qu'il est raisonnable de tenter l'opération. Perdu pour perdu, pour quelques euros de pièces, pourquoi ne pas tenter de réparer ainsi un appareil voué à la déchetterie ? En revanche, ne pas négliger la qualité des outils utilisés.



Figure 8-40. Outils spécifiques à l'ouverture des smartphones

Ne négligez pas la recherche d'un appareil en panne en vente sur les sites d'occasions ou d'enchères sur Internet. Ils sont nombreux à être mis en vente par des propriétaires malchanceux qui tentent de récupérer un peu d'argent, et c'est ainsi un moyen économique de trouver les pièces nécessaires au dépannage de son appareil défectueux : il y a de fortes chances qu'un appareil à l'écran cassé possède une électronique en état de fonctionnement, et inversement.

Donner une seconde vie à un appareil passe souvent par la mise en commun des pièces de deux ou plusieurs appareils défectueux. Ne jetez plus, revendez !

## Appareils divers

### LECTEURS MP3

Les petits appareils audio se multiplient mais sont de plus en plus remplacés par les smartphones, devenus universels. Toutefois, pour des raisons de qualité du son produit, certains préféreront les lecteurs haut de gamme. Il en existe, les plus anciens équipés d'un disque dur miniature, les plus récents utilisant la mémoire flash amovible ou non comme stockage.

Leur rôle de mobilité étant recherché, ces appareils subissent les revers de cette utilisation, ainsi les batteries deviennent faibles ou ne se rechargent plus, les connecteurs subissent parfois de mauvais traitements et les écrans des chocs irréversibles.

Si le remplacement d'un disque dur de lecteur MP3 ne semble guère justifié économiquement, il existe des solutions permettant de substituer un disque dur par une carte mémoire SD ou compact flash au moyen d'une petite carte adaptatrice se logeant à la place du disque dur. Cette solution est plus économique mais requiert bien entendu l'ouverture de l'appareil, ce qui est une opération très délicate.



Ne tentez pas l'ouverture d'un lecteur MP3 sans avoir recherché un tutoriel de démontage. Les revendeurs de pièces détachées (batteries, écrans...) proposent souvent un tutoriel permettant le remplacement des pièces qu'ils vendent et qui nécessite un démontage de l'appareil. Utilisez les outils spécifiques au démontage des smartphones qui sont en général adaptés à ces appareils de conception mécanique assez proche.

Le démontage étant fait en suivant mes recommandations (identiques à celles préconisées pour les smartphones), le remplacement d'une batterie, d'un écran, du connecteur de charge et de liaison à l'ordinateur, du disque, voire des quelques boutons défectueux pourra être entrepris avec plus ou moins de difficulté, tout dépend de l'appareil.

Les pièces détachées se trouvent en général assez facilement sur les sites spécialisés, tout au moins pour les appareils des grandes marques.

Le remplacement de la carte électronique ne sera jamais économiquement justifié, sauf si vous la récupérez sur un appareil vendu pour pièces avec écran cassé par exemple.

Un essai de l'appareil avant le remontage définitif est conseillé, car il est trop facile d'oublier de relier une nappe ou de l'enficher incorrectement. Un test préalable évitera un démontage supplémentaire toujours aussi fastidieux.

## ENCEINTES BLUETOOTH

Il en existe à moins de dix euros et à plus de trois cents euros. Inutile de s'acharner sur les premières, mais les enceintes haut de gamme valent la peine de s'y consacrer. Leur démontage est parfois tout aussi délicat que celui d'un smartphone pour les plus petites, mais en général quand même plus facile.

Là encore, le remplacement d'une carte électronique est à envisager dans des cas vraiment spécifiques, leur dépannage au niveau des composants étant souvent impossible, sauf pour la partie alimentation et/ou recharge de la batterie.

Par contre, les écrans (rares dans ces appareils), les connecteurs, les divers interrupteurs de commande... peuvent être remplacés bien que cela soit parfois délicat. Dans les matériels les plus imposants par leur taille, vous pourrez même adapter des connecteurs ou interrupteurs plus robustes et plus faciles à relier qu'en effectuant leur remplacement pur et simple.



À part la revente pour pièces d'un appareil défectueux, puisqu'il est inutilisable, pourquoi ne pas tenter sa réparation, on ne risque que d'y parvenir et perdre, le cas échéant, quelques euros en ne le revendant pas pour pièces. Travaillez toujours dans le plus grand calme, en prenant le temps de chercher les informations et les pièces détachées spécifiques et en utilisant les outils adaptés à la miniaturisation de ces appareils.



# RÉPARER LES TÉLÉVISEURS À ÉCRAN LCD/LED

Parmi les appareils électroniques susceptibles d'être réparés, le téléviseur est l'un des plus complexes... mais aussi l'un des plus enclins à tomber en panne, et pourtant, ce n'est pas le plus difficile à réparer. Même si vous n'envisagez pas de réparer un téléviseur dans l'immédiat, lisez avec attention ce chapitre, car il vous aidera à affronter l'un de ces appareils avec moins d'appréhension dans le futur, dans l'urgence d'une panne toujours mal accueillie par son propriétaire... et sa famille !

Les téléviseurs équipés d'écrans LCD ou LED (ce sont les plus nombreux) comportent des circuits courants dans de nombreux autres appareils, notamment celui de leurs alimentations électriques ; vous les aborderez dans ce chapitre.

## Architecture des téléviseurs LCD/LED

Les téléviseurs à écran LCD et à rétroéclairage de type « néon » à tubes CCFL (*Cold Cathode Fluorescent Lamp*) sont plus communément appelés téléviseurs LCD ; ceux, plus récents, munis d'un rétroéclairage à diodes LED (*Light Emitting Diode*), bien qu'utilisant la technologie LCD, sont plus communément appelés « téléviseurs LED ». Pourvus de la même architecture interne, seuls les circuits qui pilotent le rétroéclairage diffèrent et, de ce fait, leurs alimentations sont également différentes.

On peut y distinguer sept parties principales :

- l'alimentation des circuits à partir du secteur (carte d'alimentation ou PSU (*Power Switching Unit*) ou encore SMPS (*Switched Mode Power Supply*)) ;
- les circuits de contrôle et de vidéo/son (carte SSB *Small Signal Board*) possédant les divers connecteurs des appareils externes (Péritel, DVI/HDMI, audio, USB, etc.) ;
- les circuits de contrôle et de « timing » de l'écran (carte T-Con *Timing-Control*) reliés à la carte SSB par une liaison symétrique LVDS (*Low Voltage Differential Signaling*) ;
- les circuits d'alimentation du rétroéclairage (« inverter ») ;
- les petits circuits auxiliaires (voyants, récepteur infrarouge de la télécommande, boutons ou clavier de commande) situés sur des petites cartes fixées directement au boîtier ;
- la dalle écran ;
- les haut-parleurs.

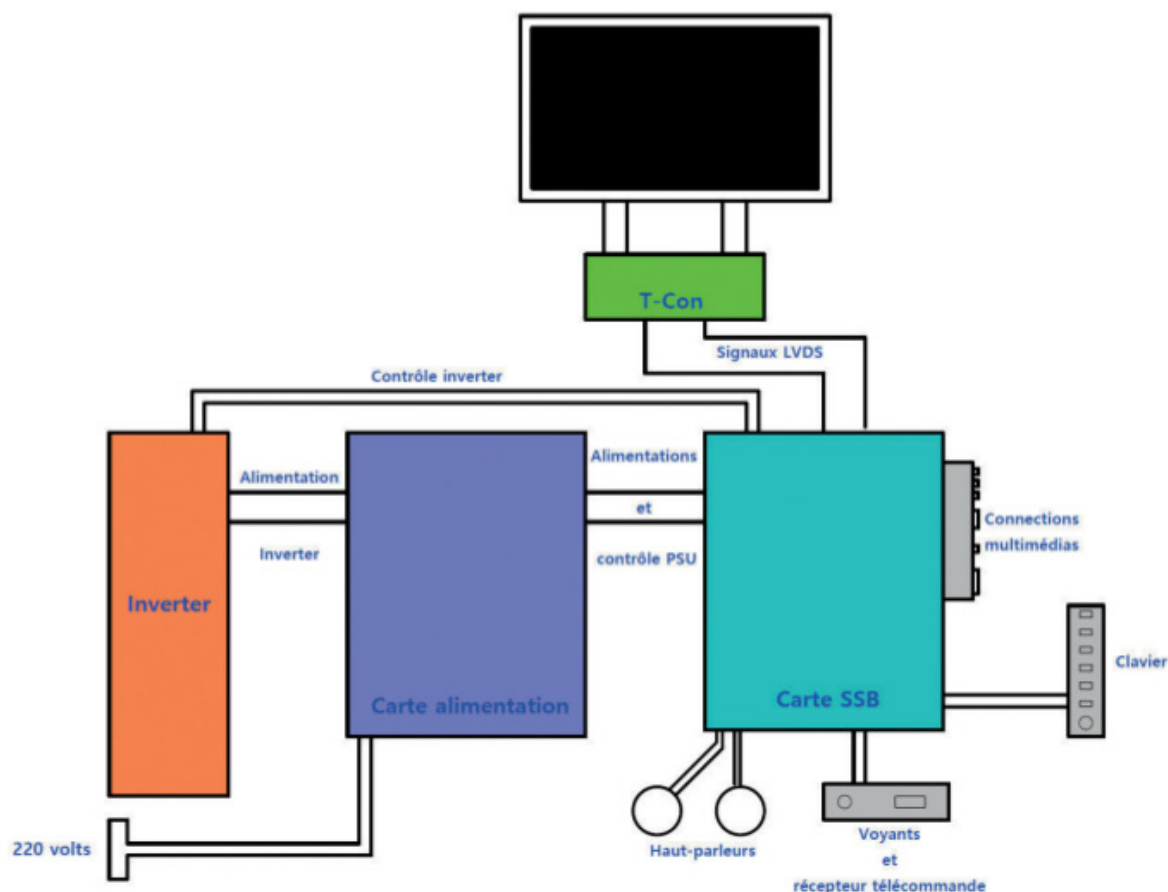


Figure 9-1. Synoptique d'un téléviseur LCD

Cette décomposition est valable électroniquement mais pas nécessairement physiquement. Ainsi, les plus récents téléviseurs ne disposent plus d'une carte « inverter » séparée, les circuits d'alimentation du rétroéclairage étant incorporés à la carte d'alimentation générale du téléviseur. Les circuits n'en sont pas moins distincts. Il existe aussi, parfois, une carte dite « balancer » qui distribue la tension d'alimentation des lampes CCFL générées au niveau de la carte d'alimentation aux différents tubes du rétroéclairage. Cette carte peut alors comporter les circuits de détection de fautes.

Certains téléviseurs ont également regroupé, de façon séparée de la carte SSB, l'ensemble des connecteurs d'entrées-sorties (Péritel, HDMI, Audio, etc.) et l'emplacement de la carte de décryptage des chaînes numériques (carte PCMCIA dite CI).

Les téléviseurs récents de petit format (moins de 26 pouces de diagonale) sont fréquemment composés de deux parties principales : un bloc alimentation externe et le bloc écran comportant la carte SSB, une petite carte « inverter » et la carte T-Con indissociable de l'écran. Quelques-uns, à la manière des écrans informatiques, ont une seule carte intégrant l'alimentation, « l'inverter » et les circuits de réception vidéo et son, à l'exception de la carte T-Con toujours intégrée à la dalle écran.

## Les différents types d'écrans plats LCD

### LA TECHNOLOGIE D'AFFICHAGE

Puisque nous parlons des écrans plats dans cette section, précisons qu'il s'agit des écrans de vidéo (moniteurs ou téléviseurs) ou des écrans informatiques, qu'ils soient autonomes ou intégrés à des ordinateurs portables, voire à des consoles de jeux ou smartphones. J'élimine de cette énumération les écrans à tube cathodique maintenant obsolètes ou les écrans plasma qui seront traités séparément.

Les faiblesses de l'affichage LCD concernent essentiellement les temps de réponse (passage de l'état transparent à l'état opaque et inversement) qui nuisent à la fluidité des images en mouvement et le contraste limité restreignant ainsi la profondeur des noirs des images affichées. Ces deux points motivent l'existence des écrans plasma, plus brillants et au contraste plus profond. Néanmoins, les progrès récents des dalles LCD/LED, et maintenant OLED (*Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode*), ont fait pratiquement disparaître les écrans PLASMA au niveau des téléviseurs grand public. Les écrans PLASMA, du fait de leur plus grande luminosité, sont utilisés par les diffuseurs de publicité, dans le métro parisien par exemple.

On retrouve principalement trois types d'écrans plats LCD dans les téléviseurs, consoles ou ordinateurs (je passe volontairement en effet sur les écrans de type réflectif monochrome trouvés par exemple dans les liseuses d'e-books) :

- le type LCD à rétroéclairage CCFL (plus communément appelé LCD) ;
- le type LCD à rétroéclairage LED (plus communément appelé LED) ;
- le type OLED ou AMOLED, de technologie récente, bien plus coûteux mais n'utilisant pas de rétroéclairage. Cette technologie met en œuvre des pixels émettant de la lumière et non plus obstructifs d'une lumière rétroéclairante.

Les écrans TV des deux types à rétroéclairage sont les LCD et LED, mais remarquons que le type LED est le plus récent y compris pour les écrans d'ordinateurs portables. En ce qui concerne les consoles de jeux, les smartphones et en général pour les écrans de petite taille, la technologie LED est la seule adoptée, suivie récemment par la technologie OLED. Il existe plusieurs technologies pour l'affichage LCD (indépendamment du rétroéclairage), cela n'est pas important au niveau du dépannage.

De même, le rétroéclairage à LED se décline en LED edge ou Full array, caractérisant pour le premier la disposition des diodes sur le pourtour de l'écran, pour le second, un maillage de diodes LED sur la totalité de la surface de l'écran avec contrôle de la luminosité global ou par zone, selon le contenu de l'image, afin de rendre plus profond le contraste des images. Bien entendu, le second type est le plus coûteux mais il présente l'avantage de permettre un contrôle plus fidèle du contraste des images (contraste dynamique). C'est en modulant la luminosité des diodes selon le contenu de l'image que le contraste dynamique augmente le contraste apparent des écrans de télévision. La technologie Edge, tout comme la technologie à CCFL, ne permet qu'un contrôle du contraste dynamique au niveau global de l'image.



## LES RÉOLUTIONS DE L'IMAGE

Elles sont très variables selon le type d'appareil. En ce qui concerne les téléviseurs, on retrouve sur quelques appareils anciens des résolutions de type VGA ( $640 \times 480$  pixels), très fréquemment des définitions HDReady ( $1\,380 \times 768$  pixels) ou Full HD ( $1\,920 \times 1\,280$  pixels), mais aussi quelquefois des définitions intermédiaires comme le  $1\,024 \times 1\,024$  ou  $1\,280 \times 1\,024$  pixels. Les images de télévisions numériques actuelles étant diffusées en  $1\,380 \times 768$  (SD pour définition standard) ou en  $1\,920 \times 1\,280$  (HD pour haute définition), et maintenant UHD 4K ( $3\,840 \times 2\,160$ ), les circuits adapteront les images reçues par interpolation ou extrapolation selon le type d'émission et la définition de l'écran du téléviseur.

En ce qui concerne les ordinateurs, elles vont de  $640 \times 480$ , pour les plus anciens, à  $1\,920 \times 1\,280$  voire davantage pour les plus récents.

Pour les petits appareils, la diversité est également importante.

## LES FACTEURS DE FORMAT D'IMAGE

Les formats des écrans sont exprimés par le rapport entre les dimensions de la largeur et de la hauteur des écrans. Les formats courants sont 4/3, 16/9 ou 16/10.

## ÉCRANS INCURVÉS

Ces écrans apportent un confort accru à l'utilisateur, en générant une image qui paraît entourer la zone de vision. Cela ne change en rien les techniques de réparation.

## MODÈLES D'ÉCRANS ET FABRICANTS

Seuls quelques constructeurs se partagent le marché de la fourniture des écrans destinés à la télévision, parfois deux écrans fabriqués par deux constructeurs différents ont des caractéristiques voisines, voire identiques, mais leur interchangeabilité est plus qu'incertaine. Ils intègrent souvent la carte de contrôle T-Con et la carte d'alimentation du rétroéclairage. Leurs connecteurs sont fréquemment incompatibles entre eux.

À partir du moment où deux dalles possèdent les mêmes caractéristiques électriques, la même résolution et la même fréquence de rafraîchissement, leur substitution pourra être envisagée sans toutefois avoir la certitude que cela se révélera positif. D'une part, il sera peut-être nécessaire de modifier le connecteur de liaison avec la carte de contrôle vidéo, d'autre part, il y a de grandes chances pour que le rétroéclairage soit différent au moins au niveau connectique. Enfin, il se peut que l'image soit de mauvaise qualité (couleurs inversées, saturation...). Dans tous les cas, s'assurer que l'interface LVDS (liaison écran-circuits vidéo) soit la même (nombre de fils et fréquence de fonctionnement) et surtout que la tension d'alimentation soit bien identique (5 ou 12 V en général).

En cas de mauvaise image, il se peut que le menu des réglages de service du téléviseur permette l'ajustement des paramètres du micrologiciel à la dalle écran. Certains modèles de téléviseurs peuvent en effet être équipés de plusieurs modèles d'écrans et leurs circuits vidéo permettent l'ajustement via les paramètres de service accessibles au réparateur. D'autres ne permettent pas ces réglages et le modèle de leur carte vidéo dépend de la dalle installée. En cas de panne ou de fausse

manœuvre, les paramètres peuvent ainsi avoir été modifiés et provoquer un mauvais affichage ou, bien plus grave, pas d'image du tout.



La substitution d'une dalle écran par une autre est très aléatoire et doit être envisagée avec beaucoup de précautions et sans certitude de succès. Il existe souvent des modèles presque totalement équivalents fournis par deux ou plusieurs constructeurs de dalles. Chez un même constructeur, il peut aussi y avoir des modèles ne se différenciant qu'au niveau mécanique (fixation, par exemple), au niveau du rétroéclairage ou de la position du connecteur de liaison avec la carte SSB (petits formats utilisés en informatique).

Pour ma part, j'ai néanmoins déjà substitué des dalles 15,6 pouces de deux marques différentes. Ces dalles largement utilisées dans les ordinateurs portables sont assez standardisées au niveau électronique.

J'ai également réussi à remplacer la partie affichage d'un écran brisé par celle d'un autre écran dont le rétroéclairage était défectueux (tubes néon brisés) avec succès. Il a fallu bien entendu substituer aussi la carte de contrôle de l'affichage (T-Con). Cela reste du domaine empirique et demande une vérification approfondie des problèmes de compatibilité mécanique, mais également et surtout électriques (connecteurs) et électroniques (tensions d'alimentation et caractéristiques des signaux de commande de la dalle).

En revanche, en conservant la dalle d'un téléviseur dont la carte vidéo était défectueuse et non réparable, sa substitution par celle d'un modèle différent de téléviseur du même fabricant, mais utilisant une dalle différente avec cependant une interface strictement équivalente électriquement, a donné un résultat décevant au niveau image (couleurs en négatif).

#### Attention aux ressemblances !

Il existe de multiples modèles d'écrans pour une même technologie, une même dimension, une même résolution chez un même constructeur et tous ne sont pas interchangeables ! Ils se différencient par leur rétroéclairage, leurs tensions d'utilisation, leurs fréquences de rafraîchissement, leurs connecteurs mais aussi par le micrologiciel vidéo qui leur est adapté.

## DÉMONTAGE D'UN TÉLÉVISEUR LCD/LED

Il ne faut pas rêver, le dépannage d'un téléviseur se résume rarement au changement de son cordon d'alimentation, de son câble d'antenne ou à un simple réglage. Il va donc falloir passer à l'opération démontage pour laquelle quelques précautions sont à respecter, à la fois pour la sécurité du réparateur mais aussi pour éviter de détériorer accidentellement le matériel voire de ne plus savoir le remonter.



Effectuez le démontage et la réparation d'un écran en le mettant sur une table parfaitement plate, sans aspérités, la face avant vers la table. Vous aurez ainsi accès à tous ses composants.

La plupart du temps, le démontage se limitera au retrait du capot arrière puis à l'extraction d'une ou plusieurs cartes afin de les réparer. Il sera parfois nécessaire d'extraire la dalle écran si celle-ci doit être changée ou réparée.

Dans la majorité des cas, il sera souhaitable, nécessaire parfois, de placer le téléviseur face avant à plat sur une table assez grande et munie d'une protection (tissu épais, par exemple) et parfaitement plate pour éviter d'endommager l'écran.

On pourra également poser le téléviseur sur deux supports en polystyrène ou en bois (morceaux de chevron). Ce montage permettra de voir l'image du téléviseur à l'aide d'un miroir lors du dépannage.

Les boîtiers de téléviseurs sont toujours constitués de trois parties.

- Le cadre de la face avant auquel est attaché l'ensemble de la carcasse métallique du téléviseur, carcasse sur laquelle sont fixées la dalle écran et les différentes cartes des circuits électroniques. La carcasse reçoit également les petites cartes auxiliaires (clavier de commande, voyants et récepteur infrarouge de télécommande) et les haut-parleurs dans la plupart des cas.
- Le panneau arrière, souvent nu, est parfois pourvu des haut-parleurs et dans certains modèles d'un éclairage d'ambiance.
- Le pied support.

Le démontage commencera donc par le retrait du pied qui souvent interdit le démontage du capot arrière s'il est en place. Le pied est en général tenu par quatre vis qu'il faut retirer, puis le pied sera extrait soit directement soit en le glissant vers le bas à l'extérieur du boîtier.

On procédera ensuite à l'ouverture du couvercle du fond du téléviseur. Pour cela, retirez les vis situées sur son pourtour mais également celles qui retiennent le panneau arrière au niveau des connecteurs d'entrées-sorties et parfois en milieu de panneau. La plupart de ces vis sont de type cruciforme mais elles ne sont pas nécessairement toutes identiques. Il est donc essentiel de repérer les emplacements selon les types de vis afin d'éviter, au remontage, de détériorer les pas de vis, souvent sur des entretoises en plastique. Certaines marques de téléviseurs utilisent des vis de type Phillips ou Pozidriv nécessitant un tournevis spécifique.

À cette étape, un croquis sommaire ou une série de photos montrant les vis près de leurs emplacements respectifs sera appréciée lors du remontage.



L'utilisation de vis de longueur trop importante peut conduire à la perforation des cartes de circuits imprimés ou de la dalle. Aussi veillez à ne pas mélanger les types de vis au remontage. De même, lors de l'accrochage au mur d'un téléviseur à l'aide d'un support mural, l'utilisation de vis trop longues peut endommager les circuits du téléviseur.

Le retrait du capot arrière doit se faire sans forcer. Parfois des vis oubliées le retiennent encore, on sera guidé en vérifiant quelle partie du capot refuse d'être retirée.

Une photo de l'intérieur de l'appareil, capot enlevé, permettra de repérer les différentes interconnexions entre les cartes et autres éléments.





Figure 9-2. Vue intérieure d'un téléviseur de diagonale 15,4 pouces



Figure 9-3. Vue intérieure d'un téléviseur récent de diagonale 26 pouces

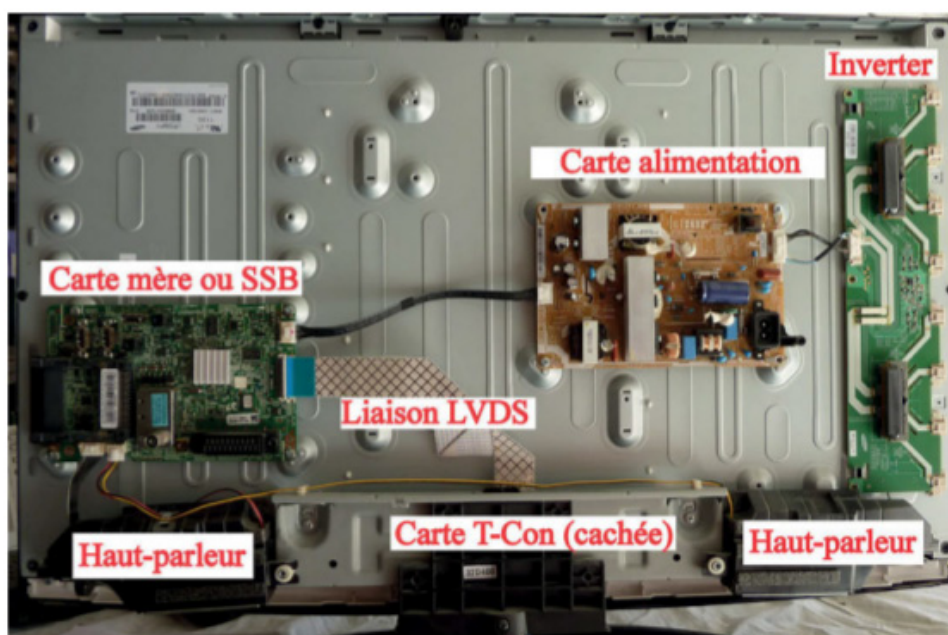


Figure 9-4. Vue intérieure d'un téléviseur LCD 32 pouces sans capot

Parfois, surtout pour les petits téléviseurs, le capot arrière est « clipsé » sur la face avant malgré la présence des vis sur son pourtour. Il faudra déverrouiller avec précaution ces clips afin de ne pas casser le boîtier. Certains diront que c'est plus facile à dire qu'à faire, je les rejoins. Ces appareils n'étant pas faits pour être réparés ni démontés, il faut user d'un maximum de précautions. Si une fixation est cassée, on pourra soit la recoller, soit faire confiance aux autres fixations pour maintenir le capot en place correctement lors du remontage.

Certains fabricants ont fixé l'ensemble des éléments constituant le téléviseur sur le capot arrière. En ce cas, c'est le cadre de la face avant qui doit être retiré en premier. Ce cas n'étant pas fréquent, cela surprend et rend le démontage parfois difficile.

#### Attention aux câbles

Dans tous les cas, vérifiez bien qu'aucun câble provenant d'éléments fixés sur le capot arrière ne soit relié aux cartes électroniques de l'appareil. Si de tels câbles existent, ils sont souvent courts et pourraient être arrachés par mégarde, ce qui pourrait les couper ou détruire leurs connecteurs ou les cartes auxquelles ils sont soudés.

Le capot arrière étant maintenant enlevé, il est en général possible de remettre le pied en place de façon à pouvoir déplacer l'appareil et surtout à voir son image lorsque celle-ci apparaîtra.

Si l'appareil comporte des traces de salissures, notamment des poussières attirées par les champs électriques présents dans l'appareil, un petit nettoyage délicat à l'aide d'un pinceau aidé du tuyau d'aspirateur sera opportun.



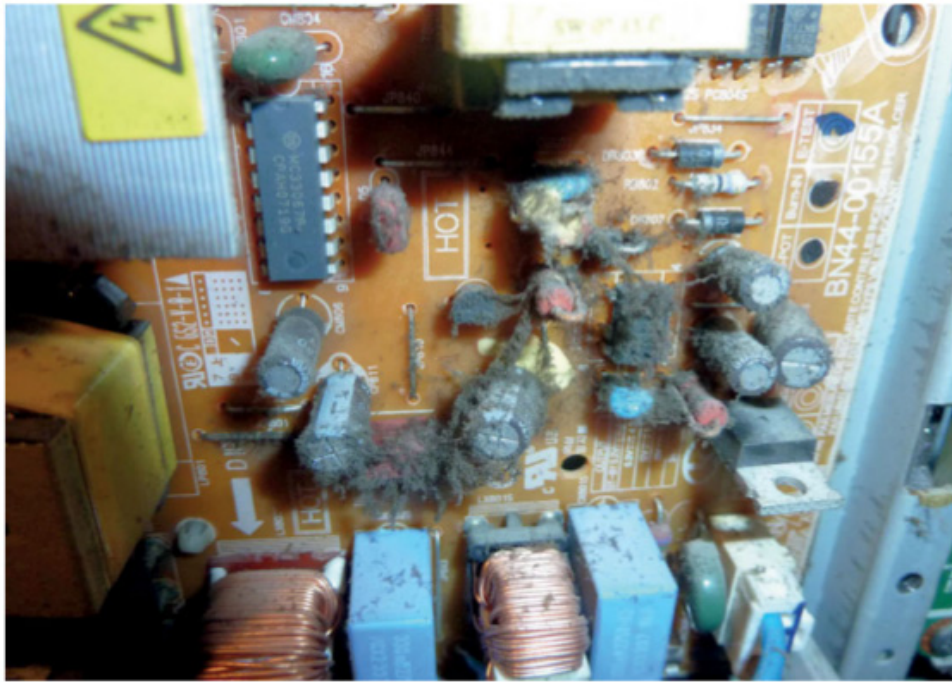


Figure 9-5. Présence de poussières au niveau d'une carte d'alimentation

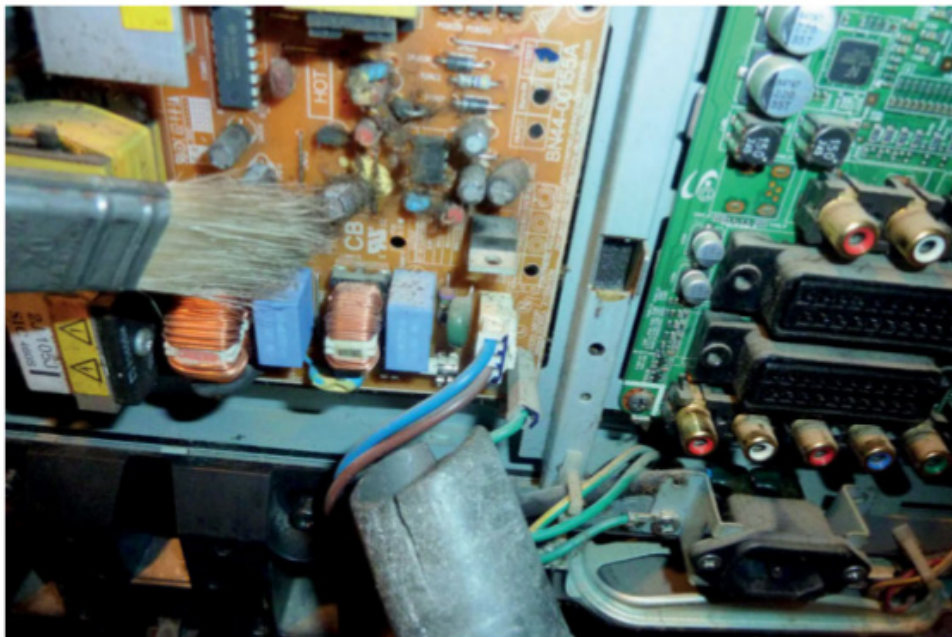


Figure 9-6. Nettoyage au pinceau et aspirateur



Dans tous les cas, il faut retirer toutes les poussières des différents circuits car, à terme, associées à l'humidité de l'air, ces salissures finiront par devenir conductrices et provoqueront des problèmes.

De même, si des traces de salissures sont présentes au niveau des ouïes d'aération des différents capots, il est indispensable de les nettoyer afin de rétablir une circulation de l'air correcte à l'intérieur de l'appareil.

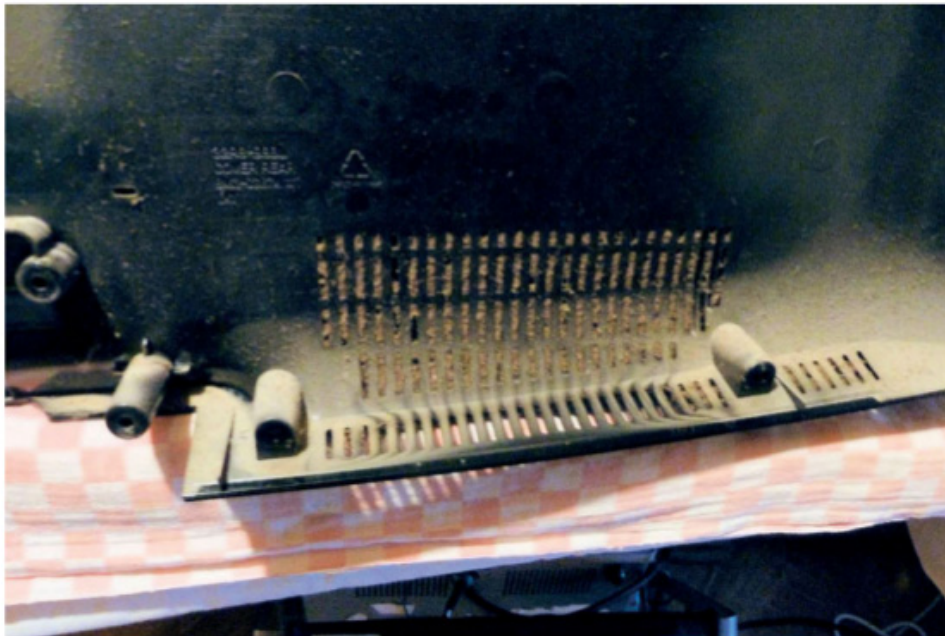


Figure 9-7. Ouïes d'aération bouchées mettant en péril les circuits de l'appareil

Arrivé à ce stade, l'intérieur de l'appareil étant visible et propre, il est recommandé de procéder à une inspection visuelle minutieuse des différents circuits et câbles d'interconnexion afin de chercher le moindre indice qui pourrait guider le dépanneur. Même si un défaut constaté ne concerne pas directement la panne, c'est potentiellement une cause possible d'une future défaillance, aussi il faudra commencer par remettre en état tout ce qui peut l'être avant de continuer.

Imaginons une panne de son. En ouvrant le téléviseur, on constate des traces d'arc électrique au niveau des connexions des tubes néon du rétroéclairage. Il serait dommage de ne rien faire au risque, un jour prochain, de voir le téléviseur à nouveau en panne, mais cette fois de rétroéclairage.

Si le démontage doit être poursuivi par celui de la dalle écran, désolidarisez la face avant du châssis métallique de l'appareil en prenant soin de déconnecter les câbles reliant les parties fixées à cette face avant. Il faudra ensuite séparer les châssis de la dalle écran toujours en prenant soin de déconnecter les câbles reliant la carte T-Con à la carte principale.

Afin de permettre de continuer les essais sans devoir remonter à chaque fois l'ensemble dans son châssis, il est recommandé, à ce stade, de placer tous les éléments du téléviseur sur la table de travail en les reliant à nouveau et en prenant soin de les isoler pour éviter tout accident (utiliser des feuilles de plastique collées, par exemple).

Les câbles étant trop courts pour disposer de la dalle séparément du châssis métallique, il faudra la plupart du temps superposer à nouveau ces deux parties en les fixant temporairement (ruban tissu adhésif à collage puissant), en prenant soin d'éviter les contacts intempestifs des circuits entre eux pour permettre une remise sous tension lors des tests. On pourra éventuellement placer l'ensemble sur un support isolant (carton).

Le remontage se fera, bien sûr, dans l'ordre inverse en respectant la dis-

position des vis et en prenant soin des différents câbles lors de leurs reconnections.

À chaque étape majeure du remontage, il sera bon de vérifier le fonctionnement de l'appareil pour éviter de multiples démontages successifs dus à des erreurs ou oublis (oubli de relier un câble, par exemple).

Les vis se logeant dans des trous de fixation situés sur les parties en plastique doivent être serrées modérément, sinon elles risquent de détruire la partie femelle de la fixation de manière irréversible.

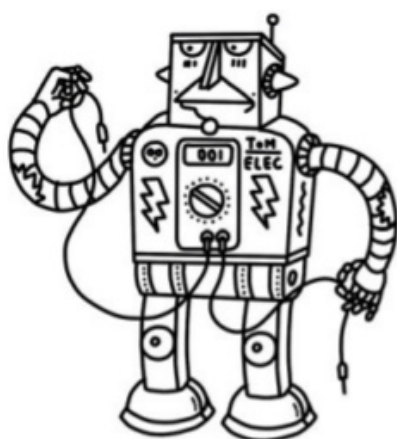


Figure 9-8. Téléviseur démonté, dalle à plat avec ses circuits en dessous et le clavier de commande

## DIAGNOSTIC DES DÉFAILLANCES D'UN TÉLÉVISEUR LCD/LED

De nombreuses pannes peuvent survenir dans les téléviseurs dont la complexité est très élevée. Ils renferment en effet plusieurs microprocesseurs dédiés au contrôle des différentes sections de l'appareil, au décodage et traitement du signal vidéo analogique et numérique, au décodage du son, etc.

Les circuits de réception (TV analogique ou numérique), les amplificateurs audio sont aussi parfois complexes car en liaison avec les microprocesseurs du téléviseur par un Bus (I<sup>2</sup>C en général) ou les circuits de décodage des émissions payantes cryptées.



De ce fait, les téléviseurs actuels sont riches en micrologiciel (firmware). Inutile de dire que la compréhension de l'ensemble de ces circuits dépasse les compétences de bien des électroniciens dont je suis, en revanche la connaissance générale de leurs fonctions et de l'organisation synoptique d'un téléviseur aidera à la détermination des pannes et suffira au réparateur pour effectuer son travail. D'ailleurs, il existe très peu de documentation sur les circuits vidéo et les logiciels intégrés dont les fabricants gardent jalousement les spécifications.

Les téléviseurs LCD sont également riches en circuits de puissance pour l'alimentation, le rétroéclairage ou l'amplification audio.

La plupart des pannes surviennent dans ces circuits, ou dans leurs sous-composantes, proches des circuits de contrôle (alimentations des circuits dérivées des signaux d'alimentation principale). C'est pourquoi bon nombre de téléviseurs peuvent être relativement facilement réparés sans nécessiter une connaissance approfondie des technologies numériques de l'audiovisuel.



Rappelez-vous que des tensions dangereuses sont présentes au niveau des écrans (rétroéclairage CCFL) et des alimentations (secteur et tensions continues de plusieurs centaines de volts, plus de 1 500 V pour l'alimentation des tubes néon du rétroéclairage. N'essayez jamais de mesurer la tension de sortie vers les tubes CCFL, qui peut être de plusieurs kilovolts, car elle dépasse largement les possibilités des appareils de mesure traditionnels, qui pourraient être détruits ou générer un choc électrique pour l'utilisateur.

L'objectif recherché dans ce chapitre est de permettre au réparateur de localiser le plus précisément possible l'endroit où, a priori, la panne se situe. Un mauvais diagnostic peut coûter très cher, on devra donc consacrer au diagnostic un temps important afin de ne négliger aucune piste. Il ne viendrait pas à l'esprit de qui que ce soit de se contenter d'un diagnostic superficiel lorsqu'il conduit à changer un moteur de voiture. En électronique, il en est de même, surtout si la conclusion trop hâtive oriente le dépanneur à mettre l'appareil au rebut ou à changer une carte coûteuse alors qu'il s'agit peut-être d'un simple composant de moins d'un euro !

Établir un diagnostic fiable et complet n'est pas simple et les fausses pistes sont nombreuses tant l'interaction entre différents circuits est grande. Une simple mauvaise tension d'alimentation rendra par exemple les meilleurs circuits vidéo inopérants et pourtant innocents.

### Cycle des différents états du téléviseur

Il existe deux, parfois quatre modes de fonctionnement d'un téléviseur qu'il faut savoir différencier.

- Le mode « arrêt », aucun voyant n'est allumé, le passage au mode veille se fait par l'action sur un bouton du clavier situé sur un des côtés du téléviseur. Tous n'ont pas ce mode.
- Le mode « veille » ou « stand-by » qui se reconnaît par l'allumage fixe d'un voyant de la face avant. Un voyant clignotant indique une erreur. Un voyant éteint indique soit le mode « arrêt » soit une panne du mode veille. Seuls les circuits de contrôle de mise en route du téléviseur sont alimentés, prêts à réagir à une demande de mise sous tension à l'aide du clavier ou de la télécommande. L'unique tension de veille est délivrée par l'alimentation qui est en attente du signal de mise sous tension (Power on).
- Le mode « pré-veille » précède le mode veille après une mise hors fonction du téléviseur. Il est identique au mode veille aux yeux de l'utilisateur, la différence est le maintien en fonction quelques minutes de la réception des chaînes TNT numériques pour permettre au téléchargement éventuel d'une mise à jour du micrologiciel par le réseau hertzien de se terminer. Ce mode n'existe pas sur tous les téléviseurs.
- En mode « marche », le téléviseur se met en fonctionnement normal suite à une demande par le clavier ou la télécommande.

Il est important de connaître ce cycle qui, s'il n'est pas respecté, donne quelques indications précieuses sur la panne. En effet, si le mode veille n'est pas correctement établi, inutile de continuer plus en avant, le téléviseur ne se mettra pas en mode marche normale.



Le cycle de passage des différents modes peut se résumer ainsi :

#### 1 Arrêt à veille

- Appui sur la touche Power du clavier (ou sur l'interrupteur général de l'alimentation).
- La tension de veille (en général 3,3 ou 5 V) est délivrée par l'alimentation.
- Le voyant de veille situé en façade est allumé fixe après quelques clignotements indiquant l'initialisation des circuits de contrôle du téléviseur.
- Passage en mode veille.

#### 2 Veille à marche

- Appui sur une touche de changement de chaîne du clavier ou sur la touche Power de la télécommande pour passage en mode de fonctionnement normal.
- Le signal Power on est délivré par la carte SSB (*Small Signal Board* ou carte de contrôle) à la carte d'alimentation.
- Le voyant en façade clignote quelques secondes indiquant l'initialisation de l'ensemble des circuits du téléviseur.
- Les circuits d'alimentation du rétroéclairage (« inverser ») reçoivent le signal « Backlight On » et allument le rétroéclairage.
- Le voyant de veille en façade s'éteint, si un voyant de fonctionnement de couleur différente existe en mode marche, celui-ci reste allumé fixe.
- Le téléviseur est en mode marche ou fonctionnement normal.

#### 3 Marche à pré-veille ou veille ou arrêt

- La touche Power du clavier est actionnée, le téléviseur passe en mode arrêt. Plus aucune tension d'alimentation n'est délivrée.
- La touche Power de la télécommande est actionnée, le téléviseur passe en l'état pré-veille ou veille.
- Le rétroéclairage est mis hors fonction (signal « Backlight On » absent).
- Image et son cessent de fonctionner.
- Le signal Power on est désactivé, toutes les tensions délivrées par l'alimentation sont coupées (en général), seule la tension veille demeurant active.
- Le téléviseur passe en mode pré-veille ou veille selon que le mode pré-veille existe ou non sur l'appareil.
- Seule la tension de veille demeure présente.

#### 4 Pré-veille à veille

Le téléviseur attend une minuterie qui le fera passer en veille.

#### 5 Veille

Le téléviseur est en attente d'une demande de mise en fonctionnement, etc.

À noter que, dans certains téléviseurs, l'ensemble des tensions restent actives en mode veille et leur coupure est assurée au niveau de la carte SSB. Ceci est bien entendu le cas pour les téléviseurs à alimentation externe.



Après un minutieux examen visuel, le premier réflexe à avoir devant un téléviseur récalcitrant est de faire le bilan des tensions d'alimentation. Sont-elles présentes et leurs valeurs sont-elles correctes ? En général, les tensions sont indiquées par sérigraphie sur le circuit imprimé de la carte d'alimentation au niveau des connecteurs, ou bien entendu dans le manuel de maintenance.

### Le téléviseur ne se met pas en veille lorsqu'il est relié au secteur

Aucune réaction en reliant le téléviseur au secteur, aucun voyant ne s'allume. Ceci présume d'une panne d'alimentation de l'appareil, d'une mise en court-circuit ou d'une mise en sécurité de celle-ci par la carte SSB ou la carte inverter.

#### *L'alimentation est externe*

Si un bloc d'alimentation externe est utilisé, dans le cas des téléviseurs de petite taille, on peut alors vérifier son fonctionnement à vide (voltmètre) puis en charge à l'aide de lampes basse tension ou, mieux, de résistances de puissance correctement assemblées en montage série-parallèle, afin de respecter la tension de sortie de l'alimentation et son courant nominal.



La vérification en charge d'une alimentation à l'aide d'une lampe à incandescence indique parfois une alimentation défectueuse alors qu'elle est en état de fonctionnement correct. Cela est dû à la très faible résistance à froid du filament de l'ampoule qui peut provoquer la mise en sécurité de l'alimentation. Seul le test utilisant des résistances est vraiment sûr !

Il faudra également vérifier que la prise d'alimentation du récepteur n'est pas endommagée, fondue, en court-circuit ou dessoudée de la carte principale afin de localiser la panne soit au bloc alimentation, qui est alors à changer, ou aux circuits du téléviseur. À noter que le dépannage du bloc alimentation est possible mais nécessitera souvent de sacrifier son boîtier, en général indémontable. Le coût d'un bloc alimentation externe étant assez faible, le dépannage sera réservé aux fans de la réparation !

#### *L'alimentation est incorporée au téléviseur*

Il va falloir ouvrir celui-ci et diagnostiquer la panne. Les téléviseurs de ce type ont en principe leurs circuits d'alimentation séparés de la carte principale (carte mère ou carte SSB). Leur dépannage est ainsi facilité, des appareils de laboratoire ou une carte de remplacement pouvant se substituer à l'alimentation.

Le dépannage au niveau composant est parfois difficile en raison de l'effet domino, un composant défectueux pouvant entraîner la destruction d'autres composants. C'est pourquoi, nous le verrons, le dépannage d'une alimentation doit être fait avec beaucoup de méthode. Le risque de ne pas y parvenir existe, mais ce sont en général les pannes les plus fréquentes et les plus faciles à diagnostiquer, et dont la réparation est très souvent possible. On vérifiera en premier lieu la présence de la tension stand-by (tension de veille) nécessaire au fonctionnement en veille du téléviseur.

#### *Vérification des courts-circuits*

Dans un cas comme dans l'autre, il faudra vérifier que l'alimentation n'est pas mise en défaut (on dit en sécurité) par une surcharge ou un court-circuit avant de la considérer en panne. Pour ce faire,

on déconnectera la carte SSB et on mesurera la résistance présente entre la masse et les diverses lignes d'alimentation sur le connecteur de la carte SSB relié à l'alimentation. On fera de même sur la carte inverser mais il est peu probable que celle-ci bloque le mode veille de l'appareil.



On verra dans le chapitre II qu'il est généralement possible de vérifier assez simplement les circuits d'alimentation séparément du reste du téléviseur.

Le téléviseur se met en marche quelques secondes, puis il se remet en veille. Dans ce cas, un défaut doit être recherché soit au niveau du rétroéclairage, en particulier si celui-ci s'allume une fraction de seconde puis s'éteint, soit au niveau des tensions délivrées par la carte d'alimentation ou à l'intérieur de la carte SSB (alimentations dérivées de l'alimentation principale). En effet, dans un cas comme dans l'autre, la carte SSB vérifie les tensions d'alimentation et le fonctionnement du rétroéclairage. Si un défaut est constaté, un signal d'erreur est envoyé à la carte SSB qui place alors le téléviseur en mode veille puis le cycle recommence, ou en mode sécurité avec clignotement du voyant en façade, celui-ci pouvant indiquer le type de faute détecté (nombre de clignotements).

### Le téléviseur reste en veille, refusant de s'allumer

L'apparition du voyant de veille est un bon signe, l'alimentation n'est pas totalement hors d'usage, cela indique que la tension de veille est présente. Parfois le voyant de veille est fixe mais, à la mise sous tension, celui-ci s'éteint, indiquant que l'alimentation n'arrive pas à démarrer ou clignote indiquant une faute détectée par la carte contrôleur SSB, puis le téléviseur repasse en mode veille. Comme ci-dessus, certains téléviseurs indiquent une faute par un nombre de clignotements dont la signification peut être trouvée dans les manuels de maintenance. Souvent, l'alimentation est mise en fonctionnement par un signal de commande en provenance de la carte SSB, celle-ci détecte une anomalie et repasse en mode veille puis réessaie en un cycle répétitif. Il sera donc précieux de vérifier la présence du signal de mise en marche et sa conformité.

Il faut distinguer plusieurs cas.

### *L'alimentation est externe*

A priori, elle est donc en bon état fonctionnel mais ceci reste à confirmer, avant tout selon la méthode du test à vide et surtout en charge. Si l'alimentation fonctionne correctement, la mise en marche, interne à la carte SSB, commandée par les circuits de contrôle, ne se fait pas. La défaillance est donc au niveau de la carte SSB. Le dépannage est possible mais dans un faible nombre de cas (défaillance du circuit de commande et des circuits interrompant l'alimentation lors de la mise en veille mais pas du microprocesseur, défaillance des circuits d'alimentation secondaires de la carte SSB) toujours difficile à diagnostiquer sans aller vérifier les circuits en détail. Tout dépend de la disponibilité du schéma, ce qui n'est pas toujours le cas.



En débutant la réparation d'un appareil, il est prudent de rechercher la documentation de maintenance et les schémas qui lui correspondent afin d'éviter de perdre du temps à tâtonner. Internet est heureusement là pour vous les procurer.





### *Les circuits d'alimentation sont internes et ne fonctionnent pas correctement*

Si l'alimentation est fautive, il faudra donc chercher la panne à son niveau. Elle peut être simple, ne comportant qu'un seul convertisseur de tension, ou plus complexe s'il y a plusieurs circuits indépendants, mais dans tous les cas les chances de succès sont grandes. Le plus simple, pour confirmer le diagnostic, est de substituer à l'alimentation des appareils de laboratoire ou une alimentation identique mais fonctionnelle.

### *Les circuits d'alimentation sont internes et fonctionnent correctement*

On s'assurera d'abord qu'ils sont en bon état ou partiellement en état fonctionnel. Si la mise en route commandée par les circuits de contrôle ne se fait pas, le dépannage est possible mais dans un faible nombre de cas (défaillance du circuit de commande mais pas du microprocesseur). Là aussi une recherche en détail dans les circuits de la carte SSB sera nécessaire.

Un défaut dans les circuits du rétroéclairage peut également être la cause de ce dysfonctionnement. Un indicateur de fonctionnement incorrect de l'inverter est, en effet, souvent transmis à la carte SSB ou aux circuits d'alimentation et détecté par les circuits de contrôle du téléviseur qui provoquent la mise en sécurité du téléviseur, parfois indiquée par le clignotement du voyant en façade. Selon les téléviseurs, les clignotements peuvent différencier les pannes constatées par la fréquence et le nombre de leurs clignotements.

#### **À savoir**

Certains appareils de la technologie LED ne mettent pas en sécurité les circuits lorsqu'une anomalie du rétroéclairage est détectée, seul le rétroéclairage est stoppé. Cela permettra de constater que le reste de l'appareil fonctionne, en particulier le son et l'image non rétroéclairée.

### **Le téléviseur s'allume normalement (électriquement), mais image et son sont absents**

Les voyants en façade indiquent une mise sous tension normale, l'alimentation est donc a priori hors de cause, toutefois, le téléviseur étant mis en marche, il faut s'empressez (j'allais dire comme d'habitude), de vérifier la valeur des tensions délivrées (multimètre) et leur propreté (oscilloscope) afin de définitivement disculper l'alimentation. L'absence de son ne signifiera pas forcément que les circuits de réception, décodage et amplification du son sont défaillants ; il pourra s'agir simplement de la commutation du téléviseur sur une source d'entrée non connectée à un appareil.

### *Les tensions à la sortie de la carte d'alimentation ne sont pas correctes*

Les tensions à la sortie de la carte d'alimentation ne sont pas correctes ou très bruitées, la panne doit a priori être localisée dans les circuits de la carte d'alimentation. Leur conformité doit, de toute façon, être obtenue avant de pouvoir continuer.

Plusieurs cas se présentent alors si le fonctionnement n'est pas correct après remise en état des circuits d'alimentation.

### *Le rétroéclairage ne fonctionne pas*

En l'absence de rétroéclairage de l'écran, il sera impossible de voir la moindre image. Il va donc falloir commencer par vérifier les circuits d'alimentation du rétroéclairage (inverter) et dépanner ceux-ci si nécessaire avant de pouvoir continuer. On pourra toutefois tenter, en éclairant la dalle avec une torche lumineuse, de voir si une image apparaît (menu par exemple), ce qui indiquerait que le problème est uniquement un problème de rétroéclairage.

### *Le rétroéclairage fonctionne*

On a donc un écran noir ou blanc uniforme, un écran bleu ou un écran de neige. S'il est possible de voir les menus, cela sera signe que l'alimentation est probablement fonctionnelle et la carte SSB partiellement opérationnelle.

- **Écran uniformément noir ou blanc** – On vérifiera la présence des tensions et signaux aboutissant au connecteur LVDS allant vers la carte T-Con. Si les signaux sont corrects, la panne se situera au niveau de la carte T-Con ou de l'écran.
- **Écran uniformément bleu** – On peut penser que carte T-Con et dalle sont fonctionnelles, la panne sera à localiser au niveau de la carte SSB. Ceci semble indiquer un défaut de réception en mode numérique. La présence de l'affichage des menus confirmera ce point.
- **Écran de neige** – On peut penser que carte T-Con et dalle sont fonctionnelles, la panne sera à localiser au niveau de la carte SSB. Ceci semble indiquer que le téléviseur est en mode analogique et qu'un problème existe au niveau de la réception des chaînes. La présence de l'affichage des menus confirmera ce point. On pourra tenter de connecter une source analogique à la prise Péritel de l'appareil pour vérifier le fonctionnement de l'ensemble des circuits hors réception et décodage. Il faudra bien entendu que le mode de réception du téléviseur soit conforme à la transmission des signaux (TNT HD MPEG-4 actuellement en France).
- **Écran affichant des lignes horizontales ou verticales (ou les deux) multicolores** – Il y a tout lieu de penser que la carte SSB est hors de cause, le défaut se situant alors au niveau de la carte T-Con dans le meilleur des cas, ou au niveau de la dalle écran, ce qui est plus grave. Si les lignes paraissent se modifier ou le sont en appuyant sur la touche « Menu » de la télécommande, cela sera une preuve de plus de l'innocence de la carte SSB face à ce problème. On vérifiera la présence correcte des signaux LVDS pour définitivement exclure une panne de la carte SSB.
- Afin de vérifier le fonctionnement des circuits de vidéo numérique, on pourra essayer d'obtenir une image à l'aide d'un ordinateur relié par un câble HDMI ou DVI. En général, le menu s'affichera si les circuits numériques sont fonctionnels.
- On pourra également essayer les différentes sources d'entrée de signaux vidéo analogique. En particulier, l'entrée Péritel à l'aide d'une source externe comme un tuner TNT, un lecteur DVD ou un magnétoscope. Si le fonctionnement est correct sur certaines entrées ou toutes, cela permettra de mieux localiser les circuits où la panne se situe.
- Il va alors falloir vérifier la présence et l'absence de bruit anormal des différentes tensions générées sur la carte SSB en examinant en détail le schéma ou en se guidant d'après les composants générant des tensions (régulateurs, circuits élévateurs ou abaisseurs à découpage) ou ceux interrompant ces tensions (transistors MOSFET utilisés en interrupteurs ou « switches »). On pourra pour ce faire se guider sur le schéma de la carte. En l'absence de celui-ci, on repérera les circuits générant des tensions, ils sont très souvent reconnaissables, étant soit des régulateurs, soit des circuits à découpage qu'on localisera auprès de quelques inductances présentes sur la carte.

- Si tout semble correct côté alimentations et si par chance les menus de commande du téléviseur apparaissent et certaines entrées sont fonctionnelles, il va falloir remonter les circuits jusqu'au tuner (là où se connecte l'antenne de toit). On vérifiera la sortie du tuner puis celles de chaque étage de la chaîne de réception au niveau image et son. Mais nous sommes en ce cas dans les situations les plus délicates pour la remise en état du téléviseur.

### Le téléviseur s'allume normalement (électriquement), seul le son est présent

Les voyants en façade indiquent une mise sous tension normale, l'alimentation est donc (a priori) hors de cause, mais il faut une fois encore s'empresse de vérifier la valeur des tensions délivrées (multimètre) et leur propreté (oscilloscope) afin de définitivement disculper l'alimentation. Plusieurs cas se présentent alors.

#### *Le rétroéclairage fonctionne*

La lumière apparaît par les trous au dos de la dalle écran ou l'écran est légèrement éclairé ou blanc uni (cela dépend du type de dalle écran).

- Les tensions à la sortie de la carte d'alimentation ne sont pas correctes ou très bruitées, la panne doit a priori être localisée dans les circuits de la carte d'alimentation ou, tout au moins, celle-ci doit être remise en conformité avant de continuer la recherche de la panne si celle-ci subsiste.
- Les tensions à la sortie de la carte d'alimentation sont correctes et sans bruit excessif, le fonctionnement du rétroéclairage étant correct, on va devoir à nouveau vérifier la présence éventuelle de bruit anormal sur les différentes tensions générées sur la carte SSB en examinant en détail le schéma ou en se guidant d'après les composants générant des tensions (régulateurs) ou interrompant ces tensions (transistors MOSFET utilisés en switches). On évitera toutefois les circuits relatifs à l'audio qui fonctionnent normalement.
- On vérifiera que la carte SSB fournit bien les signaux vidéo à la dalle (connecteur LVDS). Si tout semble correct, la carte T-Con ou la dalle semble être à l'origine de la défaillance.

#### *Le rétroéclairage ne fonctionne pas*

Avec un peu de patience, en éclairant l'écran avec une lampe de poche dont on variera l'orientation vers l'écran, on doit pouvoir apercevoir l'image si celle-ci est présente (choisir une image animée de préférence plutôt que le menu trop fixe pour attirer l'œil). Les circuits générant les tensions du rétroéclairage (inverter) sont alors à incriminer ou pire, les lampes ou les LED du rétroéclairage sont défectueux.

### Le téléviseur s'allume normalement : autres dysfonctionnements

L'alimentation est donc (a priori) hors de cause, mais il faut une fois encore s'empresse de vérifier la valeur des tensions délivrées (multimètre) et leur propreté (oscilloscope) afin de définitivement disculper l'alimentation. Plusieurs cas se présentent alors.

#### *Son de mauvaise qualité*

- Les circuits son des téléviseurs modernes sont équipés d'amplificateurs dits « classe D » qui en fait fonctionnent selon le principe de la modulation de la durée d'impulsions digitales (signaux rectangulaires) de fréquence fixe. Ces amplificateurs présentent l'avantage d'avoir un très bon rendement électrique et de peu chauffer en regard des puissances délivrées. Bien entendu, ils



sont loin de rivaliser avec les amplificateurs « analogiques » classiques au niveau de leurs qualités sonores.

- Les tensions aux abords des circuits son doivent être vérifiées. Si elles ne sont pas correctes ou très bruitées, la panne doit a priori être localisée dans les circuits régulateurs présents sur la carte SSB. Sinon, la recherche de la panne sur les circuits amplificateurs est nécessaire.
- Une vérification de l'entrée « mute », c'est-à-dire de la coupure de l'alimentation, peut aussi révéler la cause du mutisme sonore ; il pourrait s'agir d'un transistor de commande défectueux par exemple.
- Il se peut aussi que les éléments du filtre de sortie soient endommagés et provoquent soit une panne totale de son, soit un son déformé, soit la détection d'un défaut entraînant la mise en sécurité du téléviseur si celui-ci est pourvu de circuits de détection de ces fautes. L'amplificateur pourra avoir été détruit, en raison par exemple d'un court-circuit au niveau d'un condensateur. Avant de remplacer le circuit intégré amplificateur audio, il sera nécessaire de vérifier l'état des circuits de filtrage/protection de la sortie amplifiée.
- Enfin, le défaut peut aussi provenir d'un haut-parleur défectueux (coupure de la bobine mobile, rupture des connexions ou membrane percée). Il y a aussi parfois accumulation de poussière ou présence d'un élément qui, touchant la membrane ou la bobine mobile, vibre à son contact.

### *Image défectueuse*

Il faudra dans tous les cas vérifier tous les types d'entrées du téléviseur pour tenter de localiser la panne le plus précisément possible. Inutile de vérifier les circuits en bon état fonctionnel.

- Premier cas : les tensions aux abords des circuits vidéo doivent être vérifiées. Si elles ne sont pas correctes ou très bruitées, la panne doit a priori être localisée dans les circuits régulateurs présents sur la carte SSB, on suppose que les circuits d'alimentation principale fonctionnent correctement.
- Deuxième cas : les tensions ayant été vérifiées, la recherche de la panne sur les circuits vidéo est nécessaire mais souvent difficile.
- Troisième cas : si l'image présente des couleurs délavées, tirant sur une couleur rouge bleue ou verte ou présente des traînées, des barres ou des lignes horizontales ou verticales fixes ou si elle est affichée en négatif, la panne se situera vraisemblablement en aval de la carte SSB. Dans le meilleur des cas, la carte T-Con sera en cause mais il faut malheureusement penser également à une défectuosité de la dalle écran qu'il faudrait alors changer. Étant donné le prix prohibitif des dalles LCD, la réparation ne vaut en général pas la peine.

### Réparation des dalles écran

On arrive parfois à force de patience, minutie et surtout intuition à repérer un circuit défectueux sur une dalle écran mais cela est rare car ces circuits ne sont jamais documentés. En effet, les dalles sont commercialisées avec ces circuits. Cette recherche ne doit se faire que si le défaut est constaté identiquement sur TOUTE la surface de la dalle. Si l'écran est traversé par des paquets de lignes horizontales ou verticales, il s'agira le plus souvent d'un défaut des liaisons cuivre-verre entre les circuits de la dalle et la dalle elle-même, il faut alors renoncer car la réparation de ces connexions relève du miracle. Un cas fréquent est un défaut dans la carte de contrôle de la dalle (carte LVDS ou T-Con) qu'on trouve parfois d'occasion sur Internet, vendue par les malchanceux qui ont une dalle cassée.

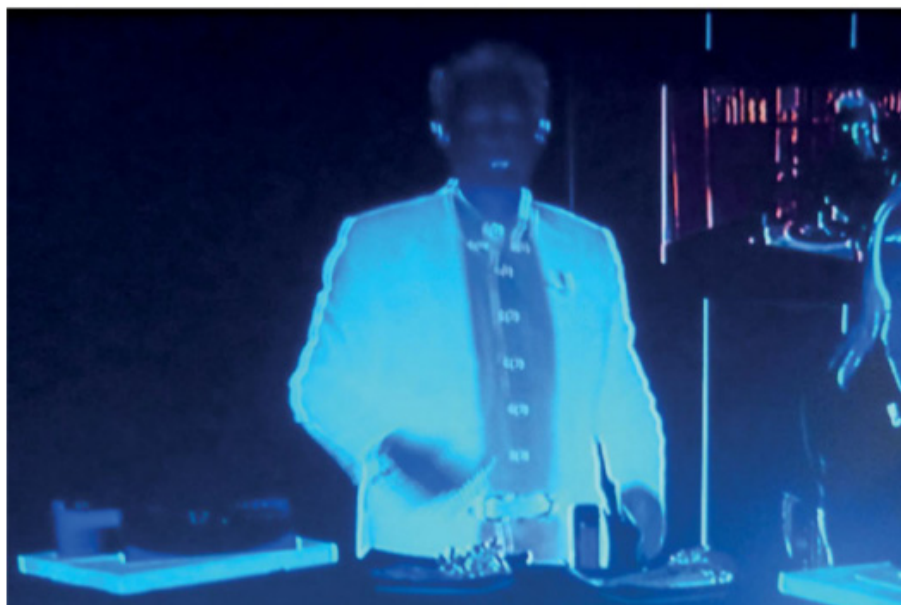


Figure 9-9. Exemple d'un défaut d'une dalle écran (image négative)

Dans l'exemple ci-dessus, un circuit intégré générant des tensions (LM334) présent sur le circuit imprimé de la dalle était défectueux et a pu être remplacé.



Figure 9-10. Exemple d'un défaut d'une carte T-Con

Dans l'exemple ci-dessus, la carte T-Con présentait un défaut au niveau des circuits générant les tensions de corrections gamma de la dalle LCD (circuit intégré AS15F, AS19 ou équivalent).



Figure 9-11. Autre exemple d'un défaut des circuits « gamma » d'une carte T-Con

Dans l'exemple ci-après, le défaut provenait d'un câble plat mal enfoncé dans un connecteur de sortie d'une carte T-Con, ce qui a fini par générer une série de mauvais contacts (câble reliant la carte T-Con à la dalle écran LCD).



Figure 9-12. Exemple d'un défaut de connexion carte T-Con à dalle LCD

### *Autres symptômes*

Il est impossible de répertorier tous les symptômes que peuvent présenter des appareils en panne, mais il faut savoir que fréquemment des pannes sont dues à des tensions incorrectes ou très bruyées. Il faut donc vérifier toutes les tensions dans les cartes constituant l'appareil, ce qui est fastidieux mais souvent bénéfique.



L'impossibilité de mettre en fonction un téléviseur, un défaut d'image, l'absence de son, le réglage des chaînes impossible, etc. peut également avoir pour origine de mauvais paramètres dans les données de configuration accessibles par les « menus service » décrits dans les manuels de maintenance. Cela arrive notamment lorsque des alimentations très bruitées ou délivrant de mauvaises tensions auront perturbé les données en mémoire. Même après réparation des défauts d'alimentation, le téléviseur présentera toujours des défauts. La modification des paramètres de configuration doit se faire avec beaucoup de précautions car un mauvais paramètre peut priver le dépanneur d'image, il deviendra alors très difficile de remettre en état le téléviseur. On tentera en ce cas de trouver des informations sur les valeurs correspondant à l'appareil.

Il se peut également que des problèmes au niveau du micrologiciel rendent inopérant le téléviseur et nécessitent soit le changement de la carte SSB, soit la reprogrammation avec des outils spécifiques des mémoires. Ceci est arrivé dans quelques cas heureusement peu fréquents, lors de mises à jour du logiciel par le réseau TNT. Ces opérations sont en général réservées aux stations de dépannage agréées par les fabricants.

Enfin, un téléviseur qui, sans intervention humaine, change de chaîne, modifie le niveau sonore, s'éteint ou se rallume seul... indique une panne au niveau de son clavier de commande, due à des mauvais contacts ou de l'humidité au niveau des petits interrupteurs poussoirs. Un bon nettoyage à l'aide d'une bombe de nettoyant pour contacts suffira généralement.

Le plus difficile sera de localiser les pannes intermittentes qui, comme par hasard, ne se manifestent que très rarement en présence du réparateur ou alors de façon si furtive que leur recherche est rendue impossible. Dans ce cas, une fois de plus on vérifiera les tensions et, si cela se révèle négatif, le mieux sera d'attendre que la panne devienne plus systématique pour intervenir.



Rappelez-vous que des tensions dangereuses sont présentes au niveau des écrans (rétroéclairage CCFL ou LED) et des alimentations.

Les téléviseurs, même en panne, peuvent trouver acquéreur pour récupération des pièces. Si vous êtes certain de son bon fonctionnement, la revente d'une dalle écran ou d'une carte sera souvent plus facile et rémunératrice qu'un appareil défectueux entier, notamment en raison des problèmes d'expédition. Pensez aux petites annonces et à vos « confrères » à la recherche de pièces d'occasion, consultez les forums de discussion. Évitez de jeter ce qui peut encore être utilisé !

## Vérification et réparation des circuits du téléviseur

Ayant a priori localisé le ou les endroits où se situe la panne, nous allons maintenant aborder la méthodologie à suivre pour vérifier le fonctionnement des différentes parties constitutives du téléviseur, puis effectuer leur remise en état lorsque cela sera possible. Je dis les endroits car une panne peut apparaître dans un circuit et se propager de façon destructrice vers un autre. Il faudra bien entendu localiser les différents circuits où agir pour réparer l'appareil.

Soyons réalistes, nous ne pourrons pas dépanner tous les appareils dans toutes les situations, et ceci pour trois raisons majeures :

- la complexité ;
- l'absence de solution pratique ou l'impossibilité de se procurer les pièces de rechange ou de les remplacer (dessoudage-soudage, présence de micro logiciel...) ;
- le coût de la réparation.

Toutefois, dans de nombreux cas, la réparation sera possible si les circuits (en particulier alimentation et inverseur) ne présentent pas trop d'éléments détruits, ce qui aurait été provoqué, par exemple, par la propagation de la panne à trop de composants. C'est souvent au prix de nombreuses heures de recherche, surtout lorsqu'on débute, mais quelle satisfaction de redonner ainsi vie à un appareil et vaincre l'adversité de la défaillance. Face à un problème de fonctionnement, les premières vérifications à effectuer avec minutie consistent en :

- un examen visuel détaillé des circuits imprimés à la recherche de traces de surchauffe ou d'arcs électriques ;
- une recherche d'éventuelles odeurs de brûlé ;
- une vérification du bon état des connecteurs : les débrancher puis les rebrancher (hors tension) ;
- une utilisation avec précaution d'une petite masse souple (manche de tournevis en caoutchouc, par exemple) pour provoquer des petits chocs sur les circuits et connecteurs, à la recherche de mauvais contacts ou de mauvaises soudures ;
- une vérification systématique des tensions délivrées par l'alimentation.

Ces quelques vérifications de base permettront d'éliminer certains défauts ou de recueillir des indices précieux pour identifier l'origine de la panne.

## VÉRIFICATION DES CIRCUITS D'ALIMENTATION

En ce qui concerne les circuits d'alimentation, on se limitera dans ce chapitre à leur vérification (le chapitre 11 est dédié à leur remise en état) car ces alimentations sont communes à de nombreux appareils autres que les téléviseurs LCD/LED.

Les circuits d'alimentation, qui mettent en jeu des puissances importantes, sont les plus souvent mis en cause dans les pannes des appareils de toutes catégories, reliés au secteur électrique.

En effet, qui dit puissance dit dégagement de chaleur et donc fragilisation des composants. Les alimentations mettent aussi en jeu des tensions élevées ce qui fait « souffrir » certains composants comme les condensateurs soumis à un stress important. Ce sont également les circuits les plus délicats à réparer, il faut en effet se méfier des « effets domino » qui engendrent la destruction des composants voisins du fautif d'origine. Difficile également car leur vérification demande des appareils de mesure capables de supporter les tensions utilisées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment en ce qui concerne les oscilloscopes.



Soyez très prudent, méthodique et travaillez dans le calme en réparant une alimentation afin d'éviter tout accident : rappelons en effet que les tensions utilisées ou générées peuvent être mortelles pour l'être humain.

Dans le cas des téléviseurs de petites dimensions, l'alimentation est souvent fournie par un bloc externe délivrant une tension unique en permanence. La réparation de ces alimentations figure dans le chapitre 11. Dans cette section, nous traiterons uniquement la configuration générale d'une alimentation à découpage spécifique à un téléviseur LCD et intégrée à ce dernier.

Les particularités d'une alimentation destinée à un téléviseur LCD sont :

- présence d'une tension de veille délivrée en permanence aux circuits du téléviseur ;
- signal de mise sous tension en provenance des circuits de contrôle du téléviseur (carte principale ou SSB) ;
- fourniture à la carte SSB d'un signal « Power OK » indiquant la présence des tensions d'alimentation fournies (ce signal n'est pas délivré par toutes les alimentations) ;
- multiples tensions fournies aux circuits du téléviseur uniquement en mode fonctionnement normal (à l'opposé du mode veille) ;
- parfois, un signal indiquant la présence de la tension du secteur correctement redressée et fournie aux différents blocs de l'alimentation (cas des alimentations à circuits multiples) est également fourni à la carte SSB.
- alimentation du rétroéclairage :
  - soit limitée à la fourniture d'une tension continue de 12 ou 24 V et de puissance élevée, destinée à la carte inverter. Cette tension est générée en réponse à un signal de démarrage du rétroéclairage provenant de la carte SSB ; cette configuration est présente dans les téléviseurs LCD et LED ;
  - soit intégrée à la carte d'alimentation dont elle utilise soit la tension primaire redressée (160 à 400 V), soit une tension continue fournie par les circuits secondaires (isolés) de l'alimentation. Dans ce cas, les circuits d'alimentation du rétroéclairage sont mis en fonctionnement en réponse à un signal de démarrage du rétroéclairage provenant de la carte SSB. Ils alimentent directement en haute tension (environ 1 500 V) les tubes néon de la dalle écran (CCFL) ou LED (environ 80 à 150 V selon la configuration des LED). Cette configuration est surtout présente dans les téléviseurs LCD récents. Parfois, dans le cas des téléviseurs LCD, une unique haute-tension est délivrée à une carte auxiliaire dite « Balancer » qui répartit cette tension entre les différents tubes CCFL de l'écran et permet aussi la détection des fautes de rétroéclairage (tube cassé, surintensité...).

La vérification détaillée et le dépannage des différentes parties de ces alimentations sont décrits dans le chapitre 11 et ci-après pour ce qui concerne les circuits du rétroéclairage (inverter). Nous nous limiterons ici à vérifier la présence des tensions attendues en sortie de l'alimentation afin de déterminer si celle-ci est a priori ou non défectueuse.

## Architecture d'une alimentation à découpage



Les tensions et les puissances mises en jeu dans une alimentation sont dangereuses. Une partie des circuits est reliée directement au secteur électrique, c'est pourquoi il est recommandé de disposer d'un transformateur d'isolement lors du dépannage d'une alimentation. Il convient d'agir avec précaution et si possible d'être en présence d'une autre personne durant les manipulations.



Une alimentation à découpage se décompose en deux parties distinctes :

- le circuit primaire relié au secteur électrique par la prise de courant ; il comprend :
  - le fusible de protection et le filtrage des parasites émis par le téléviseur ;
  - le redressement de la tension du secteur et son filtrage ;
  - les circuits de commande de l'étage de puissance ;
  - les protections de l'étage de puissance ;
  - la régulation de tension ;
  - le circuit de puissance et le transformateur ;
- le circuit secondaire isolé du secteur électrique qui inclut :
  - le redressement des tensions et leur filtrage pour la carte principale (SSB) : tension de veille (stand-by) toujours présente et tensions de fonctionnement normal sous contrôle de la carte SSB ;
  - parfois des circuits régulateurs délivrant des tensions issues de la tension redressée ;
  - parfois, également, des circuits de détection d'anomalies des tensions délivrées ;
  - le redressement des tensions et leur filtrage pour l'inverter du rétroéclairage : les régulateurs de tension et les circuits de contrôle et de détection d'anomalies.

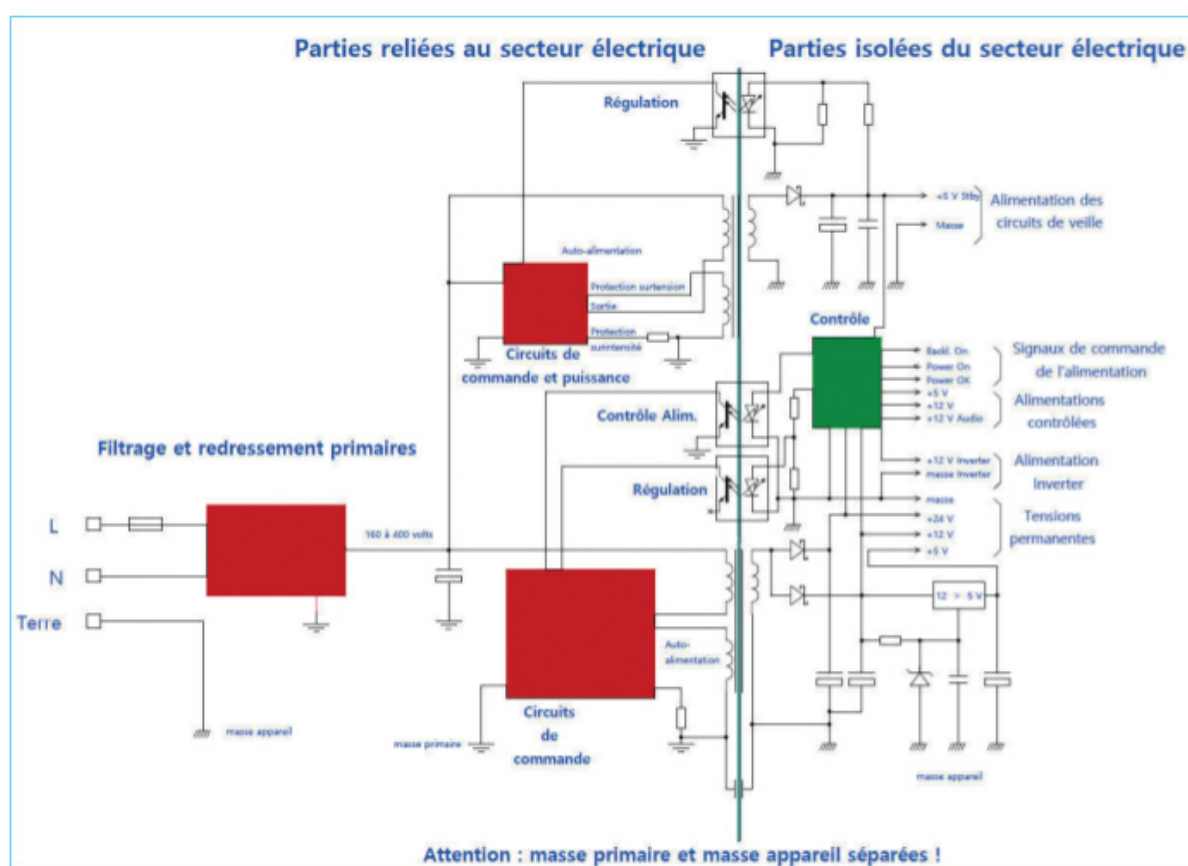


Figure 9-13. Synoptique d'une alimentation à découpage de téléviseur à inverter séparé

### Vérification d'une alimentation à découpage

Même si le téléviseur semble se mettre sous tension normalement, mais présente des anomalies, il sera bon dans tous les cas de vérifier l'état des tensions délivrées par l'alimentation. On vérifiera, sur le ou les connecteurs de sortie, leurs valeurs, leur bruit et leur stabilité lorsque l'appareil est soumis à des demandes de fonctionnement (action des boutons de façade ou de la télécommande).

Le brochage et les valeurs sont bien entendu indiqués sur le schéma de la carte. En l'absence de celui-ci on pourra rechercher le brochage des connecteurs arrivant aux autres cartes si on dispose de l'information. Il est également fréquent que ces informations figurent en sérigraphie sur la carte d'alimentation.

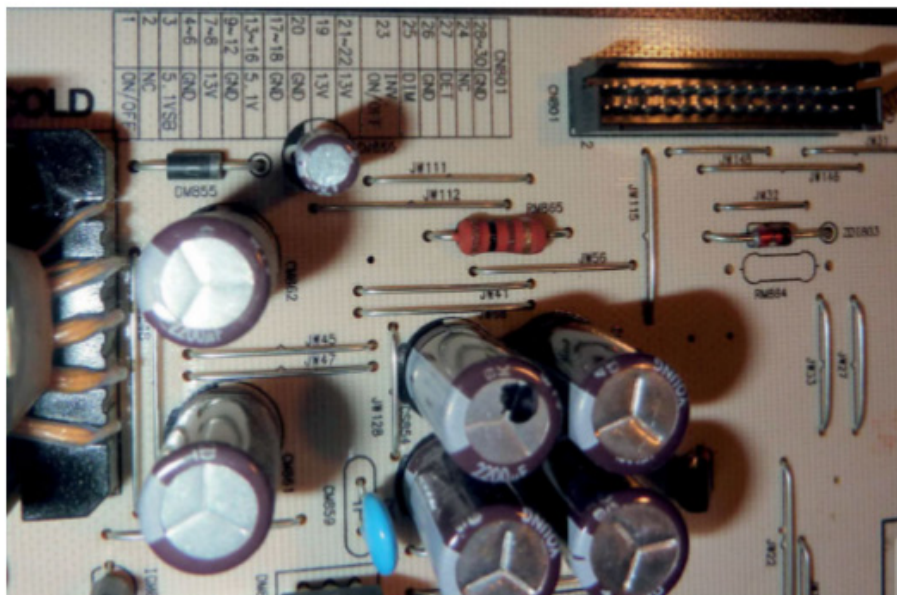


Figure 9-14. Sérigraphie du brochage du connecteur d'une alimentation

Procédez avec méthode.

- La carte d'alimentation étant reliée au reste du téléviseur, on doit se poser les questions dans l'ordre suivant :
  - 1 Y a-t-il présence de la tension de veille (en général 3,3 ou 5 V) ?
  - 2 Si oui est-elle fortement bruitée (plus de 200 mV crête à crête) ?
  - 3 Le signal de mise sous tension parvient-il de la carte principale (SSB) lors de la demande de mise en marche ?
  - 4 Si oui, les tensions délivrées par l'alimentation vers les différents autres circuits du téléviseur sont-elles correctes ?
- En cas d'anomalie sur la tension de veille :
  - 1 déconnectez la carte d'alimentation des autres circuits ;
  - 2 vérifiez que la tension de veille apparaît normalement ;
  - 3 sinon, la carte d'alimentation est probablement en cause.

- En cas d'anomalie sur les tensions autres que la tension de veille, la carte d'alimentation étant déconnectée de l'inverter :
  - 1 vérifiez la mise en fonctionnement du reste du téléviseur, même un court instant (anomalie de rétroéclairage détectée sur certains appareils mettant le téléviseur en sécurité) ;
  - 2 vérifiez alors les tensions délivrées ;
  - 3 l'inverter est peut-être la cause de la défaillance si le téléviseur semble fonctionner mais avec écran noir.



Assurez-vous, par l'examen du schéma du circuit, que la présence d'une tension de veille n'est pas conditionnée à la présence des différents connecteurs réalisant des ponts entre broches nécessaires à la mise en veille.

À ce stade de la recherche, il devrait être possible de déterminer si une vérification plus poussée de l'alimentation est nécessaire ou non. Avant de pouvoir continuer dans la recherche des anomalies, il est indispensable de pouvoir a priori disculper l'alimentation. Je dis a priori car parfois tout semble correct mais il se peut qu'une situation particulière, intervenant lors d'un court instant durant le cycle de mise en marche de l'appareil, puisse révéler malgré tout un défaut de l'alimentation. Je pense notamment à l'incapacité de l'alimentation à fournir la puissance nécessaire lors d'une mise en marche. Cela se détecte par une diminution trop importante d'une ou plusieurs des tensions délivrées à l'instant de la mise en fonctionnement.

#### Pour la tension de veille

- La tension est-elle présente, de valeur correcte et non bruitée ?
- Si cette tension est absente ou incorrecte, on recherchera à l'oscilloscope s'il y a présence de signaux AU SECONDAIRE du transformateur de l'alimentation, indiquant qu'a priori les circuits primaires fonctionnent.
- Si c'est le cas, recherchez la panne dans les circuits secondaires.
- Si la tension est bruitée, vérifiez les condensateurs de filtrage au secondaire.
- Si aucun signal n'est détecté au secondaire du transformateur, examinez les circuits du primaire.  
**Mais dans ce cas, un transformateur d'isolement est indispensable.**

#### Pour les autres tensions délivrées à la carte SSB

- En simulant le signal de mise sous tension (Power on), recherchez s'il y a présence de différentes tensions, de valeurs correctes et non bruitées ?
- Vérifiez le fonctionnement des circuits de mise sous tension aboutissant en général à la diode LED d'un coupleur optoélectronique dont le phototransistor commande la mise en fonctionnement du circuit primaire.
- Si une ou plusieurs tensions sont absentes ou incorrectes, on recherchera à l'oscilloscope s'il y a présence de signaux AU SECONDAIRE du transformateur de l'alimentation, indiquant qu'a priori les circuits primaires fonctionnent.
- Si c'est le cas, recherchez la panne dans les circuits secondaires.
- Si une tension est bruitée, vérifiez les condensateurs de filtrage au secondaire.
- Si aucun signal n'est détecté au secondaire du transformateur, examinez les circuits du primaire.  
**Mais dans ce cas, un transformateur d'isolement est indispensable.**



## Quelques recommandations

1. Le bruit admissible sur une alimentation varie selon la tension délivrée. On admettra moins de 200 mV crête à crête pour une alimentation de 5 V ou moins et moins de 500 mV crête à crête pour les valeurs supérieures.

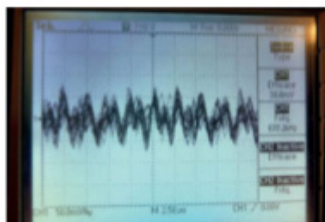


Figure 9-15. Bruit admissible sur une alimentation de 5 V

2. Pour simuler le signal Power on, celui-ci est a priori à 0 V en mode arrêt et à plus de 2 V en position marche. Il faut utiliser une résistance de 1 à 2 k $\Omega$  qu'on reliera à la tension de veille (+3,3 V ou +5 V en général). L'utilisation d'un interrupteur permettra de basculer rapidement d'un état à l'autre.
3. Les signaux présents au secondaire du transformateur pourront être très déformés, avec présence d'oscillations, cela est normal. Leur fréquence sera de plusieurs dizaines de kilohertz et leur amplitude pourra être faible s'il y a court-circuit dans les circuits secondaires, sinon, la tension de pic sera de l'ordre de la tension continue délivrée. L'essentiel est de trouver une tension à fréquence élevée, preuve que le transformateur reçoit des signaux de la part du circuit primaire.
4. Il est préférable de faire la vérification des tensions en charge afin de s'assurer que l'alimentation est capable de générer assez de puissance pour assurer le fonctionnement du téléviseur, sans passer en sécurité. Voir à ce sujet le chapitre 11 consacré aux alimentations.

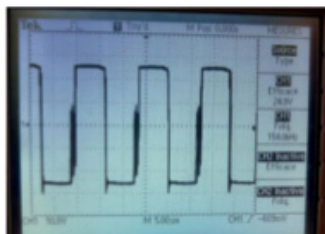


Figure 9-16. Signal au secondaire d'une alimentation délivrant 24 V (avant redressement et filtrage)

Les pannes les plus fréquemment rencontrées sont dues à la défectuosité des condensateurs électrochimiques de filtrage des tensions d'alimentation. On constate souvent que certains de ces condensateurs sont « gonflés », ce qui est un signe certain de leur défectuosité, mais l'absence de défaut visuel ne signifie pas pour autant leur bon état.



Figure 9-17. Condensateur gonflé à gauche, normal à droite

De nombreuses pannes proviennent également de la défectuosité (le plus souvent en court-circuit) des diodes de redressement des tensions secondaires délivrées. Certaines alimentations comportent des diodes de puissance réduite connectées en parallèle afin d'absorber la puissance totale nécessaire. En raison de l'écart possible de la tension directe des diodes, cette solution fera davantage souffrir l'une des diodes, provoquant une panne quasi inéluctable à terme plus ou moins long. Je recommande de remplacer une telle combinaison par une seule diode de puissance convenable, éventuellement munie d'un petit radiateur.



Toujours remplacer les diodes utilisées dans les alimentations à découpage par des diodes rapides ou de type Schottky, notamment au niveau du redressement des tensions. Une diode conventionnelle, trop lente au niveau temps de commutation de l'état passant à l'état isolant, se comporterait comme un véritable court-circuit.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION DES CIRCUITS INVERTER DE RÉTROÉCLAIRAGE CCFL ET LED

### Description des circuits « inverter »

Il est assez rare de trouver les schémas des cartes inverter lorsque celles-ci sont séparées de la carte d'alimentation car elles appartiennent à la dalle écran, mais leur constitution étant assez simple, leur réparation reste possible dans la plupart des cas. Si les circuits d'alimentation du rétroéclairage sont intégrés dans la carte d'alimentation de l'appareil, les règles de dépannage restent les mêmes et leurs schémas sont plus souvent disponibles dans les manuels de maintenance.

Nous allons dans un premier temps déterminer quelle partie constitutive du rétroéclairage du téléviseur est défectueuse. Il pourra s'agir de l'inverter lui-même, mais aussi des circuits fournissant la tension nécessaire à son fonctionnement ou bien d'un problème lié à une défectuosité des tubes néon ou des LED fournissant l'énergie lumineuse de la dalle.

Le schéma fonctionnel simplifié des circuits d'un rétroéclairage CCFL est celui illustré par la figure 9-18.

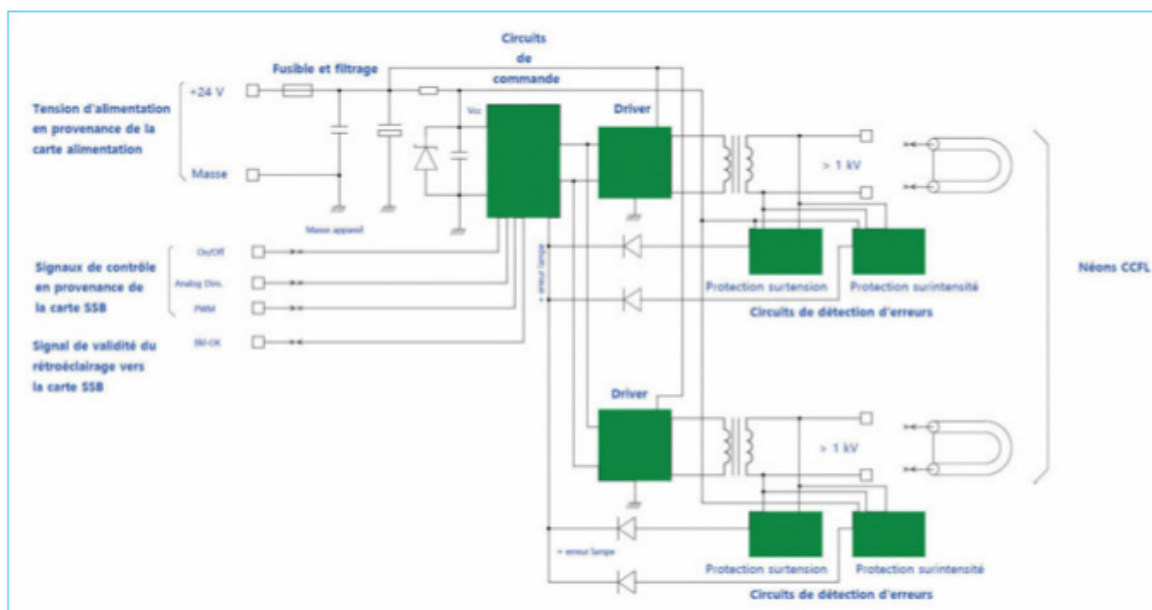


Figure 9-18. Synoptique d'un inverter pour rétroéclairage CCFL séparé des circuits d'alimentation

Un inverter séparé d'une alimentation peut être décomposé ainsi.

### *Protection d'entrée et filtrage*

L'alimentation (12 ou 24 V en général) est délivrée par la carte d'alimentation ou la carte SSB si l'alimentation est externe.

Elle est protégée par un fusible puis filtrée avant d'être utilisée par les circuits de contrôle et les circuits « driver » qui délivrent la puissance aux transformateurs.

### *Circuits de contrôle*

Ils assurent le contrôle global de l'alimentation du rétroéclairage en générant des signaux rectangulaires de fréquence et rapport cyclique adéquats. Ces signaux sont fournis en entrée des circuits driver (en général des transistors MOSFET de puissance) qui eux-mêmes fournissent ces signaux aux transformateurs élévateurs de tension alimentant les tubes néon (CCFL).

- Ils reçoivent la commande d'allumage du rétroéclairage (On/Off).
- Ils reçoivent la commande de luminosité dite analogique permettant un réglage fixe de la luminosité selon une tension continue de quelques volts (quelquefois appelée A-DIM).
- Ils reçoivent le signal de commande dynamique de luminosité qui est un signal rectangulaire de quelques volts dont le rapport cyclique varie selon la luminosité souhaitée. Ce signal permet de moduler dynamiquement la luminosité du rétroéclairage selon le contenu de l'image augmentant ainsi artificiellement le contraste de l'image (contraste dynamique). Ce signal est parfois appelé B-Dim ou PWM).
- Ils reçoivent également les signaux de validité ou d'erreurs détectés par les circuits de protection et mettent, le cas échéant, l'inverter en sécurité afin d'éviter tout risque d'incendie et protéger les transistors de puissance alimentant les transformateurs de sortie.
- Ils génèrent à la carte SSB un signal de validité du rétroéclairage. Ce signal pourra permettre à la carte SSB de détecter et indiquer une erreur de rétroéclairage. Ce signal n'est pas présent dans tous les appareils.

### *Circuits de protection*

Tous n'existent pas dans tous les appareils. Ils détectent les erreurs suivantes :

- surtension ;
- absence de lampe ou lampe cassée ;
- surintensité indiquant une lampe défectueuse ou un défaut des circuits de contrôle ;
- déséquilibre dans le cas de tubes isolés de la masse permettant de détecter une fuite (arc ou carbonisation d'un isolant).

Il faut cependant savoir que les lampes CCFL nécessitent une tension alternative de démarrage plus importante que la tension de maintien. Cette particularité est gérée par le circuit de contrôle de l'inverter. Dans les téléviseurs modernes, le contraste dynamique est géré par la carte SSB, qui envoie des signaux de modulation du rétroéclairage afin de diminuer l'illumination de l'écran comportant des images sombres et, à l'inverse, de renforcer la luminosité des images claires. Ceci permet une augmentation apparente du contraste entre les images sombres et les images claires.



## Configurations à double carte

Certains téléviseurs répartissent leurs circuits invertis sur deux cartes, l'une étant dite *master* ou maître, l'autre *slave* ou esclave. La seconde carte se différencie de la première parce qu'elle reçoit les signaux de contrôle de la carte maître.

### Cas des invertis intégrés à la carte d'alimentation

Ils diffèrent peu dans leur principe des invertis séparés. Ils sont alimentés soit par une tension continue relativement faible (12 ou 24 V), délivrée par les circuits secondaires de l'alimentation, soit directement par la tension continue primaire (160 à 400 V). Mais dans ce cas, comme dans les alimentations, il sera nécessaire de considérer les circuits primaires (HOT) reliés au secteur électrique et les circuits secondaires (COLD) reliés à la masse de l'appareil.

Dans le premier cas, on est dans une situation comparable à celle d'un inverter séparé, en fait il est simplement regroupé avec les autres circuits d'alimentation. Dans le second cas, la conversion se fera en plusieurs étapes selon le synoptique page suivante.

On voit que dans ce type de configuration, les circuits de contrôle et de détection de fautes sont situés dans la partie « COLD » de l'appareil tandis que l'amplification de puissance faisant appel à la tension primaire est située dans la partie « HOT ».

Dans cette configuration, il peut être généré autant de tensions qu'il y a de tubes CCFL (petits écrans) ou une seule ou deux tensions qui aboutissent à une carte dite « Balancer » qui répartit ainsi la ou les tensions générées vers les différents tubes CCFL (grands écrans). La carte Balancer comporte aussi les circuits de détection de fautes de rétroéclairage.

Notez que les lampes néon CCFL sont toujours connectées de manière symétrique, isolées de la masse de l'appareil soit pour chaque lampe, soit par association de deux lampes en série.

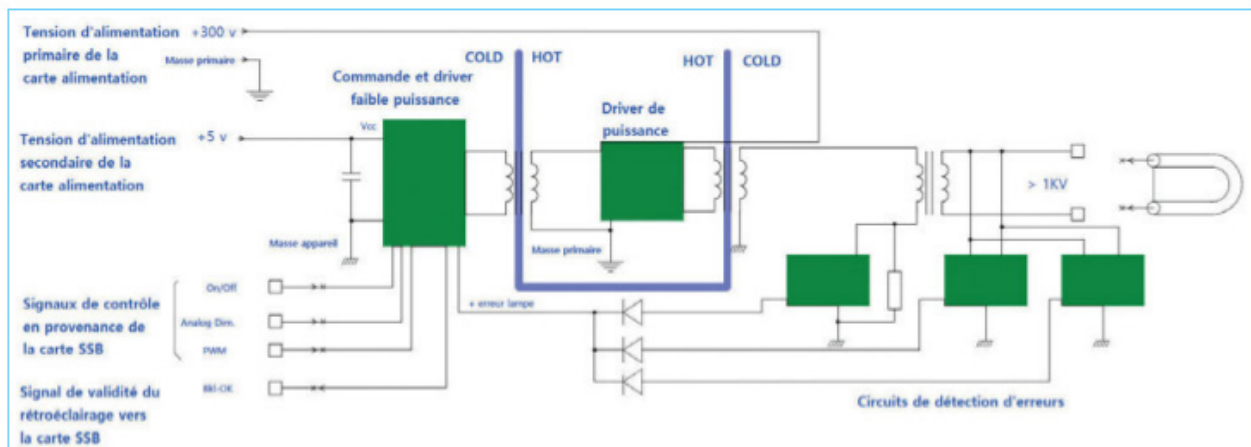
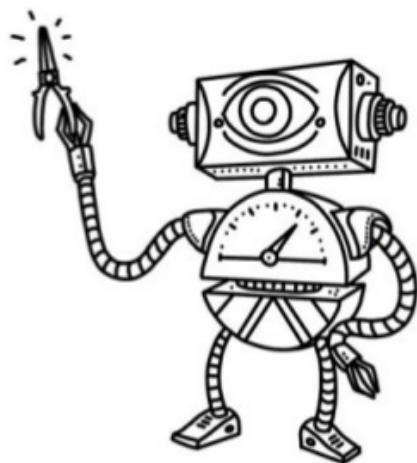


Figure 9-19. Synoptique d'un inverter dans carte d'alimentation



Les lampes utilisées pour éclairer le dos des écrans LCD les moins récents sont des tubes néon alimentés par des tensions assez élevées ( $> 1\,000\text{ V}$ ) et dangereuses. Les écrans les plus récents utilisent des LED dont les tensions sont moins élevées. Néanmoins, les lampes LED pouvant être connectées en série, des tensions importantes peuvent aussi être générées par leurs circuits d'alimentation. Dans tous les cas, il faut se rappeler que les puissances mises en jeu sont importantes.



### *Circuits de puissance alimentant les transformateurs*

Ces circuits reçoivent le ou les signaux rectangulaires modulés en largeur, issus des circuits de contrôle, et les délivrent à plus forte puissance aux transformateurs de sortie. Il existe plusieurs types de circuits « driver », tous équipés de transistors MOSFET de puissance ; les montages sont souvent de type « push-pull » ou symétriques, utilisant de transistors identiques (N ou P-Channel) ou complémentaires (N et P-Channel).

Il peut y avoir un seul étage de puissance et les transformateurs sont montés en parallèle ou en série du côté primaire. Il peut aussi y avoir plusieurs circuits de puissance alimentant un ou plusieurs transformateurs, chacun des circuits recevant alors, en parallèle, les signaux en provenance des circuits de contrôle. La

diversité des circuits de commande et la diversité des étages amplificateurs de sortie rendent impossible une description exhaustive des schémas qu'on peut rencontrer. Certains sont très simples, d'autres plus sophistiqués ; leur principe restant les mêmes, leur dépannage est en général toujours possible.

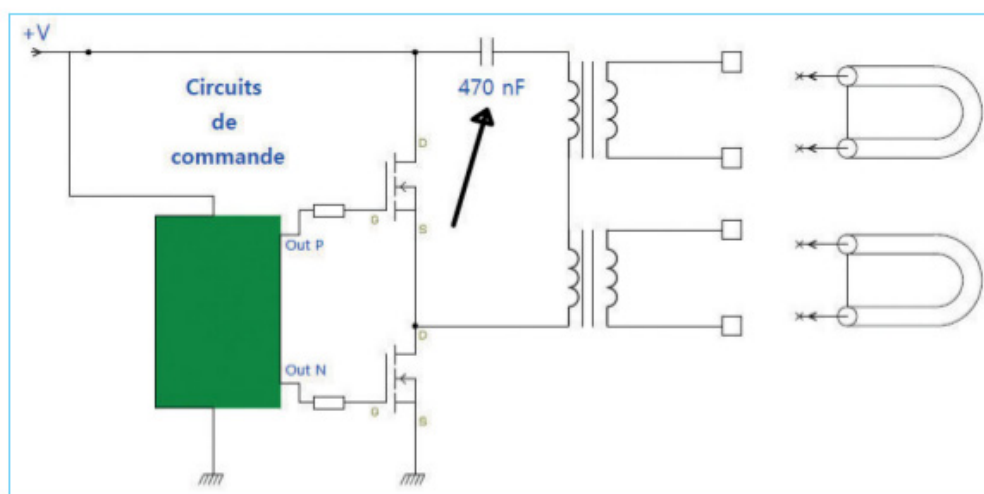


Figure 9-20. Étage de sortie d'inverter montage push-pull avec condensateur de liaison

## Défaillances du condensateur de liaison

Afin de protéger les transistors de sortie en cas d'anomalie des circuits de contrôle qui ne délivreraient plus les impulsions, les transformateurs sont en général connectés au travers d'un condensateur (quelques centaines de nanofarads à plusieurs microfarads selon la tension utilisée). Ils ont de plus une tension d'isolement importante. Ce condensateur bloque la composante continue protégeant le ou les transistors de sortie d'un débit permanent éventuel. Véhiculant une tension parfois élevée, ainsi qu'une forte puissance à une fréquence de plusieurs dizaines de kilohertz, ces condensateurs subissent un stress électrique important. De ce fait, ils sont souvent l'objet de défaillances, leur capacité diminuant dans le temps rendant l'inverter inopérant ou incapable de fournir la puissance attendue.

## Circuits de protection du rétroéclairage

Les circuits de protection ou de détection de fautes au niveau des inverters sont très importants, à la fois pour leur rôle en matière de sécurité mais aussi parce qu'ils sont souvent à l'origine des défaillances de fonctionnement du rétroéclairage. Non pas parce qu'ils sont en eux-mêmes défaillants mais parce qu'ils mettent en évidence une autre défaillance et font basculer le téléviseur en mode sécurité. C'est la raison de la génération d'un signal d'erreur qui devra être recherchée. Ils sont toujours situés dans la partie « COLD » de l'appareil. On trouvera ci-après quelques exemples de circuits de détection de fautes des circuits de rétroéclairage de type CCFL. Il en existe de nombreuses variantes mais la logique reste la même.

- Le circuit lampe est ouvert, provoquant soit l'absence de courant de sortie (ou tension non délivrée) soit la présence d'une surtension en sortie. Ce peut être en raison d'une connexion absente ou défectueuse vers une lampe, la défectuosité d'une lampe ou sa casse. Dans l'exemple de la figure 9-21, en haut, une résistance en série avec le primaire de chaque transformateur de sortie (R1 et R2) détecte le courant dont le seuil est fixé par le pont des résistances R3/R4. Un amplificateur opérationnel amplifie le signal correspondant à chaque transformateur.

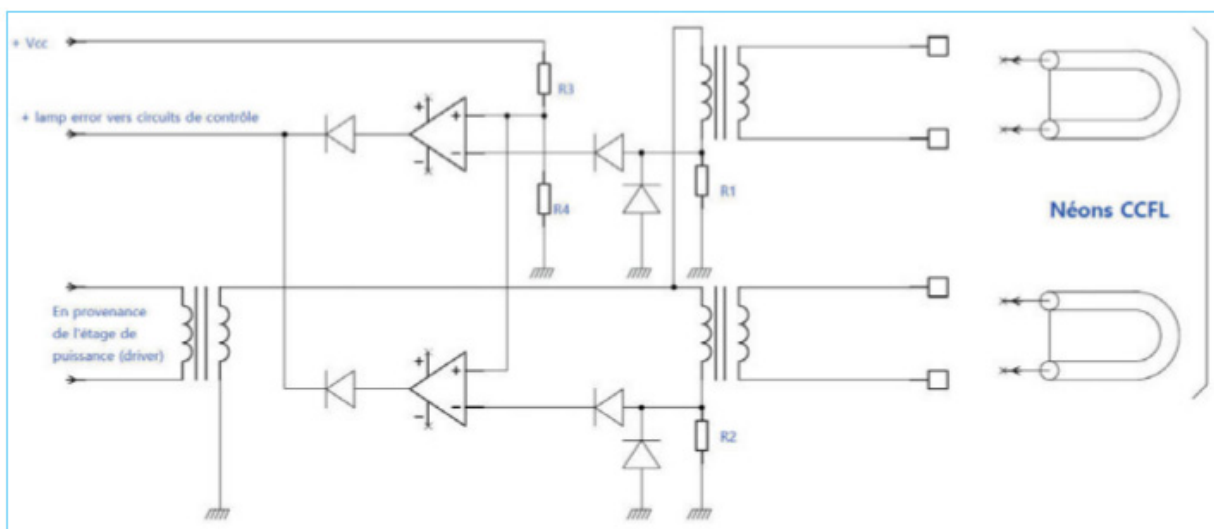


Figure 9-21. Protection lampe ouverte ou absence de tension par détection de courant de sortie trop faible



Une erreur est générée si le courant ainsi détecté est inférieur au seuil prévu. L'ensemble des signaux d'erreurs étant ensuite fourni aux circuits de contrôle pour mise en sécurité de l'inverter.

- Surintensité ou déséquilibre de l'alimentation symétrique des lampes (pouvant signifier la présence d'une fuite vers la masse de l'appareil).

Dans le circuit 9-22, chaque connexion de lampe est ramenée à la masse de l'appareil par un pont capacitif (C1/C2 – C3/C4) délivrant ainsi une tension faible proportionnelle à l'intensité traversant les lampes. Cette tension est redressée puis envoyée à un amplificateur opérationnel pour comparaison avec un seuil déterminé par le pont de résistances R1/R2. Si la tension est supérieure à ce seuil, indiquant une surintensité, un signal positif d'erreur est généré par l'amplificateur et envoyé aux circuits de contrôle pour mise en sécurité du rétroéclairage.

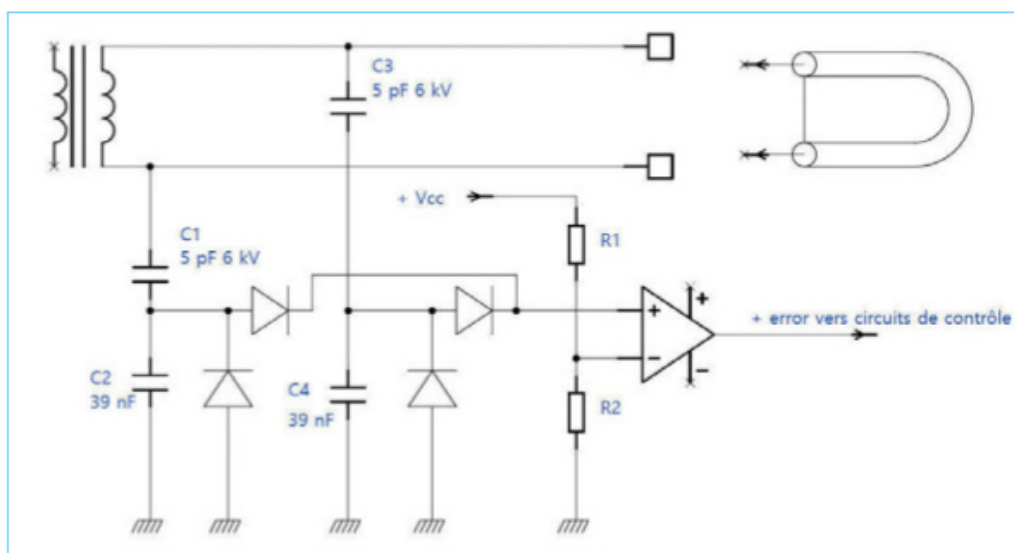


Figure 9-22. Protection surintensité, fuites de tension et déséquilibre des lampes



Cette protection est particulièrement importante en cas de fuites de tension provoquées par un arc électrique au niveau des connexions des tubes CCFL, évitant ainsi une carbonisation des isolants risquant de provoquer une flamme.

### Cas des inverters pour rétroéclairage à LED

Dans le principe (et cela suffit aux connaissances d'un réparateur), ils ont des fonctions identiques aux inverters destinés aux lampes néon CCFL, c'est-à-dire allumage, modulation de la lumière (contraste dynamique) et détection de fautes.

Un inverter pour rétroéclairage à LED est différent d'un inverter pour tubes CCFL. Un inverter pour CCFL doit délivrer une forte tension alternative sous un faible courant, tandis qu'un inverter pour LED doit délivrer une plus faible tension continue sous un courant plus important. Les inverters pour LED sont assez semblables aux alimentations à découpage classiques, ils délivrent des tensions

inférieures à celles nécessaires pour les tubes néon. Les diodes LED, placées sur le pourtour de l'écran ou derrière sa surface visible, sont organisées en plusieurs groupes de diodes connectées en série, chacune nécessitant environ 3,6 V ; la configuration indiquera facilement l'ordre de grandeur de la tension délivrée par l'inverter. Selon l'écran, les LED seront toutes en série ou divisées en groupes de LED montées en série.

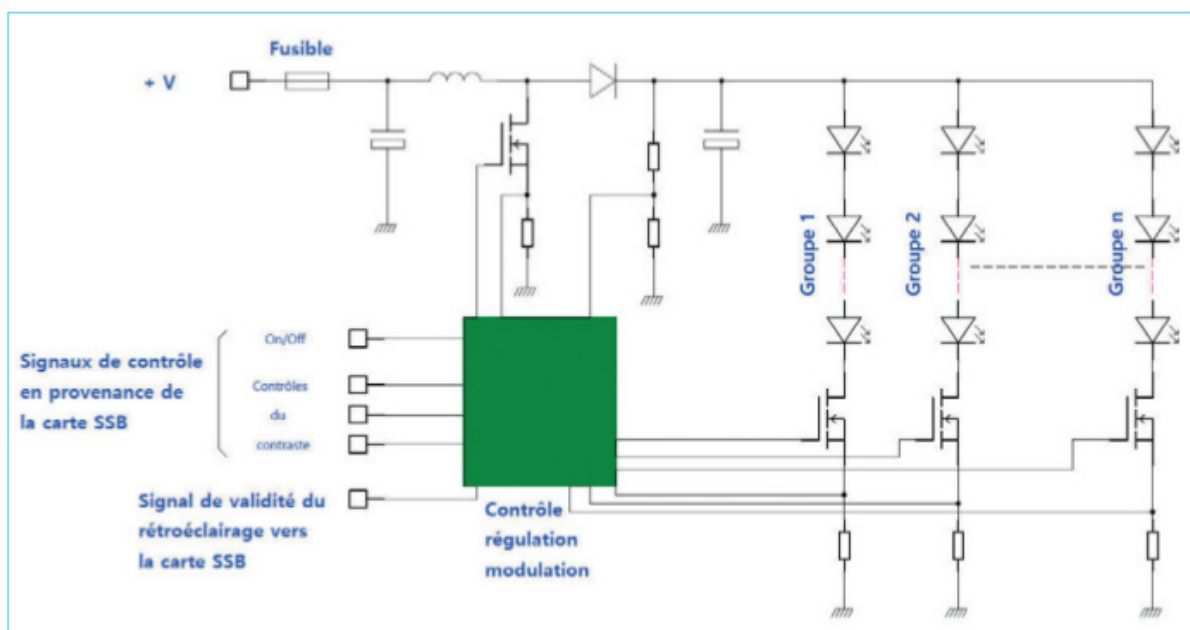


Figure 9-23. Synoptique des circuits de rétroéclairage LED sans transformateur

Contrairement aux écrans LCD, les inverters de rétroéclairage sont toujours intégrés à la carte d'alimentation de l'appareil, parfois sur une seule carte constituant l'alimentation, l'inverter des LED et les circuits de réception.

L'alimentation des LED de rétroéclairage est en réalité une alimentation régulée en courant, c'est-à-dire que la régulation se fera sur l'intensité du courant fourni et non sur la tension. Pour ce faire, dans le cas des alimentations sans transformateur, les circuits destinés à l'allumage des LED sont constitués d'un convertisseur à découpage de tension continue élévateur d'une tension secondaire délivrée par l'alimentation générale de l'écran, les LED étant alimentées avec un courant modulé sous contrôle du circuit gérant le contraste dynamique.

Une autre configuration d'inverter est constituée d'une alimentation à découpage utilisant un transformateur pour délivrer la tension qui sera régulée en courant pour moduler la luminosité des LED. Le transformateur permet ainsi l'isolement entre la tension primaire et les LED.

Les dispositifs de sécurité sont assez simples, ils détectent le courant fourni par l'inverter. Soit le courant est nul ou trop faible, indiquant que les chaînes de LED sont défectueuses, soit le courant est trop fort (ou la tension délivrée pour le courant nominal trop faible), indiquant un court-circuit total ou partiel dans une chaîne de LED montées en série. En général, les circuits de sécurité du rétroéclairage LED se contentent de limiter la tension ou l'intensité fournie par les circuits, mais ne provoquent pas

l'arrêt de l'appareil comme c'est le cas pour les appareils de type LCD, qui présentent plus de risque d'incendie (arcs électriques).

Mettant en jeu des circuits moins sophistiqués, fournissant une puissance plus faible sous une tension plus faible, les circuits d'alimentation du rétroéclairage des écrans LED sont moins sujets aux pannes et plus faciles à réparer.

### Diagnostic des pannes de rétroéclairage à tubes CCFL

Lors de la recherche de panne d'un inverter, il est souhaitable que celui-ci soit connecté à TOUTES ses lampes. En effet, dans le cas contraire, deux effets se produiront :

- mise en sécurité par détection de l'absence de lampe rendant difficile le dépannage ;
- risque de provoquer des surtensions pouvant créer des arcs à l'intérieur des transformateurs de sortie (cas du rétroéclairage par CCFL).



Si l'inverter est incorporé à la carte d'alimentation de l'appareil, il est impératif d'utiliser un transformateur d'isolement pour relier l'appareil au secteur électrique lors des opérations de diagnostic des pannes d'alimentation. En effet, cela sera d'une part moins dangereux pour le réparateur, qui ne sera ainsi jamais en contact direct avec le réseau électrique, et d'autre part indispensable pour pouvoir relier une sonde d'oscilloscope aux circuits primaires d'une alimentation.

Pour des raisons de sécurité et afin d'éviter la création d'arcs électriques avec le châssis des appareils, les inverters sont le plus souvent réalisés sur des circuits imprimés à une seule face (côté composants) apparente lors du montage de la carte dans l'appareil. Ceci rend le diagnostic des pannes plus facile, l'ensemble des circuits étant apparent. Lors des opérations, il ne faudra bien entendu pas remonter le blindage métallique qui recouvre les inverters séparés des alimentations.

En l'absence de rétroéclairage, il faut tout d'abord vérifier la présence et la stabilité de la tension d'alimentation de l'inverter (12 ou 24 V continus en général) qui est fournie par la carte d'alimentation générale. On vérifiera ensuite si la tension de commande en provenance de la carte principale (circuits de contrôle) est bien présente. Si le signal de commande de l'éclairage n'est pas présent, il n'y aura pas allumage des lampes bien que la carte inverter soit en état de fonctionner. Il se pourra également que le signal de commande apparaisse un bref instant puis disparaisse, cela se produisant lorsque l'inverter envoie un signal d'erreur à la carte SSB, qui coupe aussitôt le rétroéclairage par sécurité. Il est facile alors de simuler la mise en fonction de l'éclairage en générant la tension de commande qui est en général positive (prévoir de relier cette connexion au travers d'une résistance de 1 à 2 k $\Omega$  à la tension de veille de l'alimentation principale après l'avoir isolée de toute autre liaison avec la carte SSB).

Si le rétroéclairage fonctionne, même un bref instant, les circuits sont donc opérationnels ou peu s'en faut. En effet, les cartes inverter possèdent en général des circuits de détection de fautes qui agissent soit sur les éléments de contrôle de la carte principale, soit sur les circuits de l'inverter, souvent sur les deux. Dans ce dernier cas, l'inverter allumera les lampes un bref instant avant de les éteindre par mise en sécurité. Si ces circuits agissent sur les circuits de contrôle de la carte principale, celle-ci commutera les alimentations (principale et rétroéclairage) en sécurité en coupant les signaux de mise sous tension, empêchant ainsi tout fonctionnement.



Les circuits de détection d'anomalie sont capables de détecter soit les lampes défectueuses par détection d'une tension anormalement élevée à leurs bornes ou d'une intensité consommée trop faible, soit le mauvais fonctionnement des circuits de l'inverter (tensions trop faibles ou absentes).

**Dans tous les cas**, il faudra s'assurer qu'aucune anomalie n'est détectée par les circuits de protection avant de continuer le dépannage.



Les circuits de sécurité protègent les appareils contre les risques d'incendie et protègent les circuits d'alimentation. Ils ne doivent jamais être neutralisés de façon prolongée ! La cause de la présence d'un signal de défaut doit absolument être déterminée.

Si la simulation de la tension de commande ne provoque pas l'allumage même très bref des lampes, il faut chercher la panne dans les circuits d'alimentation qui sont très voisins dans leur conception des circuits des alimentations à découpage, sauf évidemment si tous les tubes CCFL sont défectueux. On procédera comme suit pour déterminer les raisons de la panne.

- 1 Relier l'inverter à ses lampes.
- 2 Appliquer la tension d'alimentation à l'inverter.
- 3 Simuler la présence du signal de commande en reliant ce dernier au travers d'une résistance d'environ 1K à une tension continue de 5 V. **Cette opération doit être réalisée après avoir isolé ce signal de la carte SSB pour éviter que celle-ci n'impose son signal et ne pas risquer de détruire son circuit de commande en le forçant à un potentiel haut.**
- 4 On pourra également relier l'entrée de contrôle de la luminosité (A-Dim ou Analog-Dim) de la même manière. En effet, un potentiel de 0 V sur cette entrée risque de laisser éteint le rétroéclairage. **Cette opération doit être effectuée après avoir isolé ce signal de la carte SSB.**
- 5 Vérifier la présence de la tension d'alimentation de l'inverter dans les circuits de commande (primaire). Notamment après le fusible protégeant cette tension. Si le fusible est grillé, on cherchera un éventuel court-circuit dans les circuits avant de tenter de le remplacer. Il arrive parfois que le fusible se coupe, il s'agit en général de fusibles de type CMS très petits mais devant protéger une tension sous plusieurs ampères, donc fragiles.
- 6 Vérifier le fonctionnement du circuit de contrôle de l'inverter qui doit délivrer le signal rectangulaire à chaque étage final (MOSFET ou IGBT) relié au transformateur de sortie. On se basera sur les caractéristiques du circuit intégré utilisé pour vérifier la présence des signaux attendus et le fonctionnement correct.
- 7 Vérifier le signal rectangulaire sur le primaire de chaque transformateur de sortie. Et comparer entre eux ces signaux qui doivent être identiques.
- 8 Vérifier si un signal d'erreur est présent et en rechercher la cause. On pourra neutraliser temporairement ce signal pour vérifier qu'il est bien la raison du non-fonctionnement avant de rechercher la cause et de la corriger impérativement.
- 9 Si les circuits semblent fonctionner mais qu'il y a déséquilibre entre les différentes branches de sortie de l'inverter, il y aura lieu de rechercher la similarité des transformateurs de sortie. En effet, les enroulements de ces transformateurs sont, pour le primaire, soumis à des courants

importants, les enroulements secondaires, à des tensions élevées. Cela augmente leur fragilité et il n'est pas rare de constater certaines défauts :

- enroulements partiellement en court-circuit provoquant une surchauffe et une perte de rendement du transformateur ;
- coupure d'un enroulement ;
- défaut d'isolement entre primaire et secondaire.

### Attention aux vérifications à l'oscilloscope

Si on souhaite vérifier les tensions présentes au primaire des transformateurs, cela se fera sans problème pour les circuits alimentés en 24 V maximum, ce qui est le cas des inverters séparés des alimentations. Si on doit vérifier les transformateurs dont les transistors MOSFET de puissance sont alimentés par la tension primaire d'une alimentation (160 à 400 V), on devra s'assurer de la capacité de l'oscilloscope et de sa sonde à supporter une tension au moins égale à une fois et demie la tension d'alimentation en raison des pics générés par les enroulements. Comme indiqué au début de cette section, il sera également indispensable d'utiliser un transformateur d'isolement du secteur électrique.

Les vérifications à l'oscilloscope ne doivent se faire que côté primaire des transformateurs de sortie. Ne jamais vérifier à l'aide d'un oscilloscope les sorties de ces transformateurs alimentant les tubes CCFL. L'oscilloscope ne résisterait pas à la haute tension délivrée, même au travers d'une sonde normale. On pourra utiliser un tournevis à manche isolant qu'on approchera de chaque borne de sortie vers les tubes CCFL. Ceci, sans danger pour le dépanneur, devrait provoquer un petit arc électrique visible démontrant la présence de la haute tension. Cela ne signifiera pas que la tension délivrée est correcte mais donnera une indication. En comparant les différentes sorties qui doivent être identiques (longueur de l'arc), on pourra éventuellement localiser une défaillance.

Il est donc important de mesurer chaque enroulement à l'aide d'un ohmmètre et de comparer les valeurs mesurées entre les différents transformateurs afin de déterminer si l'un d'entre eux est défaillant. Les circuits primaires auront une résistance de quelques ohms, les circuits secondaires de l'ordre du k $\Omega$ .

### Astuces

Il est possible de vérifier le fonctionnement d'une carte inverter déconnectée du téléviseur en reliant ses sorties « haute tension » à des lampes fluorescentes courantes. Cela aura pour avantage de vérifier la présence de la haute tension en évitant de faire fonctionner l'inverter à vide, ce qui pourrait détruire les transformateurs de sortie (provoquant des courts-circuits entre spires des enroulements secondaires en raison des surtensions).

On choisira des lampes de faible diamètre et de longueur proche de celle des lampes du téléviseur (largeur de l'écran). Ceci n'est pas parfait et pourra notamment engendrer des détections d'erreurs dues aux lampes si celles-ci sont mal adaptées.

Les filaments ne doivent pas être alimentés, on reliera un fil à chaque extrémité du tube fluorescent.

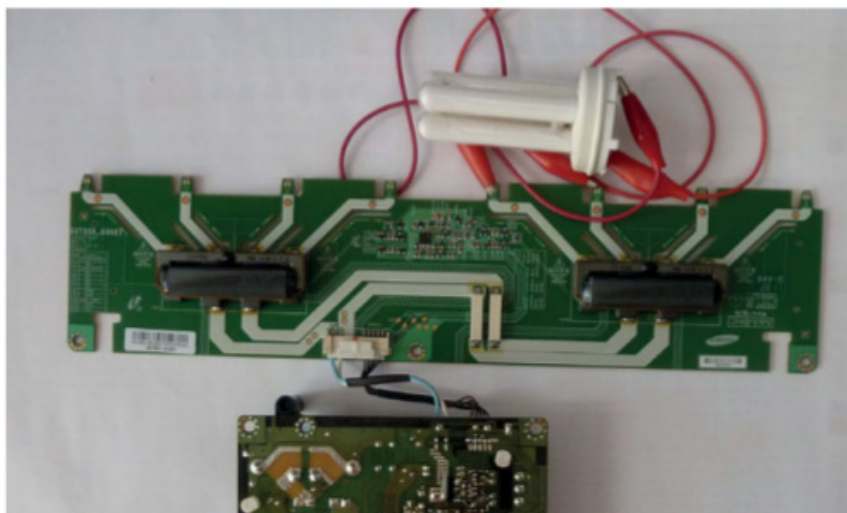


Figure 9-24. Test d'une carte inverter à l'aide d'un tube fluorescent

### Recherche de l'origine d'un signal de faute

Un signal de faute, s'il est détecté, peut avoir une cause réelle et valide, ou être indûment généré en raison de la défectuosité des circuits de détection. Dans tous les cas, après l'avoir neutralisé temporairement, on commencera par identifier la branche dans laquelle l'erreur est détectée via :

- l'examen physique de l'éclairage de chaque branche (utilisez un fond uni sur le téléviseur et appréciez l'éventuelle zone d'ombre) ;
- l'utilisation du test du tournevis (présence d'un arc électrique selon la méthode décrite dans l'encadré « Attention aux vérifications à l'oscilloscope » page précédente) ;
- l'examen des signaux d'erreurs de chaque branche.



Pour neutraliser le signal de faute résultant de toutes les fautes détectées, il faudra forcer ce signal au niveau correspondant à aucune faute. Bien faire attention de couper la liaison avec le circuit générant ce signal avant de le forcer, au risque de détruire la sortie du circuit considéré.

Après avoir localisé la branche défectueuse, l'étape suivante correspondra à l'isolation puis à la neutralisation du signal d'erreur de cette branche afin de vérifier le fonctionnement du reste des lampes. Pour cela, on dessoudera un composant (une diode en général) ou on coupera temporairement une piste de circuit imprimé avant de reconnecter le tout, bien entendu.

On s'attachera alors à vérifier si cette faute est légitime :

- en inversant par exemple les connexions de deux lampes (possible uniquement et avec précaution pour les connexions par câble souple/connecteur) ;
- en recherchant une éventuelle fuite ohmique des lampes vers la masse de l'appareil (provoquée par un arc électrique par exemple) ;
- en vérifiant les composants constituant le circuit de détection.





En l'absence flagrante d'une cause électronique à la panne, il y a de grandes chances que les tubes fluorescents CCFL soient à l'origine du défaut. En effet, ces tubes vieillissent et peuvent alors être vus comme absents ou cassés par l'inverter. Il existe des testeurs permettant de vérifier les tubes CCFL mais leur coût est assez prohibitif pour le réparateur occasionnel. Il ne reste alors que la solution du démontage de l'écran pour constater l'état des tubes comme cela est décrit plus loin.

Le diagnostic des pannes des circuits du rétroéclairage d'un téléviseur LCD n'est jamais très complexe, mais parfois rendu difficile par l'absence de schéma ou des fiches techniques des composants utilisés. Soyez persévérant, méthodique et prudent, en raison des tensions élevées présentes. Rappelez-vous que les circuits de rétroéclairage CCFL sont les plus consommateurs en énergie d'un téléviseur, ils sont donc souvent l'objet de pannes. Dans tous les cas, la qualité du diagnostic est primordiale afin d'éviter d'acheter des éléments coûteux inutilement (lampes CCFL ou cartes inverter non réparables) ou de jeter un appareil réparable.

Leur réparation est parfois rendue difficile par la difficulté de se procurer les composants les constituant, en particulier les transformateurs **qui ne sont pas interchangeables** d'un inverter à l'autre, et dont on devra assurer un strict remplacement par leur équivalent. Les transistors MOSFET de puissance pourront être remplacés par d'autres à condition de bien respecter leurs caractéristiques, notamment en ce qui concerne la tension de fonctionnement, la puissance admissible ou l'intensité maximale délivrée, mais aussi la résistance interne en mode saturation (ESR) pour éviter les pertes de rendement et échauffements inutiles et dangereux. Si la panne provient des lampes CCFL, ce sujet est traité plus loin, la réparation sera possible bien qu'il soit difficile de trouver les lampes, mais leur substitution n'est pas difficile, leurs caractéristiques n'étant pas très critiques.



Si vous êtes en présence d'un appareil non réparable ou cassé, essayez de récupérer un maximum d'éléments avant de le mettre à la déchetterie, en particulier les éléments du rétroéclairage qui pourront vous servir ultérieurement.

## Diagnostic des pannes de rétroéclairage à LED

Tout d'abord, soyons réalistes, je n'ai pour ma part jamais constaté de panne propre aux circuits d'alimentation des LED (inverters), sans doute parce qu'ils mettent en jeu des tensions et puissances réduites. S'agissant de circuits assez proches de ceux d'une alimentation classique, on pourra se guider sur le chapitre 11 pour diagnostiquer et réparer ces éléments. Retenons les différences essentielles d'un inverter pour rétroéclairage à LED par rapport à une alimentation à découpage classique :

- 1 Les circuits ne sont jamais séparés physiquement des circuits d'alimentation de l'appareil. Ils mettent en jeu :
  - soit un circuit à découpage sans transformateur élevant une tension continue (12 ou 24 V en général) délivrée par l'alimentation de l'appareil ;
  - soit un circuit à découpage utilisant un transformateur alimenté à partir d'une tension continue délivrée par l'alimentation générale de l'appareil (12 ou 24 V) ou de la tension primaire élevée (de l'ordre de 400 V).
- 2 Les circuits de contrôle permettent une régulation en courant de l'alimentation des LED.

- 3 La tension délivrée dépend du nombre de LED reliées en série, chacune ayant une tension nominale d'environ 3,3 à 3,6 V. Pour un téléviseur ayant une diagonale de 40 pouces utilisant 45 LED reliées en série en une seule chaîne, la tension sera de l'ordre de 160 V.
- 4 L'intensité délivrée est de l'ordre de 100 à 400 mA par chaîne de LED en série.
- 5 Les circuits de sécurité vérifient l'intensité consommée par les LED et se contentent de couper ou réduire la tension délivrée aux LED.

Ce dernier point est une caractéristique intéressante qui va permettre de diagnostiquer une coupure des chaînes de LED reliées en série pour un appareil qui ne provoque aucun allumage, même bref, du rétroéclairage. En effet, si pour l'une de ces chaînes la tension délivrée par l'inverter monte rapidement à la mise sous tension de l'appareil, puis redescend doucement, on peut considérer que la chaîne des LED est coupée, un courant trop faible (ou nul) ayant été détecté par le circuit de sécurité qui coupe la tension ou la diminue.

Parfois le circuit réessaie la mise sous tension qui monte à sa valeur nominale puis diminue aussitôt et ainsi de suite.

Si l'écran s'allume un bref instant puis s'éteint, il peut s'agir de deux défauts :

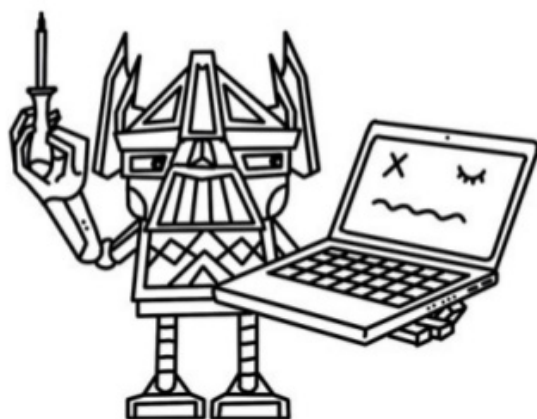
- 1 Les LED sont reliées en série en une seule chaîne et une ou plusieurs LED sont en court-circuit.
- 2 Les LED sont organisées selon plusieurs chaînes dont l'une ou plusieurs sont défectueuses (circuit ouvert ou court-circuit partiel).



Face à un appareil dont l'écran reste noir mais se met sous tension, vérifier en premier lieu le comportement de la tension fournie aux LED de l'écran. Dans le doute, ou si elle n'apparaît pas, appliquer la méthode consistant à simuler le signal de la commande d'allumage du rétroéclairage (voir la section dédiée au diagnostic du rétroéclairage CCFL page 264).

Comme indiqué précédemment, la sécurité n'affecte que les circuits de l'inverter et, en cas de défaut d'allumage du rétroéclairage à LED, l'appareil reste en général sous tension car il n'y a aucun risque d'incendie ou échauffement important. Cette caractéristique est importante et va permettre de faire une vérification supplémentaire. Si l'appareil reste en fonctionnement mais que l'écran reste noir (ou

s'est allumé un court instant), le son doit être présent et l'image devrait pouvoir être aperçue en utilisant une lampe de poche pour éclairer l'écran en opérant dans le noir absolu.



Ainsi, le fonctionnement de l'appareil sera vérifié au niveau son et image, ne laissant aucun doute sur le bon état de l'écran hormis son rétroéclairage. Les pannes des circuits inverters de ces écrans semblant être vraiment peu fréquentes, il y a fort à parier que le problème se trouve au niveau des LED. Nous le traitons en fin de ce chapitre.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE PRINCIPALE

Toutes les pannes ne sont pas réparables sur une carte principale (carte SSB), notamment s'il s'agit des circuits de contrôle ou de décodage vidéo et son qui mettent en œuvre des composants complexes souvent peu documentés, non remplaçables (de type BGA) ou introuvables et utilisant des logiciels rarement divulgués et souvent sous copyright.

Il existe en revanche de nombreuses pannes identifiables et réparables au niveau composant évitant le remplacement toujours coûteux et parfois incertain d'une carte SSB.

En particulier, si le diagnostic révèle que le téléviseur fonctionne avec certaines sources d'entrée (Péritel et/ou HDMI et/ou S-vidéo et/ou Composite et/ou PC, etc.), on devra tout de suite s'orienter vers une vérification des circuits d'entrée et de commutation des différentes entrées. Un tel diagnostic indique en effet que les circuits majeurs du téléviseur sont en état de fonctionnement et c'est donc en amont qu'il faut chercher la panne.

On peut diviser une carte SSB en quatre parties :

- 1 les convertisseurs d'alimentation à découpage (DC/DC) qui génèrent les différentes tensions internes à la carte à partir des lignes d'alimentation principales en provenance de la carte d'alimentation ;
- 2 les circuits de contrôle qui génèrent les signaux de commande à la fois pour les fonctions internes à la carte SSB, mais aussi vers les cartes d'alimentation et inverser ainsi que vers le clavier de commande, les voyants et le récepteur infrarouge de télécommande ;
- 3 la chaîne de traitement vidéo qui reçoit les signaux en provenance de l'antenne, ou les signaux appliqués aux diverses entrées vidéo du téléviseur (PC-VGA, Péritel, Composite, Composante, S-Vidéo, HDMI) et délivre à la carte T-Con les signaux vidéo destinés à la dalle écran (sortie LVDS). Dans la plupart des appareils, une sortie vidéo destinée aux magnétoscopes est également fournie sur un ou plusieurs connecteurs Péritel ;
- 4 la chaîne de traitement son qui reçoit les signaux en provenance de l'antenne, ou les signaux appliqués aux diverses entrées audio du téléviseur (Péritel, entrées son stéréo correspondant aux entrées vidéo, HDMI) et délivre la sortie sonore aux haut-parleurs, à la prise écouteur ainsi que vers les sorties son digitales (optique ou numérique) et analogiques (Péritel, sorties audio stéréo ou écouteurs).

Les schémas synoptiques ci-après permettent de se repérer dans les circuits de la carte SSB. Il s'agit de schémas simplifiés typiques d'une carte SSB – une vraie représentation aurait nécessité plusieurs pages très denses aussi, toutes les interactions entre les circuits de contrôle et les circuits vidéo et audio ont été omises, sachez qu'elles existent bien entendu. De même, des circuits de commutation sous contrôle du microprocesseur permettant de choisir entre les différentes entrées peuvent être présents selon les possibilités de l'appareil et de ses circuits processeurs vidéo et audio. Si vous avez la chance de posséder le manuel de maintenance de l'appareil, un tel synoptique plus complet est en général présent.

Les alimentations internes de la carte ne sont pas représentées, elles peuvent être en faible nombre ou au contraire en nombre important selon la complexité de la carte SSB. La plupart utilisant des convertisseurs à découpage, on les reconnaît aisément en raison de la proximité d'inductances facilement reconnaissables. Les autres, utilisant des régulateurs de tension, sont également facilement reconnaissables car elles utilisent des circuits intégrés en boîtier TO220 type 78XX, très peu utilisés par ailleurs dans ces cartes.



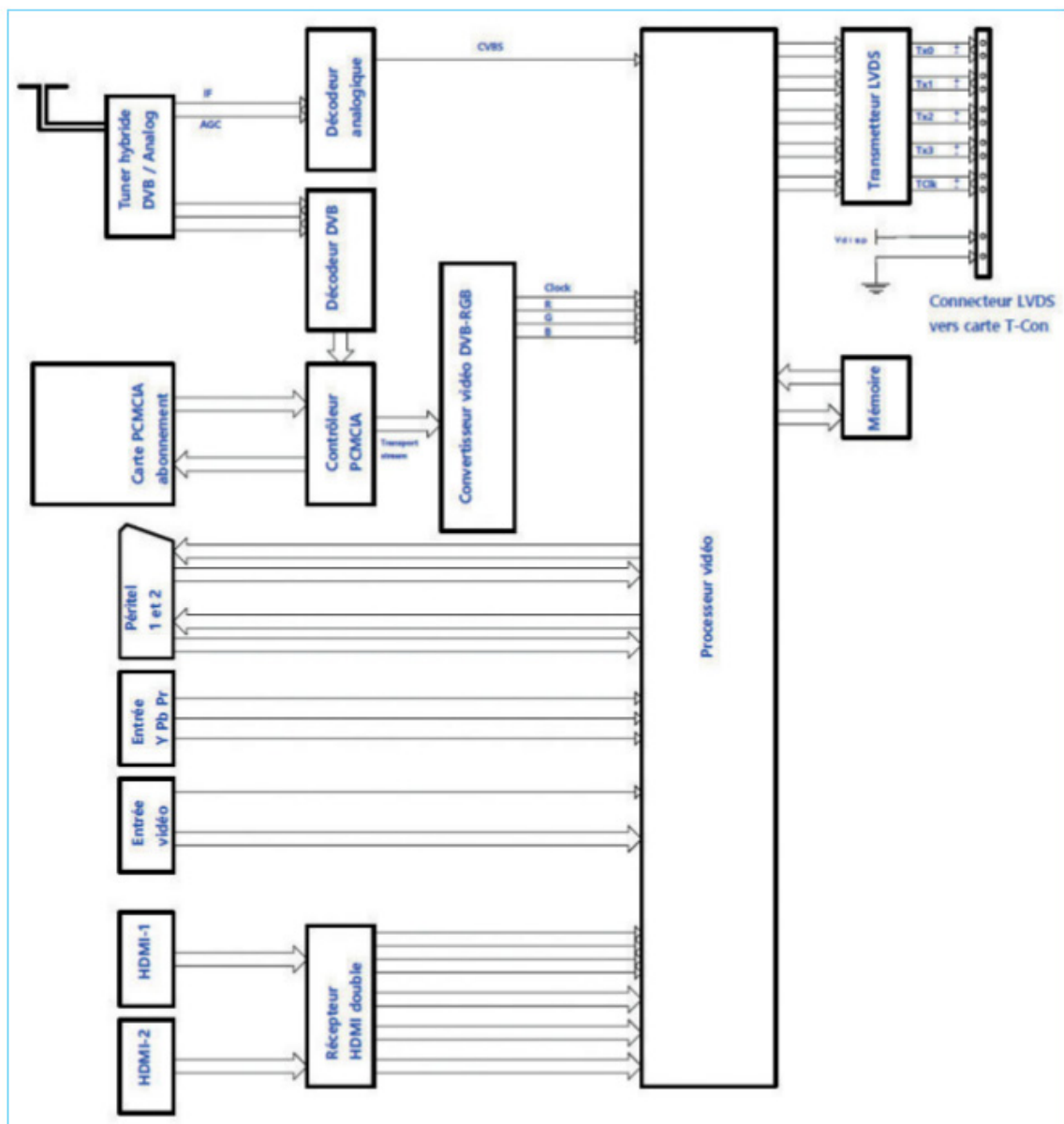


Figure 9-25. Synoptique de la chaîne vidéo d'une carte SSB

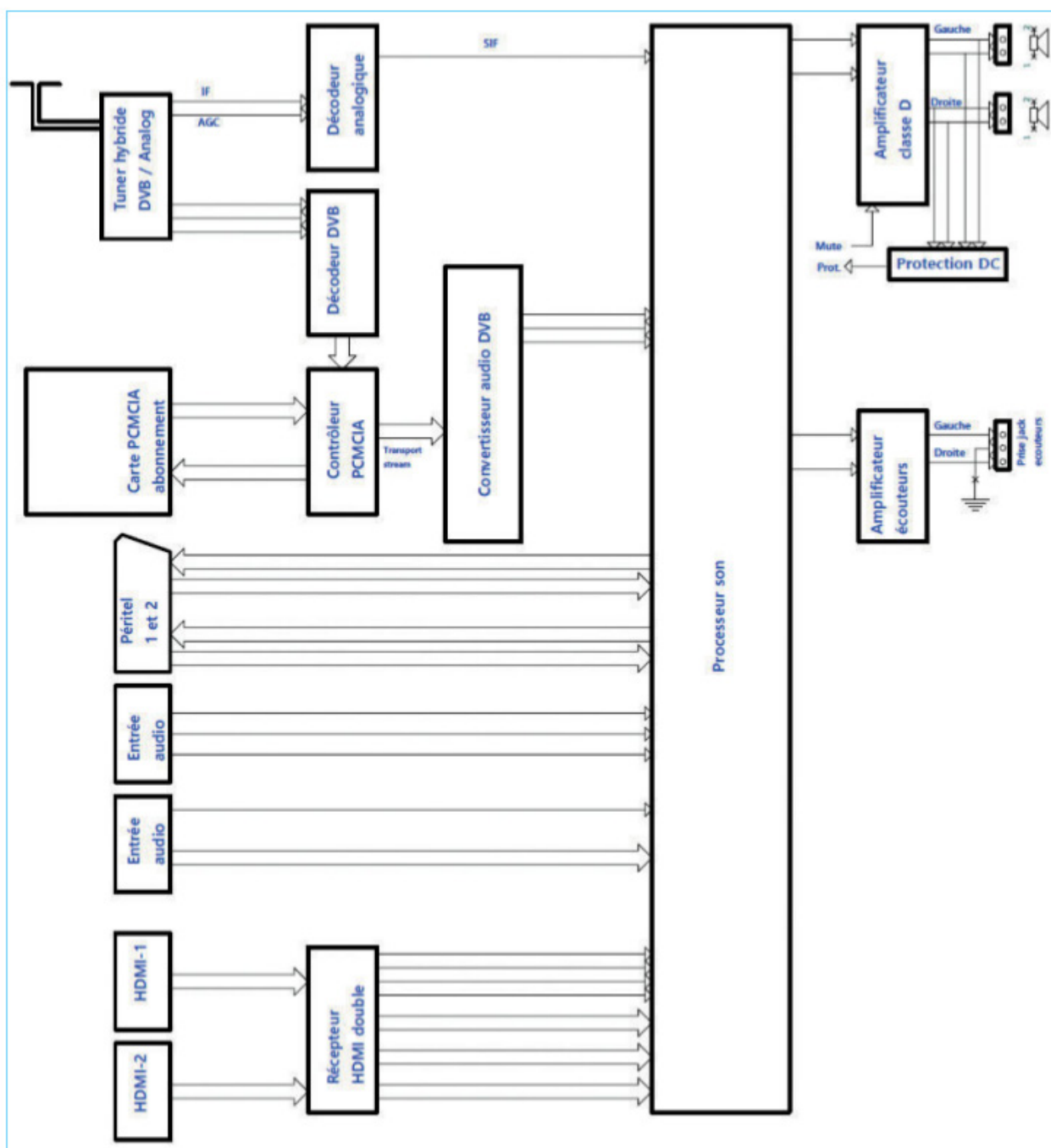


Figure 9-26. Synoptique de la chaîne audio d'une carte SSB

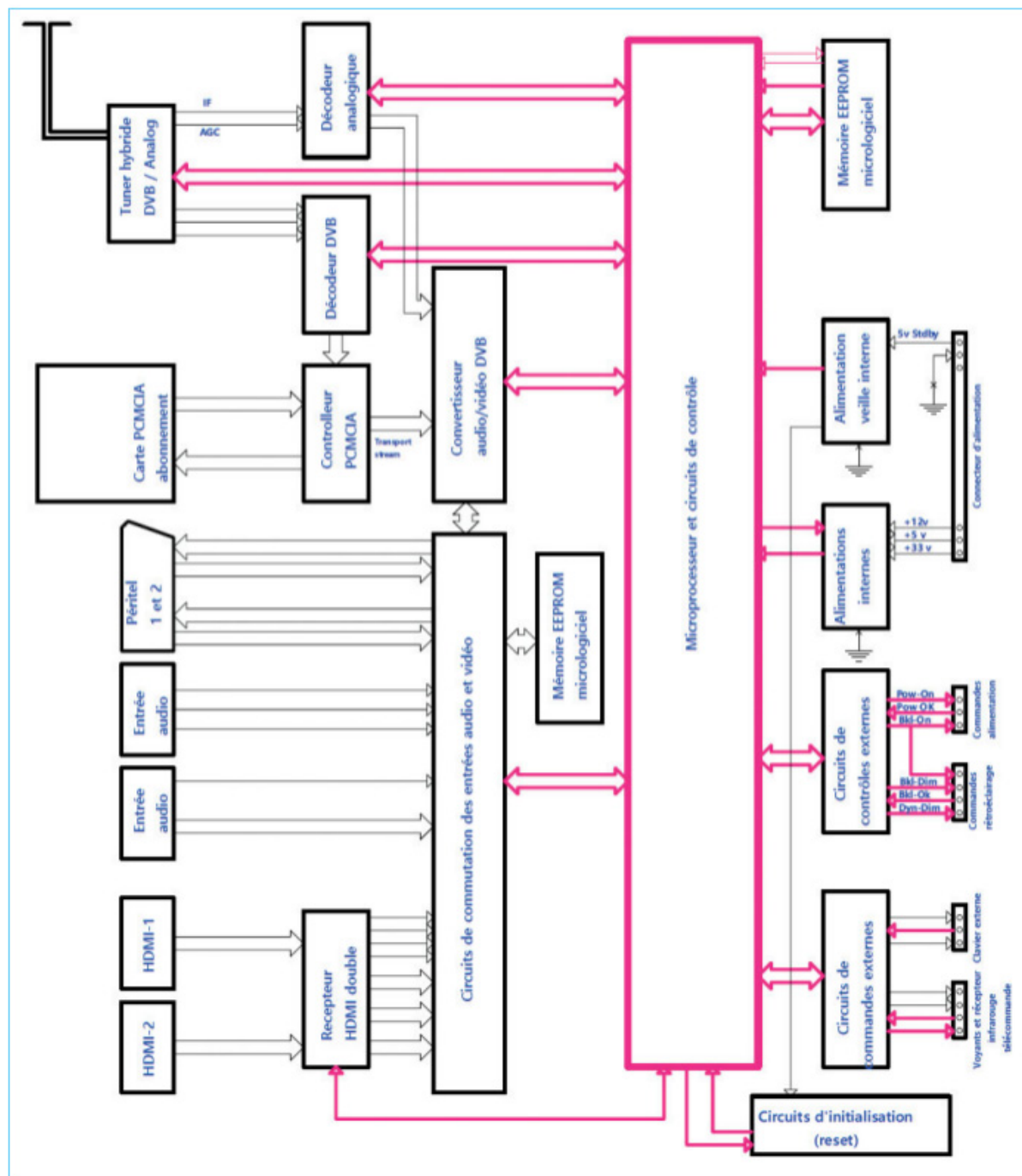


Figure 9-27. Synoptique des circuits de contrôle/commandes d'une carte SSB



Dans la chaîne son, il peut également exister des sorties numériques (coaxiale ou optique) permettant de relier un système home cinéma ainsi que la possibilité de relier des écouteurs.

### Vérification des alimentations internes d'une carte principale

Les circuits des cartes SSB nécessitent de nombreuses et diverses tensions pour fonctionner. Les cartes d'alimentation des téléviseurs procurent à la carte SSB les tensions majeures qui leurs sont nécessaires ; en particulier la tension de veille et les tensions de fonctionnement (en général non présentes en mode veille). De ces alimentations, que je qualifie de majeures, sont dérivées des tensions internes variées aboutissant aux circuits assurant les diverses fonctions de la carte et isolant ceux-ci entre eux au niveau alimentation. En cas de doute sur le fonctionnement d'une carte SSB, vérifiez le fonctionnement des circuits générant ces tensions et la validité de ces dernières. Pour cela, il est évident que disposer du schéma de la carte est quasiment indispensable. Toutefois, la recherche des circuits concernés pourra permettre de trouver (avec beaucoup de patience et de persévérance) les circuits générant les tensions internes.

Si on a la chance de disposer du schéma, les circuits générant les tensions sont en général regroupés (sur le schéma) et non disséminés selon les fonctions assurées par la carte. Souvent, les feuilles de schéma regroupant les alimentations internes sont appelées DC-DC. Dans un premier temps, on repérera les éventuels fusibles disposés sur la carte SSB afin de vérifier leur bon état. Dans le cas contraire, un fusible « claquant » rarement de lui-même, on cherchera la cause possible de sa défaillance.

Il existe quatre types de circuits générant les tensions internes.

- 1 Les simples circuits résistance – diode Zener pour générer des tensions moins élevées que la tension primaire utilisée et de faibles puissances. La diode Zener peut être simple ou programmable comme le circuit TL431.

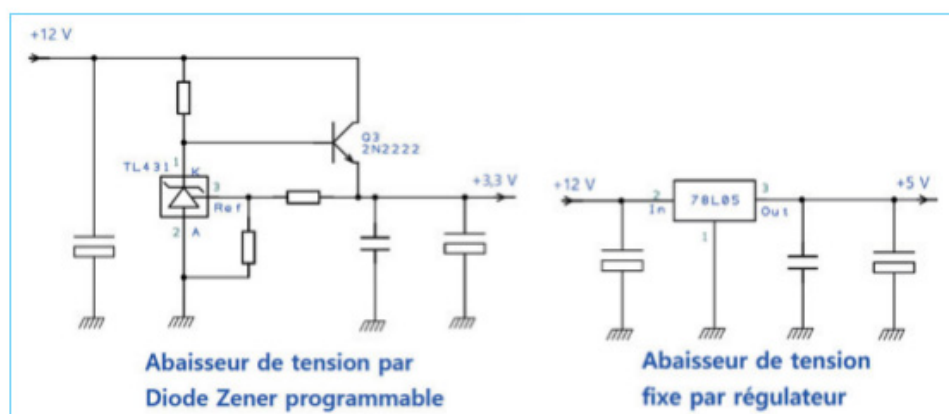


Figure 9-28. Circuits DC/DC abaisseurs simples

- 2 Les circuits régulateurs abaisseurs de tensions passifs, dont la tension est réglable ou non, comme un circuit de la série 78LXX (non réglable) ou le circuit LM1086 (réglable).
- 3 Les circuits utilisant un amplificateur opérationnel combiné ou non avec un transistor de puissance en sortie (tensions de précision).

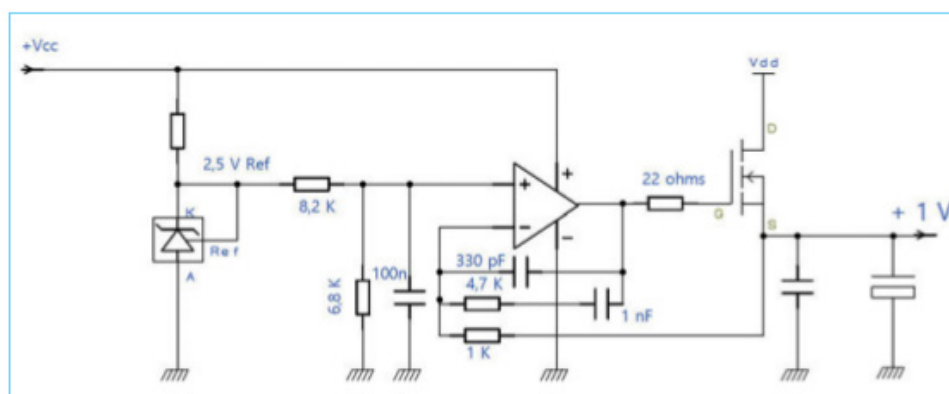


Figure 9-29. Circuits DC/DC avec amplificateur opérationnel (abaisseur de tension de précision)

- 4 Les convertisseurs à découpage qui permettent d'élever ou abaisser les tensions en utilisant des circuits intégrés et des inductances. Ces derniers sont plus difficiles à dépanner.

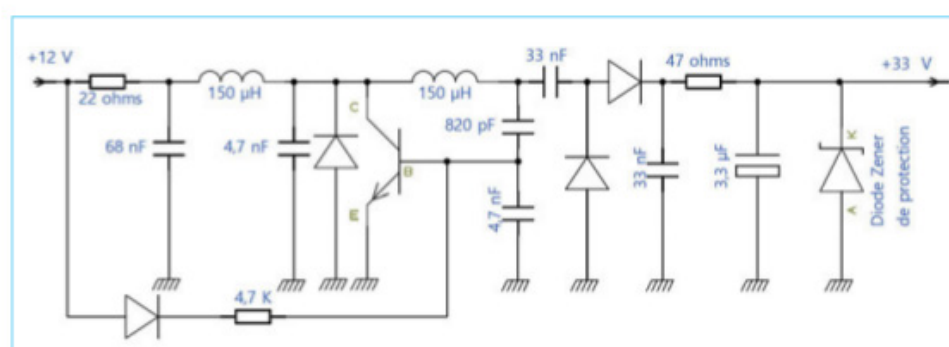


Figure 9-30. Circuits DC/DC élévateur à découpage utilisant un circuit auto-oscillant

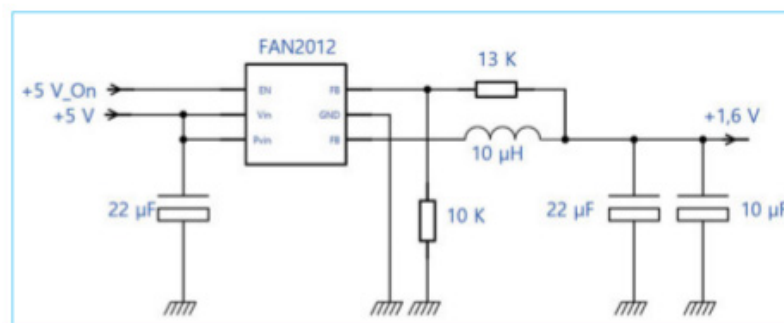


Figure 9-31. Circuits DC/DC abaisseur à découpage utilisant un circuit FAN2012

Dans le cas de la génération de lignes d'alimentation de puissance, la tension pourra être fournie par un transistor de puissance commandé par le circuit DC/DC. De même, si la tension doit pouvoir être interrompue et que le circuit générateur de la tension ne comporte pas la possibilité d'être commandé par un signal, le transistor servira alors d'interrupteur.

Il s'agira d'un transistor à jonction, ou plus vraisemblablement MOSFET de puissance, qui parfois sera défectueux (coupé) et devra donc être remplacé par un transistor au moins aussi performant en matière de tension et intensité maximales, mais aussi selon sa résistance en mode saturation (ESR). C'est fréquemment le cas pour la tension alimentant la dalle écran qui, pour des raisons de confort visuel, est interrompue durant les commutations de chaînes par exemple, l'écran devenant ainsi noir en l'absence de tension.

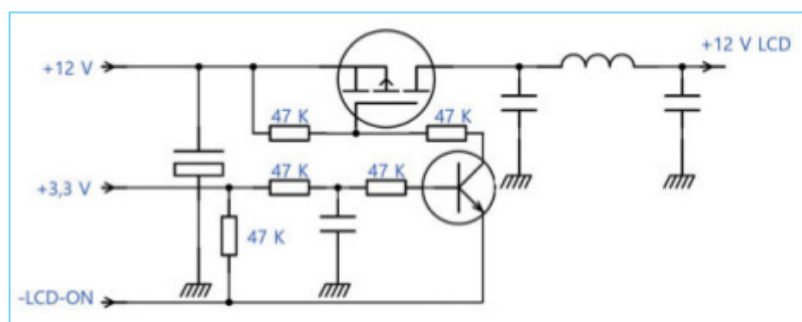


Figure 9-32. Commutation de l'alimentation d'une dalle LCD utilisant un transistor MOSFET P-Channel

Les transistors ainsi utilisés étant des éléments de puissance, on vérifiera donc tous les circuits commutant ou distribuant ainsi les tensions à l'intérieur de la carte SSB. Dans tous les cas, les tensions générées par les circuits DC/DC de la carte SSB sont filtrées par de nombreux condensateurs, la pureté des tensions délivrée est primordiale au bon fonctionnement des divers circuits et microprocesseurs utilisés. Cela est bien entendu la source potentielle de courts-circuits dus à des condensateurs défectueux. Il faudra aussi penser à vérifier la pureté des tensions ainsi générées et leur stabilité.

La diversité des circuits utilisés en la matière est grande, la variété des tensions distribuées est importante, procédez donc par étape pour vérifier ces circuits :

- 1 les repérer sur le schéma ou la carte afin de TOUS les vérifier ;
- 2 chercher les fiches techniques des circuits intégrés, diodes et transistors utilisés ;
- 3 vérifier la présence des tensions d'entrée des circuits et leur valeur et, si possible, leur pureté à l'aide de l'oscilloscope ;
- 4 en cas de tension nulle ou faible, vérifier la présence d'un éventuel court-circuit ou d'une charge résistive anormalement faible ou d'une diode court-circuitée sur la ligne de la tension de sortie ;
- 5 si une tension est très bruitée (bruit supérieur à 100 mV crête à crête pour une tension de 5 V ou moins), on tentera de connecter en parallèle des condensateurs de filtrage (selon les valeurs relevées sur le schéma). Il s'agira le plus souvent de l'association de condensateurs électrochimiques de 47 à 1 500  $\mu\text{F}$  et de condensateurs de quelques dizaines de nF mis en parallèle.



Rappelons qu'un filtrage efficace met en jeu des condensateurs électrochimiques de fortes valeurs destinés à compenser et filtrer les variations lentes de la tension (quelques dizaines de kHz au maximum) et des condensateurs conventionnels (souvent de type CMS) de quelques dizaines de nF prenant le relais pour les fréquences plus élevées et les harmoniques. Ainsi on trouvera par exemple un condensateur polarisé de 1 500  $\mu$ F en parallèle avec un condensateur polarisé de 47  $\mu$ F, en parallèle avec deux ou plusieurs condensateurs de 10 et 100 nF placés très près du circuit protégé pour éviter la dissémination du bruit dans la carte.



Dans toutes les circonstances, si un doute subsiste sur le fonctionnement d'une carte SSB, assurez-vous que l'ensemble des tensions alimentant la partie mise en doute sont bien présentes et correctes avant de poursuivre le diagnostic.

### *Cas délicat d'une alimentation interne en court-circuit*

Lorsqu'une tension interne à la carte est en court-circuit, un simple ohmmètre permettra de vérifier le court-circuit. Il sera en revanche plus difficile de déterminer le composant responsable de ce court-circuit. En effet, les lignes d'alimentation internes à une carte SSB sont présentes un peu partout dans la carte, elles sont munies de nombreux condensateurs (CMS pour la plupart) de découplage (filtrant le bruit), également répartis dans toute la carte. On pourra ainsi en trouver une vingtaine ou plus sur une même ligne de tension (*voltage rail* en anglais). De plus, les lignes d'alimentation principales d'une carte sont souvent constituées par des plans de cuivre internes au sandwich formant le circuit imprimé et sont donc inaccessibles.



Pour vérifier l'éventuel court-circuit d'une ligne d'alimentation, pensez à inverser les cordons de mesure afin d'effectuer le contrôle en inversant la tension délivrée par l'ohmmètre qui pourrait fausser la mesure, notamment en raison de la présence de diodes. Cela est particulièrement important dans le cas où vous utilisez un multimètre analogique délivrant toujours une tension supérieure à celle de conduction d'une diode.

Dès lors, sachant qu'une des principales causes des pannes se trouve être la mise en court-circuit des condensateurs, comment déterminer le coupable éventuel ?

Bien entendu, on pourra les dessolder un par un pour les vérifier mais, avec un peu de pratique, on préférera éviter une telle action étant donné la difficulté du dessoudage, la quantité importante de condensateurs et le risque élevé de les détruire ou d'endommager le circuit imprimé. On pourra s'aider de la présence de multiples ponts (petits CMS de résistance nulle) reliant les différentes parties de la ligne d'alimentation en les dessoudant pour isoler une section, mais cela ne sera pas toujours suffisant.

Si l'on est en situation de renoncement, c'est-à-dire prêt à sacrifier la carte et la remplacer par une autre, une dernière tentative peut être menée, sachant qu'elle pourra se révéler dangereuse pour la carte mais encore une fois, perdue pour perdue, pourquoi ne pas tenter. Pour essayer de localiser le composant défectueux, en respectant la polarité et la tension délivrée, on pourra relier la ligne d'alimentation court-circuitée à une alimentation de laboratoire fournissant une tension au maximum égale à la tension de la ligne incriminée sous une intensité réglable de plusieurs ampères.

On procédera par tentatives successives, d'abord courtes et sous une intensité faible puis on augmentera le temps de la mise sous tension et l'intensité, toujours en vérifiant la tension sur la ligne

à l'oscilloscope par exemple. L'objectif est soit de trouver un composant qui s'échauffe anormalement ou se met à fumer et qu'on pourra remplacer, soit de le détruire par l'intensité appliquée s'il s'agit d'un simple condensateur.

Je dis que cette opération est parfois néfaste pour la carte car les circuits intégrés n'acceptent pas toujours d'être alimentés par une seule de leurs tensions lorsqu'ils utilisent plusieurs tensions d'alimentation (microprocesseurs, par exemple). Le succès de cette manière d'agir n'est donc pas garanti mais cela permettra quelquefois de remédier à une panne. Si, lors de la recherche, un circuit intégré chauffe anormalement, il sera peut-être le coupable. S'il est facilement remplaçable, on pourra toujours tenter de le remplacer ; s'il s'agit d'un circuit trop complexe pour être remplacé, on aura confirmation que la carte était bien à remplacer.

#### Attention aux risques encourus

L'opération décrite précédemment ne doit être tentée qu'en dernier ressort en raison des risques qu'elle présente pour les circuits de la carte. Si on peut, on essaiera de le faire en alimentant par ailleurs le reste des alimentations internes de la carte en lui appliquant les tensions issues de la carte d'alimentation. Toujours agir sans précipitation et par approches successives en augmentant le temps de chaque essai et l'intensité appliquée. Ne jamais appliquer une tension supérieure à la tension nominale normale de la ligne d'alimentation sous contrôle.

### Vérification des circuits de contrôle d'une carte principale (SSB)

Les circuits de contrôle d'une carte SSB permettent de gérer l'ensemble des fonctions de l'appareil, à commencer par la gestion de l'état de veille et la mise en marche du téléviseur. Le cœur de ces circuits est un microprocesseur associé à une mémoire qui stocke les paramètres et le programme de contrôle.

Ces circuits sont également en charge de commuter les différents circuits utilisés selon le mode de fonctionnement du téléviseur (TV analogique ou numérique, visualisation des signaux multimédia en provenance d'appareils externes, etc.) mais aussi de la gestion de la mémorisation des chaînes par les circuits de réception, des réglages image et son de l'appareil à l'aide du menu. Enfin, ils gèreront diverses fonctions comme la coupure de son et d'image lors des commutations afin d'améliorer le confort d'utilisation. Il est inutile de penser pouvoir intervenir au niveau du microprocesseur, souvent irremplaçable en raison de sa technologie mais, il faut le dire aussi, rarement en cause dans des pannes.

Les mémoires utilisées font parfois défaut et leur remplacement peut être envisagé si leur technologie de soudure le permet et si leur chargement initial peut être assuré. En effet, sans un contenu initial stocké dans sa mémoire intégrée ou externe, le microprocesseur ne pourra pas fonctionner. Certaines marques permettent un rechargement initial des valeurs par défaut en intervenant au niveau du « menu service », certains fabricants plus restrictifs rendent obligatoire l'utilisation d'un outillage de laboratoire qui leur est propre et réservé aux agents agréés de la marque.

En résumé, non seulement le diagnostic des défaillances de ces circuits restera difficile faute de documentation, mais leur réparation au niveau des composants



est des plus aléatoires. On devra malheureusement se résigner souvent au changement de la carte complète.

Toutefois, si le cœur de ces circuits reste assez impénétrable, il ne faut pas oublier qu'ils agissent sur le reste de l'appareil et pour ce faire délivrent des signaux de commande au travers de composants qui peuvent être la cause d'une défaillance. Afin de vérifier au mieux ces circuits, lorsqu'on a détecté une faute manifeste dans les fonctions de contrôle de l'appareil, je recommande de localiser et vérifier :

- 1 tous les circuits d'initialisation qui agissent à la mise sous tension (reset) ;
- 2 les diverses tensions d'alimentation (valeur et pureté) du ou des microprocesseurs ;
- 3 les signaux de contrôle délivrés par ces circuits et leur propagation aux différents circuits commandés.

Cette séquence, plus facile à énoncer qu'à mettre en œuvre, étant donné la densité et la miniaturisation des composants avoisinant les microprocesseurs, permettra de déceler la présence éventuelle de composants en défaut et facilement remplaçables. On pourra aussi pallier certains défauts en rendant permanents certains signaux de commande défaillants comme la coupure de son. Il faut néanmoins rester très prudent dans une telle approche.

Les circuits de « reset » permettant l'initialisation des microprocesseurs sont particulièrement importants car ils conditionnent la bonne mise en fonctionnement initial du microprocesseur. Ils provoquent une remise à zéro lors de l'apparition de la tension de veille, le plus souvent lorsque l'appareil est relié au secteur électrique. Si la « remise à zéro » ne se fait pas, le programme risque de ne pas commencer à l'adresse de départ prévue, si une remise à zéro intempestive se produit, le programme redémarrera et réinitialisera le téléviseur qui en sera bien perturbé.

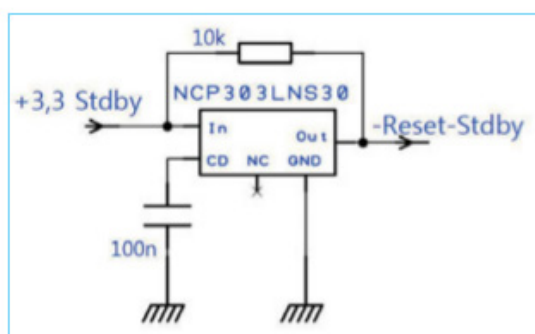


Figure 9-33. Circuit de remise à zéro initiale (reset)

Je citerai le cas où un téléviseur refusait de se mettre en veille lors de sa mise sous tension et demeurait ainsi inactif. Le circuit d'initialisation délivrant une impulsion de remise à zéro fonctionnait par comparaison de la tension de veille (3,3 V) avec un seuil de 3 V fixé par le composant utilisé.

La raison de la panne était une tension de veille qui, bien que correcte au repos (sans action particulière après branchement de l'appareil), s'écroulait légèrement lors du déroulement du programme de mise en état de veille initial des circuits de contrôle qui ainsi, en cours d'initialisation, étaient sans cesse réinitialisés, n'atteignant jamais la fin du processus d'initialisation.



Le fautif était un simple condensateur de liaison dans l'alimentation de veille qui, sa capacité ayant diminué, était incapable de fournir le peu de puissance nécessaire à la tension de veille. Lors de la mise sous tension de l'appareil, celle-ci diminuait sous le seuil de détection du circuit de remise à zéro et provoquait celle-ci de façon intempestive lors de l'initialisation du microprogramme, qui ne parvenait jamais à son aboutissement.

### En résumé

Les circuits d'alimentation interne et les circuits d'initialisation ont une importance primordiale pour le bon fonctionnement d'une carte SSB. Lorsqu'un téléviseur refuse de se mettre en veille ou en fonctionnement, après vérification de l'alimentation générale de l'appareil, il faudra vérifier en priorité cette partie de la carte SSB.

### Vérification de la sortie vidéo d'une carte principale

Dans tous les cas, lorsqu'un téléviseur est mis en marche (pas en veille), la dalle écran, au travers des circuits de la carte T-Con, reçoit des signaux vidéo numériques facilement identifiables à l'aide d'un oscilloscope dont la bande passante devra toutefois être supérieure à 60 MHz. En effet, ces signaux ont en général une fréquence supérieure à 50 MHz, ils sont de faible amplitude mais reconnaissables.

Si on est en présence d'un téléviseur dont l'image est absente (noir ou blanche uniformément) et sans apparition des menus, bien que le rétroéclairage fonctionne, on vérifiera en tout premier lieu la présence de ces signaux ainsi que celle de la tension d'alimentation de la dalle également présente sur le même connecteur que les signaux vidéo. S'ils sont absents, on soupçonnera la carte SSB et ses circuits vidéo. Dans le cas contraire, c'est soit la carte T-Con, soit la dalle elle-même qu'il faudra soupçonner. La vérification de ces signaux se fera au niveau du connecteur de sortie dit « LVDS » allant vers la carte T-Con. Ces connecteurs étant miniaturisés, soyez prudent en utilisant les pointes de touche de l'oscilloscope afin d'éviter tout court-circuit intempestif entre les broches du connecteur. On trouvera souvent au niveau de la carte SSB une série de points de tests, proches du connecteur LVDS, correspondants aux signaux recherchés.

Si on possède la documentation technique de la carte SSB, le repérage des broches à tester sera immédiat. Dans le cas contraire, il sera facile d'identifier les signaux de la façon suivante.

- 1 La tension d'alimentation de la dalle (en général 5 ou 12 V) se trouve sur une ou plusieurs des broches d'extrémité du connecteur.
- 2 Les signaux vidéo utilisent 5 séries (ou plus pour les téléviseurs récents) de 2 broches consécutives, chaque série étant séparée de la suivante par une broche de masse (GND).
- 3 Quatre des groupes de deux broches véhiculent la vidéo et on y retrouve les classiques signaux de fin de ligne et fin de trame, la modulation dépendant du contenu de l'image est parfaitement visible bien qu'il s'agisse de signaux numériques.
- 4 Le dernier groupe transmet un signal « clock », c'est-à-dire un signal d'horloge de fréquence fixe servant à la synchronisation de l'ensemble des signaux lors de leur décodage dans la carte T-Con.
- 5 Chacun des groupes de deux broches comporte un signal positif et un signal inversé (transmission différentielle apportant une meilleure protection contre les parasites et interférences électriques), chacun d'environ 300 mV d'amplitude décalés de +1,25 V par rapport à la masse.

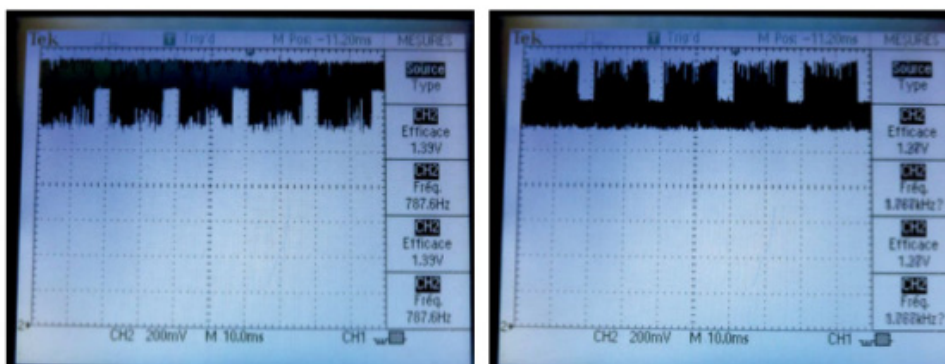


Figure 9-34. Trame vidéo d'un canal LVDS (normale et inversée, 10 ms/div. et 0,2 V/div.)

La figure 9-34 représente les deux sorties d'un canal LVDS montrant les signaux vidéo complémentaires, décalés de 1,25 V. L'interruption de signal intervenant toutes les 20 ms représente les débuts de chaque demi-image (chaque image correspondant à deux demi-images entrelacées ou trame). Ci-après, le signal représente la succession de deux lignes de l'image.

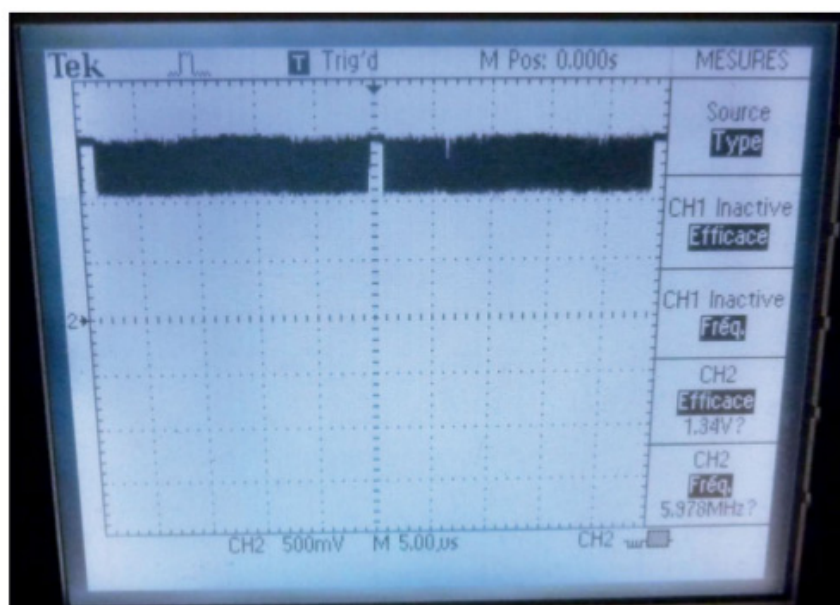


Figure 9-35. Sortie LVDS montrant le signal correspondant à deux lignes vidéo successives (5 µs/div.)

### À savoir

Dans le cas de téléviseurs dont le balayage se fait en 100 Hz ou au-delà, le nombre de signaux vidéo envoyés à la carte T-Con peut être supérieur à cinq.

Si la tension d'alimentation de la dalle écran n'est pas présente ou est instable ou bruitée, on cherchera le circuit de commutation de cette tension (permettant d'interrompre l'image durant les changements de source ou de chaîne) pour déceler éventuellement un élément défectueux.

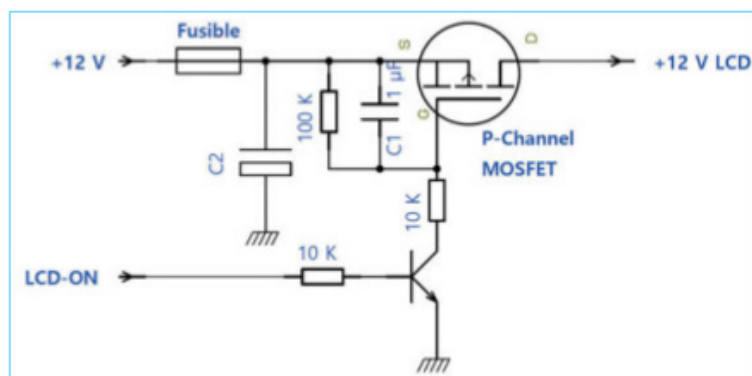


Figure 9-36. Circuit de coupure d'alimentation d'une dalle LCD

Dans l'exemple de la figure 9-36, la tension d'alimentation de la dalle (transmise par l'intermédiaire du connecteur LVDS vers la carte T-Con) était très instable, provoquant un défaut majeur d'image. Le fautif était le condensateur C1 qui, ayant un fort courant de fuite, empêchait le transistor de commuter correctement l'alimentation 12 V vers l'écran LCD. Si les signaux vidéo et d'horloge ne sont pas présents, il faudra bien entendu suivre la chaîne des circuits vidéo pour tenter de déceler la panne. Dans tous les cas, comme dans la recherche de problèmes de fonctionnement des circuits de contrôle de la carte SSB, une vérification préliminaire des tensions internes à la carte sera nécessaire avant toute conclusion.



Si les menus apparaissent mais pas l'image, on pourra également vérifier si la sortie vidéo (broche 19) est présente sur une prise Péritel prévue pour la liaison à un magnétoscope (toutes n'assurent pas la sortie vidéo/son). Ceci indiquerait une panne au niveau des circuits numériques en aval de la chaîne.



Figure 9-37. Brochage de la prise Péritel



Le dépannage d'une carte SSB ne délivrant pas de sortie LVDS sera difficile, car il peut s'agir d'un composant défaillant souvent impossible à remplacer ou d'un problème de micrologiciel. On sera malheureusement souvent contraint de remplacer la carte entière. Mais rappelons-nous que ces cartes se trouvent d'occasion pour des sommes souvent très modestes sur les sites d'annonces du Web.

### Vérification des circuits son d'une carte principale

Avant de se lancer dans une recherche détaillée des causes d'une panne, il faudra vérifier la sortie écouteurs qui possède des circuits de contrôle interagissant entre les sorties écouteurs et haut-parleurs afin de neutraliser ces derniers en cas d'utilisation des écouteurs. Il existe également parfois une option dans les menus de réglage du téléviseur pour interrompre la sortie son des haut-parleurs internes. Ces différentes possibilités d'interrompre la sortie son seront bien entendu l'objet des premières vérifications à effectuer. Une fois ceci fait, dans le cas où le son n'est pas présent, il faudra décomposer la recherche en deux temps : vérification de l'amplificateur de sortie, puis vérification de la chaîne de génération des signaux son.

#### *Vérification de l'amplificateur de sortie*

Bien que l'amplificateur soit situé en bout de chaîne, je place cette vérification en tête de cette section consacrée aux pannes « son » car c'est là en général que se situent les problèmes rencontrés. Inutile de se précipiter sur la vérification de la chaîne son qui est nettement plus complexe mais moins sujette aux pannes.

L'amplificateur de sortie du son est le plus souvent réalisé à l'aide d'un circuit intégré comportant un amplificateur stéréo (ou de deux circuits mono) dit de classe « D », c'est-à-dire fonctionnant en mode numérique (un signal de sortie rectangulaire modulé en largeur d'impulsion MLI ou PWM par les signaux décodés par la chaîne de génération du son est généré, puis transmis aux haut-parleurs). Le signal rectangulaire délivré en sortie est ensuite filtré (élimination des fréquences hautes du signal) avant d'être envoyé aux haut-parleurs de l'appareil. Les amplificateurs des téléviseurs délivrent en général une dizaine de watts par canal.

Le signal modulé a une fréquence de base fixe de quelques centaines de kHz. Le circuit intégré est en général alimenté par une tension supérieure à celle des autres circuits – cette alimentation est souvent séparée afin d'éviter la propagation de signaux parasites avec les autres circuits de l'appareil. Les amplificateurs classe D sont en effet très pollués mais aussi sensibles aux interférences externes pouvant être présentes sur leurs alimentations. Pour certains circuits, l'alimentation sera symétrique (+ et - 33 V, par exemple), cela permet une chaîne son sans liaison capacitive vers les haut-parleurs, garantie d'une meilleure qualité. En effet, en ce cas, le signal de sortie est une tension rectangulaire symétrique par rapport à la masse de l'appareil (potentiel zéro volt).

Le circuit comporte, outre ses deux entrées, deux sorties vers les haut-parleurs mais aussi un signal « mute » permettant l'interruption de la sortie son du téléviseur. On se référera à la documentation du circuit utilisé pour vérifier son fonctionnement.

Plus récemment, les amplificateurs classe D utilisés ont été munis d'un réseau à bus I<sup>2</sup>C qui permet de les commander (gain, tonalité, etc.). Cela ne facilite pas la tâche du réparateur.

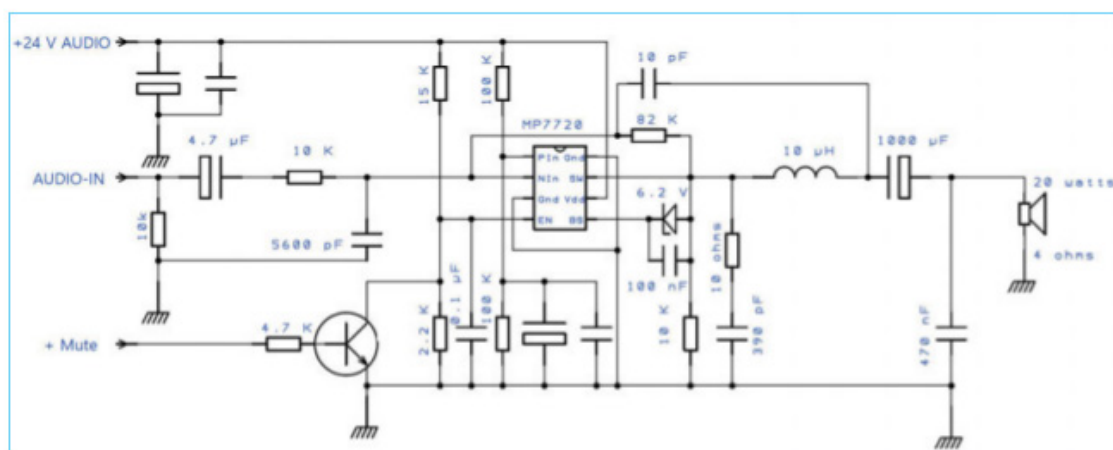


Figure 9-38. Amplificateur monophonique classe D 20 W (circuit MP7720)

Les amplificateurs classe « D » ne doivent pas transmettre de composante continue aux haut-parleurs, il en va de leur protection ainsi que de celle des haut-parleurs. Des circuits de sécurité peuvent être présents pour détecter cette anomalie et la transmettre aux circuits de contrôle de la carte SSB afin de couper l'alimentation de l'amplificateur son.

Certains circuits intégrés sont pourvus de telles protections internes afin de garantir leur propre sécurité indépendamment de la détection qui pourrait être faite extérieurement, afin de signaler l'erreur aux circuits de contrôle.



Soyez vigilants en ce qui concerne la détection des défauts de la sortie des amplificateurs audio, qui sont parfois à l'origine d'une mise en sécurité totale d'un téléviseur lorsqu'une anomalie est détectée et transmise aux circuits de contrôle.

### Vérification de la chaîne son

Le diagnostic de la chaîne son consistera à vérifier où la chaîne est interrompue afin de trouver éventuellement un maillon faible dans les liaisons entre les différents éléments de cette chaîne. Si le problème vient des circuits de décodage du son, la complexité et l'impossibilité de remplacer les circuits intégrés rendront quasiment impossible le dépannage au niveau composant, le remplacement de la carte SSB devant alors être envisagé.

### Mise à jour du micrologiciel

Il existe cependant dans une minorité de cas des appareils dont le micrologiciel n'a pas été mis à jour et qui ne supportent pas les normes de transmission actuelles (Dolby Digital+) des chaînes TNT. Utilisé avec une box Internet ou un décodeur TNT externe, le téléviseur fonctionne bien mais pas en mode réception TNT. Tentez en ce cas une mise à jour du « firmware » si celui-ci est mis à disposition sur Internet.

Une première vérification permettant de disculper les circuits de décodage consistera à vérifier la sortie son de la prise Péritel (broches 1 et 3) offrant cette sortie lorsque le téléviseur est utilisé avec une entrée HDMI ou en réception TNT.

L'absence de signal sur les sorties son sera l'indication d'un problème en amont. Le dépannage de cette partie relève de la plus haute difficulté, les composants sont peu ou pas documentés et non remplaçables sans un outillage de soudure professionnel (composants BGA en général). Ils sont d'ailleurs rarement commercialisés au détail. On vérifiera, dans ce cas, les circuits de commutation entre les différentes sources qui pourraient présenter une défaillance au niveau des signaux son. La présence du signal son en sortie du commutateur de sources indiquera un problème souvent réparable lié aux étages de sortie qu'il faudra alors analyser en détail afin de diagnostiquer l'origine de la panne. Là encore, attention aux circuits de commutation entre sources : il faudra s'assurer que l'entrée est correcte si la sortie ne l'est pas.



Les appareils les plus récents possèdent parfois des circuits audio plus sophistiqués (STA369BWS, par exemple), entièrement programmables par le bus I<sup>2</sup>C et qui rendent le dépannage plus difficile, car l'analyse du contenu transmis par un bus I<sup>2</sup>C est très difficile sans un analyseur logique très onéreux. On aura cependant les mêmes problèmes au niveau des mises en sécurité des étages de sortie, qu'il faudra vérifier avant tout.

### Vérification du fonctionnement des circuits d'accord (tuner)

Dans le cas d'un téléviseur qui fonctionnerait lorsqu'un signal vidéo lui est appliqué par une entrée externe (HDMI, DVI, PC, Péritel, YUV, etc.) mais qui ne recevrait plus les chaînes TV, il se pourrait que la panne provienne du tuner d'accord. Bien entendu, on éliminera les problèmes dus à un récepteur ne décodant que les signaux TV analogiques ou TNT standards (MPEG-2) qui ne sont plus transmis, au profit de la TNT HD.

Soumis par exemple à une surtension lors d'un orage, un tuner peut aussi avoir rendu l'âme. Tout d'abord, on vérifiera que l'antenne est bien reliée au tuner, que l'appareil est bien commuté pour recevoir soit la TNT (chaînes numériques), soit les chaînes analogiques (il n'y en a plus en France depuis 2012), puis on fera un balayage des chaînes. Si aucune chaîne n'est trouvée, on vérifiera le tuner comme indiqué ci-après. Si quelques chaînes sont trouvées mais pas toutes, on orientera ses recherches vers le câble qui relie l'antenne à la télé ou à la prise d'antenne du tuner qui pourra présenter deux défauts courants :

- broche centrale du connecteur d'antenne cassée ou en court-circuit avec la masse de la prise ;
- connexion interne de la prise antenne du tuner dessoudée du circuit imprimé du tuner.

Dans ce dernier cas, il faudra ouvrir le tuner (petit capot clipsé mais parfois soudé) et vérifier le fil de connexion reliant la prise antenne au circuit.

#### Attention, fragile !

Le tuner est un appareil fragile que vous ne devez pas dérégler, notamment en touchant les petites bobines de cuivre émaillé dont l'aspect, même s'il ne vous paraît pas très esthétique, ne doit jamais être modifié. Les ajustements des circuits accordés des tuners se font par déformation de ces inductances.





### Vérification du fonctionnement du tuner

Il est rare de trouver la description technique d'un tuner. Il faut savoir qu'il s'agit d'un composant fragile, complexe mais facile à se procurer (au moins en récupérant des cartes défectueuses) s'il est défaillant. Attention toutefois, le tuner de remplacement doit être strictement identique au tuner existant, et de très nombreux tuners existent. Les vérifications se feront au niveau des broches de connexion au circuit imprimé, notamment, une des broches au moins doit laisser apparaître un signal vidéo ou haute fréquence variant avec le contenu de l'image. Bien entendu, encore faudrait-il que le tuner soit accordé sur une chaîne et l'antenne raccordée. Sur une autre broche, on devrait trouver une tension d'alimentation de 33 V en général. Enfin, deux broches reçoivent les signaux de commande SDA et SCL du bus I<sup>2</sup>C du téléviseur. On les voit recevoir des signaux lors du fonctionnement du téléviseur et surtout en mode de recherche automatique des chaînes ou lors du changement de chaîne.

Sans schéma de l'appareil ou descriptif technique du tuner, ces vérifications se feront à l'aveugle mais on peut les tenter afin de déterminer s'il faut ou non incriminer ce tuner. Si le tuner semble défaillant, son remplacement est assez facile, on trouve en général des tuners pour moins de 20 € sur les sites spécialisés. Les références d'un tuner figurent normalement sur une étiquette papier collée sur le capot du tuner.

#### À savoir

Notez qu'il existe des tuners recevant uniquement la TV analogique et d'autres dits mixtes ou hybrides recevant les chaînes analogiques et numériques.

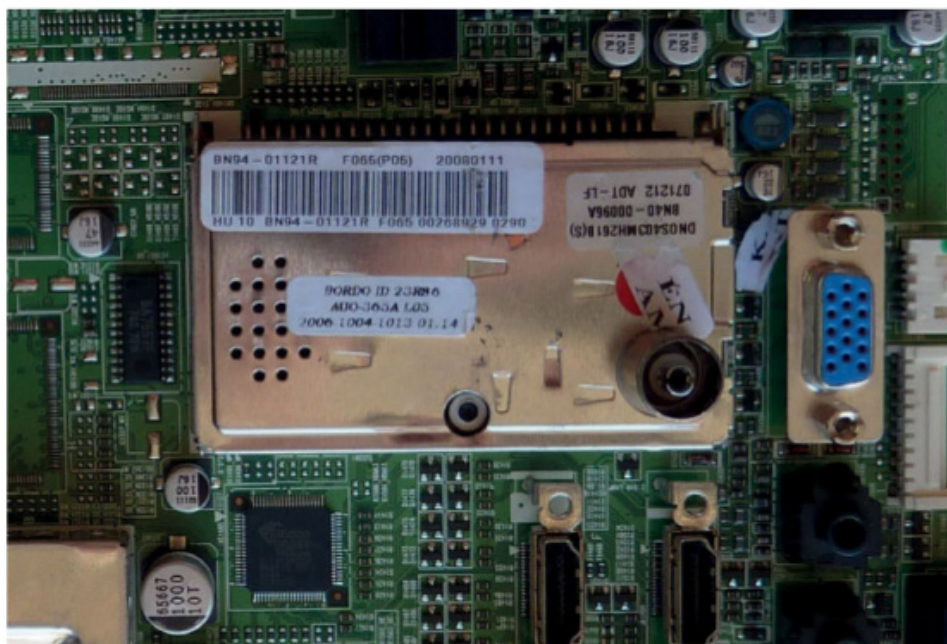


Figure 9-39. Tuner reconnaissable à sa prise antenne

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE T-CON

Tout comme les cartes inverter alimentant le rétroéclairage des écrans LCD/LED, les cartes T-Con faisant partie intégrante des écrans sont très peu documentées. Elles ne sont en général pas commercialisées séparément. Qu'on se rassure cependant, on trouvera assez facilement des cartes d'occasion sur Internet, provenant d'écrans cassés. Elles permettront, le cas échéant, de dépanner un téléviseur défectueux.



Dans les petits écrans, la carte T-Con est souvent intégrée aux circuits de l'écran et donc non séparée physiquement et non remplaçable.

La carte T-Con d'un écran possède trois fonctions principales :

- décodage et démultiplexage des signaux vidéo de la liaison LVDS en provenance de la carte SSB ;
- fourniture des différentes tensions d'alimentation nécessaires au fonctionnement des circuits de la carte et de l'écran (hors rétroéclairage bien entendu) ;
- fourniture des signaux gamma nécessaires à la génération d'une colorimétrie équilibrée par l'écran, nécessaire au bon fonctionnement de la dalle LCD.

Les signaux gamma sont en fait des tensions variées (plus de dix valeurs pour un écran LCD) qui doivent être appliqués aux différentes parties de la dalle écran en fonction du contenu de l'image, pour compenser la non-linéarité colorimétrique des écrans, et afin d'assurer une reproduction correcte des contrastes (donc des couleurs fondamentales).

Un défaut de ces signaux gamma provoquera des aberrations d'image (saturation, inversion des couleurs, image pâle ou paraissant négative...).

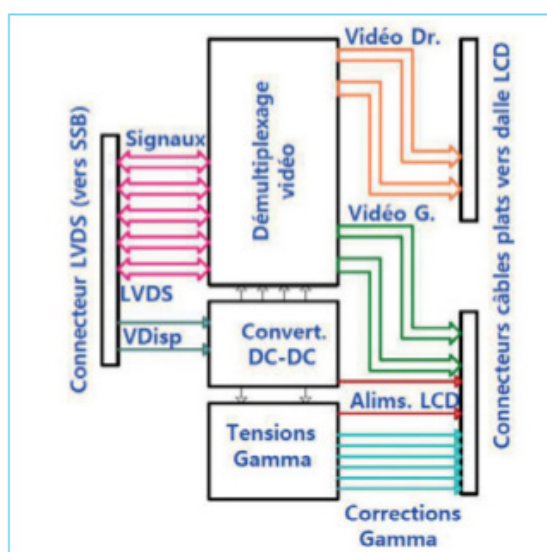


Figure 9-40. Synoptique simplifié d'une carte T-Con

### Circuits de décodage et démultiplexage de la carte T-Con

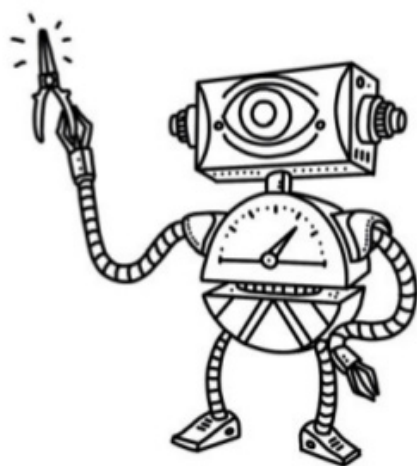
Nous ne traiterons pas du dépannage de ces circuits dont la complexité, l'absence de documentation, la technologie utilisée (BGA) et l'impossibilité de se procurer les composants pour la plupart rendent l'opération quasiment impossible. Les dysfonctionnements de ces circuits peuvent avoir pour conséquences :

- pas d'image ;
- image très instable ;
- image brouillée non reconnaissable ;
- présence de lignes colorées ;
- etc.

Avant de conclure à une panne dans ces circuits, vérifiez au préalable les signaux vidéo LVDS (voir ce qui a été expliqué précédemment), ainsi que les signaux d'alimentation internes à la carte T-Con (voir ci-après).



Vérifiez en tout premier lieu le bon état des câbles reliant la carte T-Con à la carte SSB et à la dalle écran. Les câbles plats souvent pliés peuvent s'être coupés.



Si le dépannage des circuits traitant la vidéo reste le plus souvent du domaine de l'impossible, ce n'est pas là que se trouvent généralement les pannes mais, comme d'habitude, dans les circuits d'alimentation que nous allons décrire maintenant.

#### Alimentations de la carte T-Con

Le connecteur LVDS ne transmet qu'une tension d'alimentation (5 ou 12 V) à la carte T-Con. Celle-ci est d'abord appliquée à un fusible de protection qu'il faudra vérifier puis cette tension est fournie à divers convertisseurs de tension, abaisseurs ou éleveurs, ainsi qu'à des régulateurs de tension. Une partie de ces circuits délivrent les alimentations aux circuits de traitement vidéo de la carte T-Con, les autres tensions sont transmises au panneau LCD de l'écran par l'in-

termédiaire de câbles plats véhiculant également les signaux vidéo démultiplexés. Les dysfonctionnements de ces circuits peuvent avoir les conséquences suivantes :

- fusible grillé (court-circuit de la tension reçue par le connecteur LVDS) ;
- absence totale d'image (uniformément noire ou blanche) ;
- image de très mauvaise qualité (pâle, instable, mauvais rendu des couleurs).



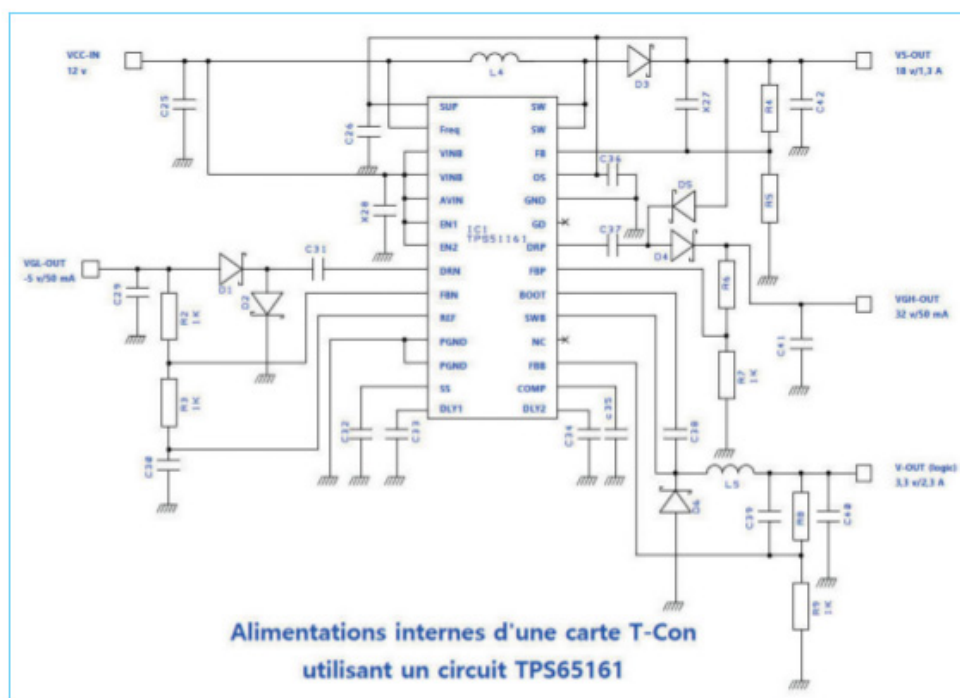


Figure 9-41. Exemple d'alimentations internes d'une carte T-Con utilisant un circuit TPS65161

Les circuits intégrés mis en jeu à ce niveau sont très nombreux mais on retrouve souvent le circuit TPS65161 dont les fiches techniques se trouvent très facilement sur Internet. Ces dernières vous donneront un exemple d'utilisation qui pourra vous guider dans le dépannage d'une carte. Il s'agit d'un circuit comprenant plusieurs alimentations à découpage délivrant les tensions nécessaires au fonctionnement de la carte T-Con et de la dalle LCD.

Si la carte T-Con que vous souhaitez dépanner ne comporte pas ce circuit, plusieurs autres circuits peuvent être utilisés pour réaliser les mêmes fonctions. En aval ou séparément de ce circuit, divers régulateurs abaisseurs de tensions sont également présents sur une carte T-Con (série L1117, par exemple).

### *Circuits générateurs des potentiels de corrections gamma*

En plus de ces alimentations de base, il existe un ou plusieurs circuits de type amplificateur opérationnel qui, partant des alimentations décrites précédemment, délivrent les différentes tensions appelées « gamma » nécessaires au bon fonctionnement de la dalle LCD. Ces tensions vont de 0 à 16 V environ. Les dysfonctionnements de ces circuits peuvent avoir les conséquences suivantes :

- image stable mais très pâle ou trop contrastée et sombre ;
- image stable solarisée ;
- image stable mais au rendu des couleurs très mauvais.

Le ou les circuits délivrant les tensions de corrections gamma sont des amplificateurs à gain unitaire qui, en fait, délivrent sous une puissance convenable les tensions issues d'un pont diviseur multiple

alimenté par une tension de référence. Les tensions de corrections gamma dans l'exemple suivant sont au nombre de 15, le circuit délivrant de 30 à 100 mA selon les sorties.

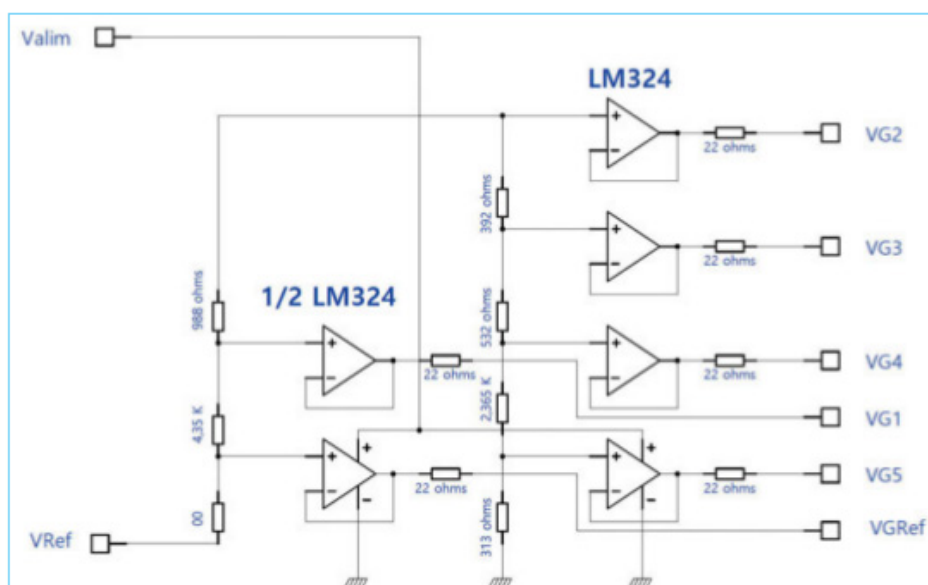


Figure 9-42. Exemple de circuit générateur de tensions de corrections gamma

Le circuit utilisé fréquemment pour réaliser cette fonction est l'AS15-F ou AS15-G. Il semblerait également que le HX8915 soit un équivalent à ce circuit. Dans des cartes T-Con plus anciennes, plusieurs circuits LM324 ou HX8904 (quadruple amplificateurs opérationnels) montés en amplificateurs à gain unitaire sont utilisés. Les fiches techniques de ces circuits se trouvent assez facilement, elles permettront d'être guidé dans la recherche des pannes.

En résumé, vérifiez donc le plus exhaustivement possible les alimentations et les potentiels de correction gamma. Des points de test permettent de vérifier ces tensions qui, en suivant l'ordre numéroté des points de test, doivent commencer par une tension très faible, suivie par une valeur un peu supérieure pour le point suivant, etc.

Si une image apparaît de mauvaise qualité au point de vue colorimétrie mais stable et au contenu correct, tout espoir n'est pas perdu car cela signifie que les circuits de décodage et démultiplexage vidéo fonctionnent a priori correctement. Le problème résidera donc ailleurs, c'est-à-dire au niveau des alimentations, mais cela peut se situer au niveau de la carte T-Con, toujours remplaçable ou sur le circuit imprimé de la dalle (non remplaçable mais parfois réparable) ou dans la dalle elle-même, et là tout espoir de réparation sera vain.



Les pannes dues à des défauts de la carte T-Con, de l'écran lui-même (dalle LCD) voire de la carte SSB se ressemblant, il est parfois difficile de diagnostiquer à coup sûr le coupable. Bien entendu, substituer une carte SSB suspecte par une autre identique fonctionnelle confirmera ou non la suspicion, il en est de même pour la carte T-Con. Cependant, en raison du coût élevé de ces cartes (même d'occasion), il n'est malheureusement pas toujours possible de le faire.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE DALLE ÉCRAN LCD OU LED

Cette section concerne les pannes d'image, exception faite des pannes de rétroéclairage traitées précédemment. Cela a déjà été dit, il est totalement impossible de réparer une dalle LCD qui a été cassée. Nous nous limiterons donc à étudier les quelques pannes réparables au niveau d'une dalle. Les signaux délivrés par la carte T-Con (alimentations, signaux vidéo et corrections gamma) sont acheminés à la dalle par des câbles plats aboutissant à une ou plusieurs platines circuits imprimés étroites (environ 2 cm) situées en général sur le bord horizontal (supérieur le plus souvent) de la dalle.

Cette platine comporte quelques circuits intégrés (parfois aucun, seuls étant présents des condensateurs de filtrage ou découplage) et délivre, au travers de câbles souples, plats soudés sur elle-même et sur le panneau LCD (par ultrasons) disposés sur un côté horizontal et sur un côté vertical de la dalle, l'ensemble des signaux et alimentations. Les connexions provenant du circuit imprimé de la dalle sont donc reliées par des films assurant les liaisons vers le bord horizontal de la dalle et relayés vers les films de connexion du côté vertical.

### À savoir

Les câbles plats souples reliés à la dalle LCD sont des films transparents, de couleur orange ou vert foncé. Ils comportent des liaisons en cuivre et des circuits intégrés non remplaçables dits COF (*Chip On Film*), qui eux-mêmes assurent la distribution aux connexions horizontales et verticales du panneau LCD.

Il existe peu de pannes auxquelles on peut remédier au niveau d'une dalle. Toutefois, certains circuits intégrés délivrent des tensions d'alimentation ou de corrections gamma au niveau de la platine circuit imprimé de la dalle, qu'il faudra donc vérifier comme indiqué en ce qui concerne les cartes T-Con (circuits LM324 ou HX8904) par exemple.

Contrôlez également les condensateurs de découplage qui peuvent parfois être en court-circuit ou inopérants. Ces pannes sont néanmoins très rares. Il est en revanche des pannes, hélas fréquentes, dues à des mauvaises liaisons entre les câbles souples reliant la carte T-Con à la platine circuit imprimé de la dalle, ou les films souples munis de circuits intégrés COF reliant ce dernier à la dalle LCD. Elles seront de plusieurs types :

- image présentant des lignes horizontales ou verticales ;
- image instable ;
- image présentant des traînées lors des mouvements ;
- images fantômes ;
- etc.

Toutes ne sont pas réparables, mais on pourra tenter l'approche suivante pour déterminer si une réparation est possible.

- 1 Sans démonter l'écran, si le défaut disparaît ou se modifie quand on essaie d'appuyer sur les bords de l'écran (sans le casser bien entendu), en essayant de tordre l'écran par exemple en tirant le coin haut gauche tout en poussant sur le coin bas droit, la réparation peut être tentée.



- 2 De même, en ayant démonté l'écran pour accéder à la platine circuit imprimé de la dalle et aux câbles films, on vérifiera si le défaut disparaît en essayant d'appuyer sur ces câbles au niveau des soudures soit côté dalle, soit côté circuit imprimé.

Dans ces deux cas, le défaut disparaissant montre qu'il s'agit bien d'un problème de mauvais contact. On pourra alors tenter d'intercaler des butées en caoutchouc ou plastique entre la structure métallique ou plastique de l'écran et les films au niveau des points de contact pour « forcer » l'appui de ces derniers sur leur point de contact.

Plus rarement, le mauvais contact se situera au niveau des circuits « COF » soudés directement sur le câble film ; la pression exercée devra naturellement être limitée afin de ne pas briser le composant. Malheureusement, ce type de réparation n'est pas toujours possible, rien ne remplacera une soudure et, lorsque cela réussit, nul ne peut prédire si cela durera une heure ou dix ans. Mais, vu le prix d'un écran LCD même d'occasion, cela vaut d'être tenté, et en cas de réapparition du problème, on renouvellera l'opération si on le peut.

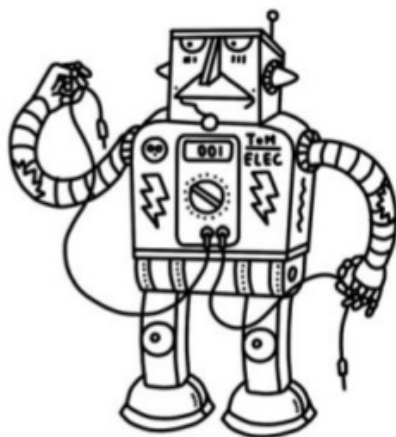
Il m'est arrivé également de constater la coupure d'une piste sur les films, avec ou sans carbonisation localisée. C'est en général une piste d'alimentation que l'on peut tenter de reconstituer en découpant le film au niveau de la piste, que l'on doublera ensuite par un fil à wrapper (voir chapitre 4) soudé.



Les écrans sont constitués de plusieurs couches superposées de filtres en plastique et de la dalle LCD qui est en verre très fin et fragile. Vous devrez donc manipuler avec la plus grande précaution ces écrans pour éviter toute casse irréversible. Prenez garde à ne pas inverser la position et l'orientation des différentes couches, au risque d'obtenir une image sombre ou mal focalisée.

### Démontage de la dalle LCD

Pour accéder à la (ou les) platine(s) circuit imprimé située(s) sur le bord de l'écran ainsi qu'aux câbles films des liaisons au panneau LCD, il faut démonter l'écran de la structure du téléviseur, que l'on aura dépouillée de son électronique, puis le cadre métallique ou en plastique entourant l'écran. Il sera prudent de remettre l'ensemble des circuits auprès de la dalle (en dessous en général) et de les reconnecter afin de pouvoir vérifier le fonctionnement lors des essais de réparation.



Sur la figure 9-43, l'ensemble des circuits et la dalle écran ont été démontés du châssis du téléviseur, remis en place et reconnectés, prêts pour la recherche de la panne. Afin de maintenir l'ensemble des circuits en place, et éviter tout contact néfaste avec le châssis métallique de l'appareil, de la toile adhésive est utilisée temporairement.



Pensez à maintenir l'isolation entre les circuits imprimés et la structure métallique de la dalle. L'utilisation de feuilles de carton pourra éviter le pire ! Par ailleurs, ne laissez pas fonctionner trop longtemps le téléviseur lorsque le cadre métallique de la dalle est retiré. En effet, les circuits « COF » ne sont plus refroidis et risquent de surchauffer de façon irrémédiable.



Figure 9-43. Dalle et circuits retirés du châssis de l'appareil, prêts pour un test



Figure 9-44. Il ne reste plus qu'à retirer le cadre métallique maintenant le panneau LCD.

À ce niveau du démontage, les circuits de la dalle sont accessibles, de même que les films de connexion qui pourront ainsi être vérifiés (en les bougeant manuellement afin de voir si le défaut disparaît ou évolue).



Figure 9-45. Cadre métallique enlevé, les films de connexion sont accessibles.



Figure 9-46. Vue du circuit imprimé de la dalle avec les films de connexion

De même, si le défaut concerne les lampes ou les LED du rétroéclairage, on devra continuer le démontage en retirant l'ensemble des couches du sandwich formant le panneau d'affichage à cristaux liquides.

## RÉPARATION D'UNE DALLE ÉCRAN AU NIVEAU RÉTROÉCLAIRAGE

Les défauts liés au rétroéclairage lorsqu'ils se situent au niveau de la dalle écran sont de trois sortes :

- défaut d'isolement entre la structure métallique de la dalle et les connexions ou les tubes néon d'un écran LCD ; déjà rare au niveau des lampes néon, ce défaut est probablement inexistant au niveau des rétroéclairages LED ;
- tube néon (CCFL) défectueux ou cassé ou chaîne de LED défectueuse ;
- fil de connexion rompu ou mal connecté à la lampe.

Dans tous les cas, la localisation du défaut et sa réparation demanderont une étape de démontage supplémentaire de la dalle. Il faudra donc enlever les différents panneaux constituant la dalle. En



effet, l'écran LCD en lui-même est constitué par un ensemble de couches (filtres polariseur, diffuseur de lumière, etc.) montés en sandwich avec le panneau LCD lui-même. Par conséquent, il convient d'être très méticuleux, d'autant plus que l'écran est de grande taille, pour ne pas casser le panneau LCD lors de sa manipulation. Les autres couches sont en général souples, mais il peut exister aussi une couche en verre.

Je préconise la méthode suivante pour y parvenir.

- 1 Se munir d'un panneau aggloméré recouvert de papier mélaminé (vendu en magasin de bricolage) de la taille approximative de l'écran.
- 2 Placer l'écran à plat, face avant au-dessus sur une table et la tablette mélaminée à côté.
- 3 Dégager l'ensemble du sandwich des bords du cadre de l'écran en libérant les petits circuits imprimés et faire glisser le tout sur la tablette mélaminée qui servira de support de stockage durant la réparation.



Figure 9-47. Intérieur d'un écran LCD dont la dalle d'affichage a été retirée.

- 4 Réparer les défauts. On pourra essayer le fonctionnement du rétroéclairage sans replacer le sandwich du panneau.
- 5 Remonter le sandwich en le faisant glisser vers l'écran.
- 6 Bien respecter le positionnement de l'ensemble dans le cadre de l'écran.
- 7 Terminer le remontage de l'écran (cadre métallique) puis du téléviseur.

Cette façon de procéder, en faisant glisser l'ensemble des couches du filtre, évite de faire subir de trop fortes déformations au panneau LCD qui est très fragile. En choisissant une tablette mélaminée à la surface lisse ou très peu grenelée, on évitera de rayer les filtres situés en dessous du sandwich. En outre, en ne démontant pas ce sandwich (ce qui serait sans utilité), on évite aux poussières de se

localiser près du panneau LCD et on maintient une meilleure rigidité, limitant la casse par torsion de la dalle.



Le démontage du « sandwich » d'affichage est une opération délicate qui exige de travailler dans une atmosphère propre. Vérifiez la parfaite propreté de la plaque de bois mélaminé, son essuyage avec un produit de nettoyage pour plastique (Pliz par exemple) permettra un meilleur glissement de l'ensemble. Pensez à libérer les circuits imprimés, souvent légèrement maintenus dans des encoches ou plus fermement par des vis. L'opération doit se faire sans précipitation et surtout sans appliquer des efforts importants, tout doit se faire en douceur. Pensez à bien repérer la position relative des différentes couches.

## Réparation d'un rétroéclairage CCFL

Venons-en à la réparation des défauts. Si un tube CCFL est cassé ou défectueux, il devra être changé, mais il est souvent difficile et coûteux de se procurer des tubes de remplacement. Il existe néanmoins plusieurs façons de s'en sortir à moindre coût :

- utiliser une dalle cassée pour récupérer les tubes (pas cher en occasion) ;
- réaliser un montage de plusieurs tubes en série.



Les tubes CCFL de remplacement peuvent être légèrement différents de leurs originaux sans que cela ne mette en cause le fonctionnement de l'écran. Il faudra simplement veiller à assurer un isolement parfait des connexions. La longueur est sans doute l'élément le plus important à respecter.

Ce dernier point mérite quelques explications. Ce qui compte en la matière est la longueur totale de la lampe qui conditionne la tension de fonctionnement (et d'allumage qui est supérieure) ; il ne faudra donc ne pas s'en éloigner trop. Le diamètre est également essentiel, il conditionne l'intensité de l'éclairage et donc de la tension délivrée, mais son importance est moindre par rapport à la longueur. La forme, quant à elle, est le plus souvent rectiligne ou en forme de « U ». Certaines anciennes dalles utilisaient un tube unique très plat (de la surface de la dalle). Heureusement, ce cas n'existe plus depuis longtemps semble-t-il, car le tout était très fragile et le changement du tube (introuvable par ailleurs) aurait été probablement hors de prix. Dès lors, lorsqu'on doit remplacer un tube CCFL, cela pourra se faire par un tube légèrement plus petit (ou plus grand mais comment le loger dans l'écran ?), car la longueur peut varier d'une dizaine de pourcents sans avoir de conséquence trop visible.

On peut aussi associer plusieurs tubes en série pour par exemple remplacer un tube en U par deux tubes rectilignes, ou encore associer un tube pour écran de 32 pouces avec un tube pour écran d'ordinateur 15 pouces pour remplacer un tube d'une dalle 37 ou d'un 42 pouces. L'idéal serait de reconstituer un ensemble de même longueur et de même diamètre. Bien que dans le cas évoqué, le diamètre soit différent entre les deux tubes et la longueur totale convenant à un 47 pouces, le tout logé dans un 37 pouces (avec recouvrement de quelques centimètres des deux tubes) fonctionne à merveille et semble pérenne. De ces exemples, il faut retenir :

- le coût important et la difficulté de se procurer des tubes de remplacement ;
- les caractéristiques dimensionnelles sont essentielles mais de larges variations sont possibles (les contraintes mécaniques étant plus importantes) ;
- le montage possible en série de tubes disparates.

Le plus délicat restera d'assurer des connexions correctes au niveau isolement de l'ensemble afin d'éviter des arcs ravageurs. Notez aussi que le démontage des tubes défectueux et le remontage des tubes de remplacement nécessitent de prendre un grand soin des clips de fixation en plastique des tubes situés au dos de l'écran, et qui sont très fragiles. Enfin, les connexions des tubes se faisant soit par soudure, soit par clipsage, il faut user de patience et d'extrêmes précautions lors de ces opérations – les tubes étant de grande longueur et d'un diamètre de 2 à 4 mm, leur fragilité est très grande.



Figure 9-48. Réparation d'une dalle 46 pouces en associant deux tubes CCFL en série

Il existe également une autre source de pannes au niveau du rétroéclairage d'un écran LCD. Il s'agit de problèmes d'isolement au niveau des connexions des tubes CCFL. En effet, les tubes néon étant alimentés par des tensions élevées (1 500 V, par exemple), toute trace d'humidité associée à la présence de poussière (ou d'un insecte) pourra nuire au bon isolement des liaisons en provoquant un début de carbonisation des parties isolantes sur lesquelles reposent les parties conductrices. Utilisant une haute tension d'alimentation, les tubes CCFL mettent en jeu des intensités électriques faibles.

En présence d'un tel problème, qui aura sans nul doute provoqué la mise en sécurité des circuits du rétroéclairage, il ne faudra pas désactiver les circuits de protection, ce qui serait dangereux (risque d'incendie), mais corriger le défaut d'isolement en nettoyant la partie carbonisée, en la reconstituant si nécessaire à l'aide de résine époxy par exemple, puis en reconnectant les tubes de façon adéquate selon leur type.

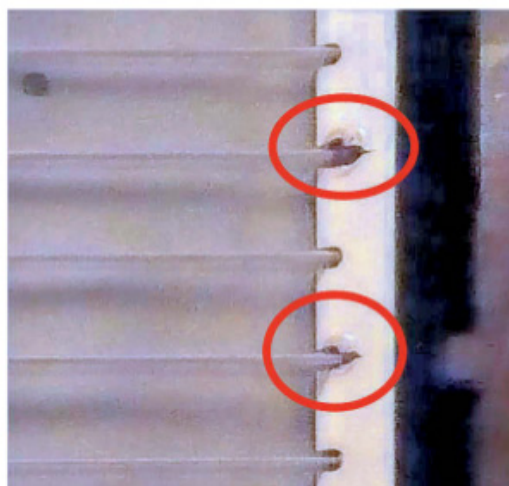


Figure 9-49. Échauffement du cache plastique d'un écran LCD au niveau connexion des tubes



Ce type de défaut, s'il apparaît à proximité de l'extrémité d'un tube CCFL, provoquera souvent son échauffement, se soldant par la cassure du verre au niveau de la connexion. Le tube devra alors être remplacé.



C'est tentant mais dangereux : ne désactivez jamais de façon prolongée les circuits de protection/détection de défaut du rétroéclairage d'un écran LCD, au risque de provoquer un incendie en cas de défaut d'isolement.

## Réparation d'un rétroéclairage à LED

Dans la première édition de cet ouvrage, j'affirmais ne jamais avoir rencontré de problème au niveau du rétroéclairage des écrans LED. C'était vrai à l'époque où les écrans LED étaient encore peu répandus et surtout chers, donc peut-être fabriqués avec des composants LED plus fiables.

Je peux affirmer maintenant que le rétroéclairage LED des écrans est le talon d'Achille des écrans de grandes dimensions. En effet, l'exigence double d'une luminosité importante et d'un coût de fabrication toujours en baisse impose un système simplifié de rétroéclairage, surtout au niveau de l'inverter utilisé et des LED puissantes peu ou mal refroidies en raison de l'espace restreint au dos des écrans toujours plus minces. Ainsi, la configuration d'un rétroéclairage LED comporte les caractéristiques suivantes :

- Inverter générant une ou plusieurs sources de courant alimentant une ou plusieurs chaînes de LED reliées en série.
- Seuls les modèles les plus chers utilisent plusieurs chaînes donc des inverters à plusieurs générateurs de courant séparés.
- LED de dimension 3,5 x 2,8 mm de puissance 0,5 à 1 W sous une tension d'environ 3,3 V à 3,6 V et un courant de 300 à 450 mA pour les écrans allant jusqu'à 42 pouces, LED plus larges sous 6 à 7 V et au-delà.
- LED soudées sur des barrettes de circuit imprimé couvrant la largeur de l'écran en une ou deux sections horizontales, 5 à 10 barrettes constituant le rétroéclairage.
- Les barrettes sont toutes reliées en série ou par groupe.
- En général, la mise en sécurité du rétroéclairage LED ne provoque pas la mise en sécurité complète de l'appareil.
- Le son et l'image sont donc toujours générés, ce qui permettra de vérifier que seul le rétroéclairage est défectueux.



Avant de démonter votre dalle écran, si le rétroéclairage est absent ou fugitif, vérifiez la tension de sortie de chaque inverter utilisé à l'aide d'un oscilloscope. Si la tension monte lors de la tentative de mise en marche puis diminue ou s'écroule ensuite, l'inverter n'est probablement pas en cause. Le comportement doit-être identique pour toutes les sorties alimentant des chaînes différentes.

Si le dispositif à LED est mis en cause, il va donc falloir ouvrir l'écran et démonter le sandwich d'affichage afin d'accéder aux barrettes à LED. Les mêmes directives que dans la section consacrée aux écrans à rétroéclairage CCFL sont à respecter. Il existe toutefois une particularité des écrans LED,

puisque une matrice souple blanche percée de trous correspondant aux emplacements des LED doit être retirée pour accéder aux barrettes. Cette matrice est collée à son pourtour (adhésif double face) et son centre est maintenu à l'aide de petits plots en plastique qu'il faut retirer avec précaution.



Les plots sont assez fragiles et parfois collés à la structure de l'écran avec une colle souple facile à retirer. Ils sont ensuite faciles à retirer de leur logement en pressant leurs clips ou en les tournant de 90°.

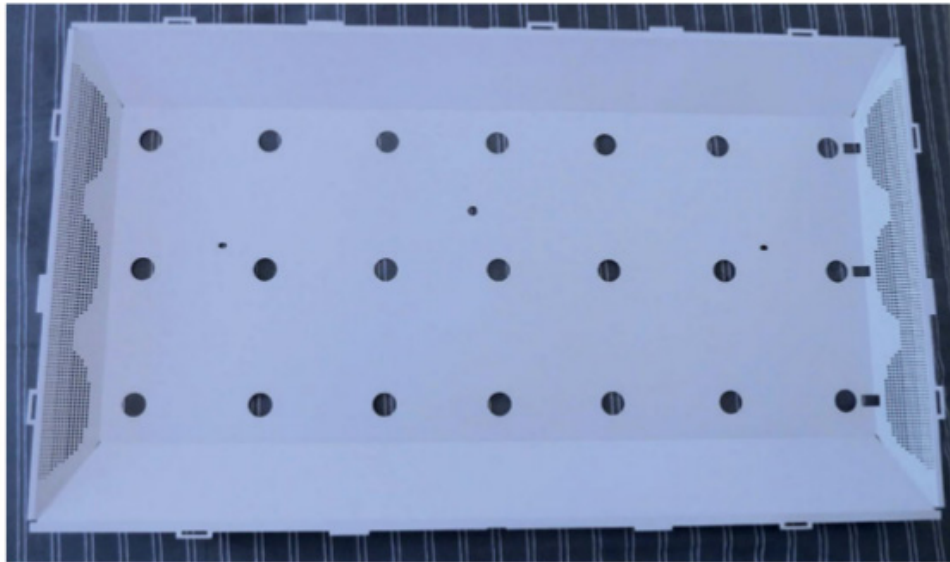


Figure 9-50. Matrice de fond d'écran LED

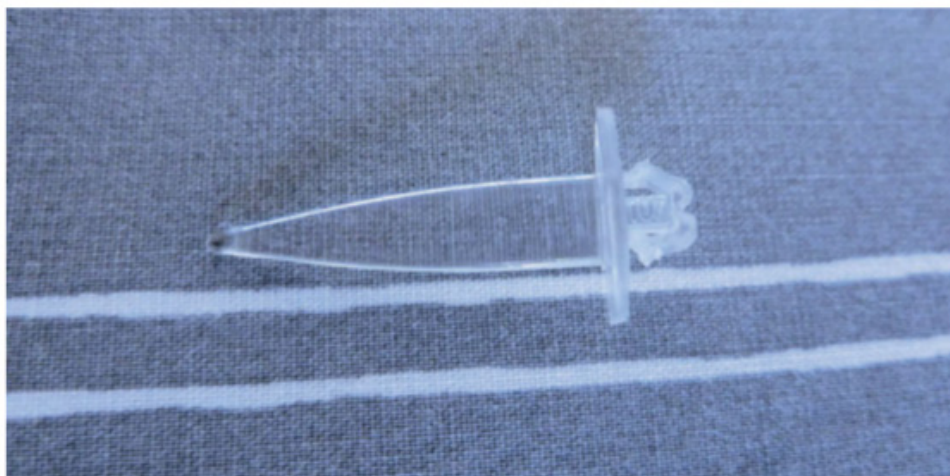


Figure 9-51. Plot de fixation de la matrice

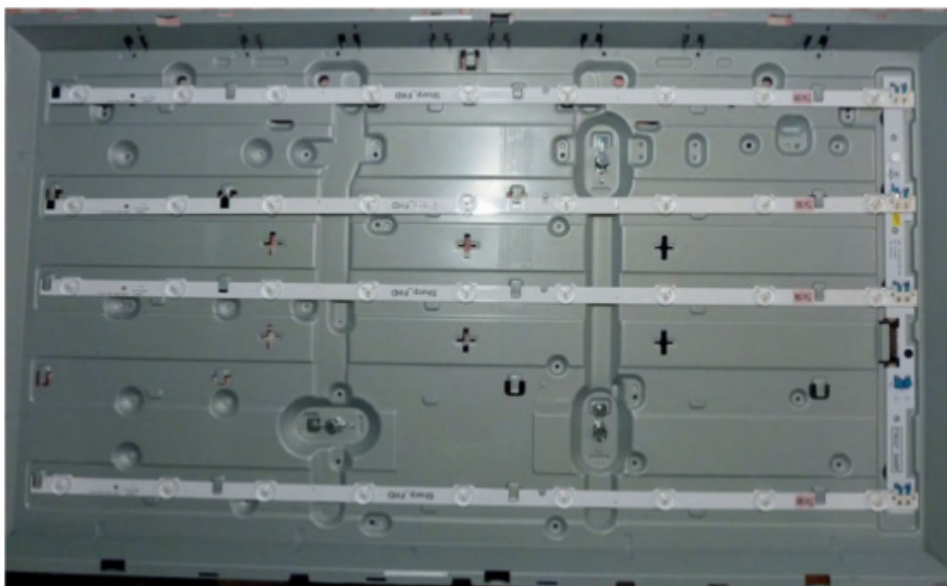


Figure 9-52. Intérieur d'un écran LED de téléviseur muni de 5 barrettes de 9 LED. Une barrette a été retirée.

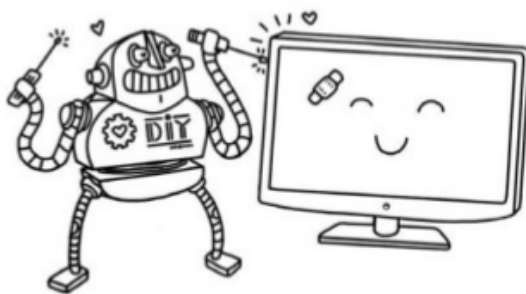


Avant de procéder au démontage de la dalle écran toujours délicat, si le rétroéclairage d'un écran LED est défectueux, vous pourrez vérifier que le son est toujours présent, signe que les circuits de réception fonctionnent puis, en utilisant une lampe de poche dans un environnement sombre, la présence d'une image non rétroéclairée pourra être contrôlée. Dans le cas contraire, procédez d'abord à la réparation des autres circuits.

Le remplacement d'une barrette défectueuse est bien entendu la réparation la plus facile à faire. Toutefois, chaque modèle d'appareil possède des barrettes qui lui sont propres, elles sont difficilement interchangeables en raison de leurs formes et connexions spécifiques. D'autre part, une barrette de remplacement est parfois difficile à se procurer et le coût est assez élevé. Le plus difficile étant l'ouverture et la remise en place du sandwich d'affichage, il est conseillé de procéder au test puis au remplacement des LED défectueuses qui est à portée du réparateur amateur méticuleux.

### Test des barrettes de LED

Si elles sont toutes en série, la tension à prévoir dépasse 100 V (plus de 150 V dans l'exemple de la figure 9-52, dont les 45 LED sont reliées en série). Il faudrait donc disposer d'une alimentation de laboratoire pouvant générer une telle tension, ce qui n'est pas courant. De toutes façons, le résultat sera le suivant : rien ne s'allume ou bien vous vous êtes trompé de diagnostic.



Il est alors possible de démonter chaque barrette pour la tester sous une tension de quelques dizaines de volts.





Les barrettes de LED sont en général collées par un adhésif double face. Pour éviter de casser les circuits imprimés, il est conseillé d'utiliser une fine lame de couteau, par exemple, pour décoller délicatement la barrette du fond de l'écran. Il sera parfois nécessaire de remplacer l'adhésif double face meurtri par cette opération.

Procéder ainsi pour le test.

- Déterminer la tension optimale ( $3,5\text{ V}$  ou  $7\text{ V} \times \text{nombre de LED}$ ).
- Utiliser une alimentation de laboratoire à tension réglable et limiter son intensité de sortie à  $300\text{ mA}$  devrait suffire.
- Relier la barrette à l'alimentation en respectant la polarité (en général indiquée au niveau de son connecteur).
- Augmenter petit à petit la tension délivrée par l'alimentation. En approchant de la tension nominale déterminée, les LED devraient commencer à briller si la barrette est en bon état. Il est possible également que plusieurs LED restent éteintes indiquant qu'elles sont en court-circuit, les autres étant en bon état. Une barrette refusant de s'allumer indique une ou plusieurs LED coupées.
- On vérifiera également qu'il y a un éclairage identique de toutes les LED ; dans le cas contraire, la barrette serait rapidement défectueuse. Le remplacement des LED ayant un comportement différent de la majorité des autres sera préférable.



Figure 9-53. Indication de la polarité d'alimentation d'une barrette et repérage d'une LED défectueuse



Augmenter très lentement la tension de l'alimentation et vérifier l'illumination des LED. Ne jamais provoquer une forte illumination inutile et qui pourrait être dommageable. Si l'alimentation possède un réglage de limitation de l'intensité délivrée, placer celle-ci à  $300\text{ mA}$  environ (provoquer un court-circuit de l'alimentation pour vérifier cette valeur).

Ce test étant fait, il vous faudra soit remplacer la barrette en la recollant à son emplacement, soit la réparer au niveau de chaque LED défectueuse.

### Test individuel des LED

Afin de limiter les opérations de démontage, je conseille la méthode suivante pour déterminer la ou les LED défectueuses, permettant ensuite de réparer la barrette sans démontage supplémentaire.

Sans démonter ni déconnecter les barrettes, l'appareil n'étant plus sous tension, procéder successivement pour chaque barrette de la façon suivante.

- Repérer le câblage des pistes du circuit imprimé visible sous la peinture blanche et rayer légèrement la couche de peinture protectrice afin de créer un point de contact vers chaque connexion de chacune des LED.
- Utiliser un multimètre en position vérification de diodes (numérique) ou en ohmmètre (analogique) pour tester chaque LED.



Sur ce point, il faut s'assurer que le multimètre soit capable de vérifier les diodes LED. Pour cela, il doit délivrer une tension de test d'au moins 3 V. Dans le cas d'un multimètre analogique (ce que je conseille), c'est le fil noir qui délivre une tension positive par rapport au fil rouge. En cas de doute, inverser les connexions si la LED ne s'allume pas.

- Repérer chaque LED coupée ou en court-circuit en faisant une croix à l'aide d'un feutre indélébile.



Figure 9-54. Test individuel des LED



Vérifiez TOUTES les LED de TOUTES les barrettes car on rencontre souvent une dispersion des LED défectueuses. Préférez un multimètre analogique qui permettra en général l'allumage de la LED, contrairement à un multimètre numérique.

### Remplacement des LED

Il faut tout d'abord déterminer la dimension des LED, leur tension nominale et se procurer des LED de 1 W au minimum sous une intensité de 350 mA à 450 mA (pour les modèles à tension nominale de 3,6 V) ou plus faible dans le cas de modèles doubles alimentés en 6 à 7 V. Ces LED se trouvent facilement sur le site AliExpress pour un coût de quelques centimes d'euro en les achetant en quantité.

Toujours sans démonter les barrettes :

- Utiliser un cutter pour décoller les lentilles au niveau de chacun des trois points de collage (visibles en noir sur la figure suivante).
- Décoller la collerette blanche autocollante entourant chaque LED.



Figure 9-55. Diodes LED de remplacement livrées en film



Figure 9-56. Décollage de la lentille



- Utiliser un pistolet à air chaud pour dessouder chaque LED en chauffant lentement et en déplaçant le flux d'air chaud afin de ne pas noircir la peinture de protection du circuit.

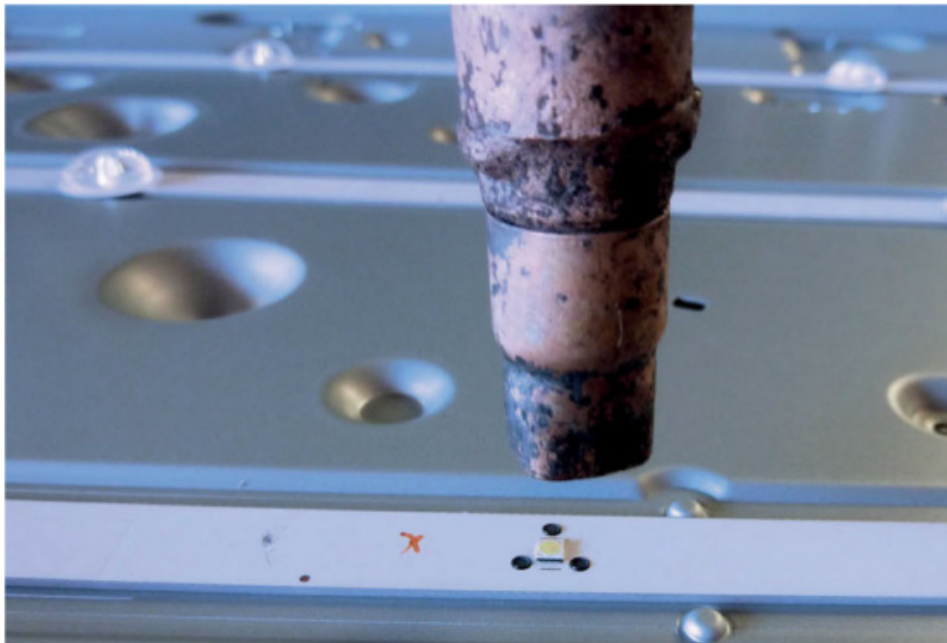


Figure 9-57. Dessoudage de la LED

- Enlever le surplus de soudure des pads de connexion et nettoyer le circuit à l'alcool isopropylique.

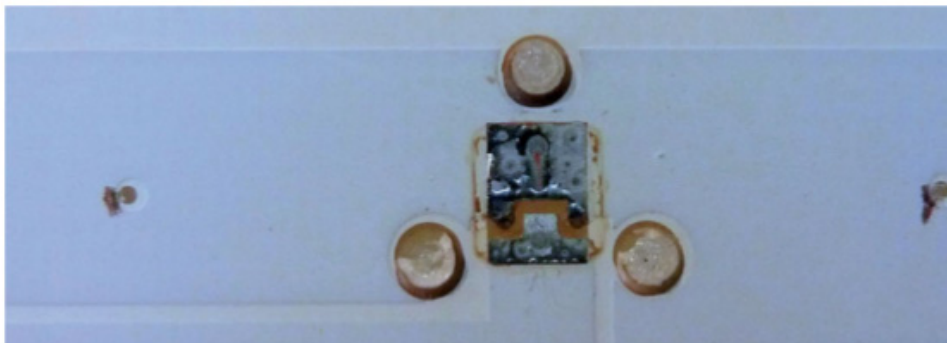


Figure 9-58. Détail de la zone de soudure des LED

- Repérer correctement le sens de connexion de la LED à remplacer.
- Maintenir en place la LED, « mouiller » votre fer à souder avec une goutte de soudure fine et déposer cette goutte sur l'une des connexions de la LED, puis procéder à l'identique pour l'autre connexion.

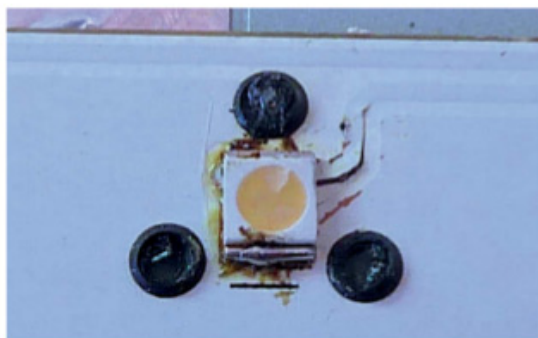


Figure 9-59. LED remplacée avant nettoyage

- Nettoyer ensuite la soudure avant de recoller la collerette et la lentille à l'aide de colle cyanoacrylate. La lentille sera centrée au mieux en respectant les plots de collage initiaux.



L'opération de soudage d'une LED est très délicate, il faut d'une part respecter la polarité, d'autre part, selon la forme de la zone de soudure de la barrette et de la LED, il faudra prendre soin de ne pas provoquer de court-circuit. La soudure devra s'écouler SOUS la LED, il sera bon d'utiliser du flux de soudure pour faciliter cet écoulement. Il faut surtout procéder en limitant au maximum le temps de présence de la pointe du fer à souder en contact avec la LED, au risque de « cuire » celle-ci et de la détruire. Enfin, le risque de faire une mauvaise soudure est important, il faut donc toujours tester le fonctionnement de la LED après soudage.

Soyons pragmatiques : sur une bonne vingtaine d'écrans LED ainsi réparés, j'ai détruit une seule LED et provoqué une mauvaise soudure (ayant provoqué une nouvelle panne en moins de 24 heures) une seule fois. Enfin, à mon grand regret, j'ai cassé un écran au remontage ! Pour les autres, rien à signaler des mois après la réparation.

L'utilisation d'un fer à souder à température contrôlée muni d'une pointe extrafine (0,5 mm) est indispensable pour réussir cette opération.

Le remontage de l'écran se fera en séquence inverse du démontage. Bien prendre la précaution de mettre le sandwich correctement en place dans son logement afin d'éviter toute force appliquée à la dalle de verre de l'affichage. Il sera parfois nécessaire d'utiliser du ruban adhésif double face pour refixer la matrice trouée.



Ne jamais forcer, certains écrans ont un contour clipsé et leur remontage est délicat, imposant des forces brèves pour reclipser le contour. Ne jamais appuyer sur le sandwich afin d'éviter de casser de façon irréversible la dalle écran.

La réparation d'un écran ainsi défectueux est une opération délicate, le démontage est à faire avec beaucoup de précaution, le changement des LED et le remontage également mais, pour un coût inférieur à 1 euro, on sauve ainsi un appareil voué à la déchetterie. Cela vaut la peine de tenter, non ?



Les appareils à rétroéclairage LED poussent les diodes LED à leur maximum, ce qui rend la fiabilité médiocre. Je vous conseille de placer le niveau du rétroéclairage à 70 ou 75 % de son maximum dans les réglages du menu Image : vous aurez une luminosité suffisante et protégerez votre appareil des pannes de ce type.

## RÉPARATION D'UNE DALLE ÉCRAN AU NIVEAU DU PANNEAU LCD

Si le défaut d'image constaté sur un téléviseur LCD ou LED est imputable à la dalle écran, certaines réparations sont possibles, en dehors bien entendu des écrans cassés. Hélas, pas toutes, car malheureusement les interventions nécessitées par des mauvais contacts au niveau des dalles d'affichage et de leurs circuits, ou par la défection de ceux-ci (circuits COF soudés sur les films de connexion), sont souvent impossibles !



Figure 9-60. Défaut d'affichage qui n'a pas pu être réparé

Il est toujours très difficile de distinguer un problème dû à la carte de contrôle (T-Con) d'un problème imputable à la dalle LCD. La réparation d'une dalle LCD étant souvent impossible et son remplacement trop coûteux si on ne trouve pas un écran d'occasion, le diagnostic se doit d'être le plus exact possible.

Dans l'exemple de la figure 9-61 de la page suivante, le problème aurait tout à fait pu être dû aux circuits de correction gamma de la carte T-Con. Il n'en était rien. Il s'agissait bien d'un défaut de l'écran LCD, dont une connexion d'un signal d'alimentation était défectueuse (coupure) sur un film mais qui a pu être réparée.

On peut classer en cinq catégories les défauts d'un panneau LCD :

- 1 défauts dus à la matrice d'affichage à cristaux liquides ;
- 2 défauts dus aux composants montés sur les films de connexion entre le circuit imprimé et la dalle ;
- 3 défauts dus à un composant électronique présent sur le circuit imprimé de la dalle ;
- 4 défauts dus à une rupture partielle et non permanente d'une ou plusieurs connexions entre le circuit imprimé et la dalle (défaut de soudure film-dalle) ;
- 5 rupture permanente d'une liaison circuit imprimé dalle.



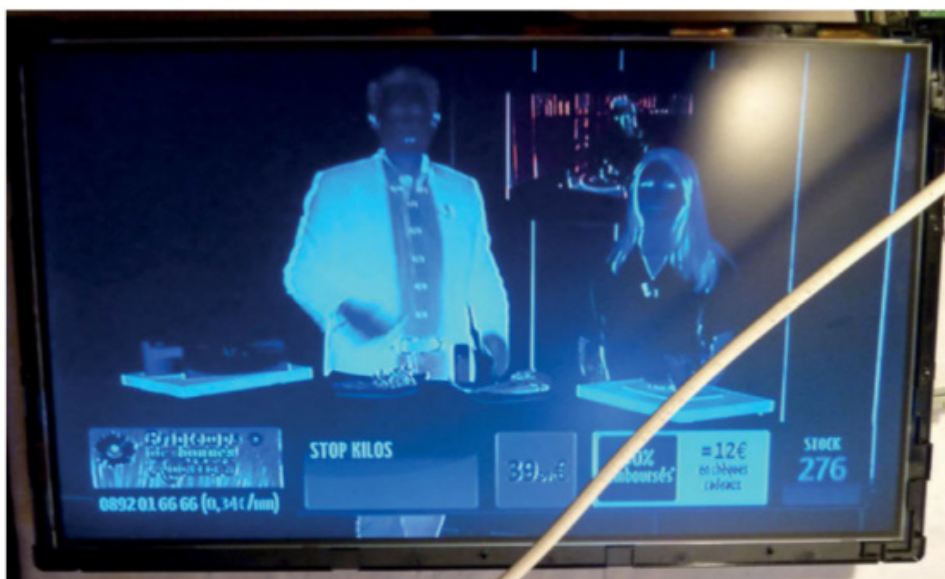


Figure 9-61. Défaut d'affichage dû à une rupture de connexion entre les circuits et le panneau LCD



Figure 9-62. Réparation à l'aide de cales en caoutchouc et adhésif épais

Les deux premiers types de défauts ne seront pas réparables alors que les deux derniers, qu'ils soient localisés au niveau de la soudure circuit imprimé-film de connexion ou au niveau de la soudure film-dalle, pourront **parfois** être réparés, soit en exerçant une pression mécanique au niveau des points de soudure défailants, soit en réalisant un pont en fil reconstituant une connexion coupée à l'intérieur du film. Si un film présente des signes de mauvais contact depuis le circuit imprimé ou sur la dalle elle-même, on tentera la réparation en mettant des petites cales souples au niveau de l'emplacement du contact défectueux afin de forcer mécaniquement les contacts. Ces cales, si elles ne sont pas autocollantes, pourront être fixées par du ruban adhésif double face sur le film et devront s'appuyer contre le cadre métallique de la dalle au remontage. Choisissez donc l'épaisseur de ces cales afin de provoquer l'appui mécanique recherché sans pour autant casser le support.

Effectuée en douceur, cette réparation, certes aléatoire dans sa pérennité, pourra permettre de sauver au moins temporairement un écran défectueux pour un coût négligeable. Pour ma part, j'ai déjà sauvé, de cette manière, une dizaine d'écrans sans avoir eu d'échec dans le temps pourvu que le téléviseur ne soit pas soumis à des déplacements fréquents.

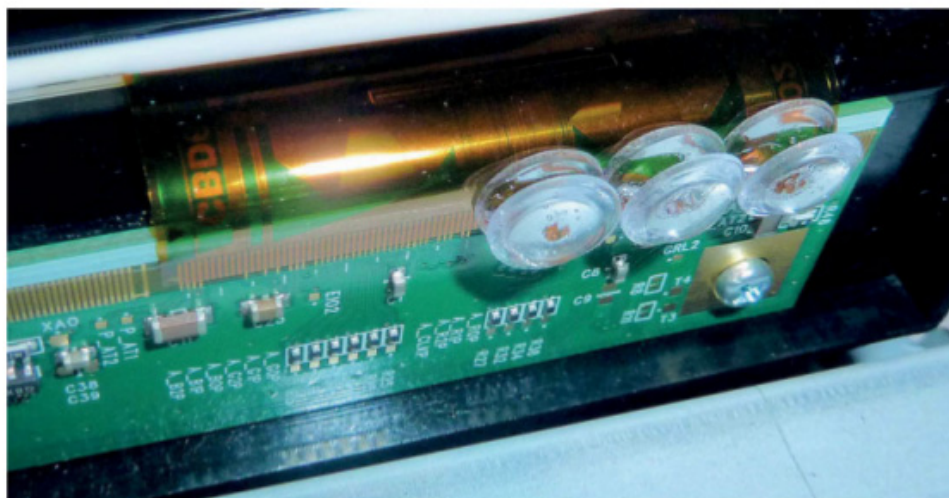


Figure 9-63. Mise en place de pastilles de pression sur une soudure circuit imprimé-film

Rappelons que les connexions entre le ou les circuits imprimés situés au niveau de l'écran LCD et le panneau LCD sont réalisées par des films souples soudés par ultrasons. Plusieurs films sont utilisés et le nombre de points de connexion dépasse le million pour les écrans Full HD. Vous aurez compris que ces soudures ne sont pas réparables par soudure traditionnelle à l'étain, seule peut être tentée une réparation par mise en contact forcé.

Il sera facile, parfois, de déterminer si la rupture de liaison est non permanente en forçant une déformation (avec modération) de la dalle au niveau des connexions (avant démontage de l'écran) ou en passant le doigt pour exercer une petite pression sur chaque film au niveau de ses soudures côté dalle ou circuit imprimé. Si par chance le défaut apparaît et disparaît au gré des déformations appliquées, l'espoir de pouvoir réparer par pression est grand. Dans ce cas, pour chaque film, la réparation demandera la reconstitution d'une ou plusieurs liaisons, ou elle sera malgré tout impossible. Dans le cas où le défaut ne se modifie pas, il se pourrait néanmoins que des pistes soient rompues sur un fil et puissent être reconstituées en découpant le film, afin de pouvoir reconstituer la liaison en soudant un fil de wrapping en amont et aval de la coupure.

Comme évoqué plus haut, certaines dalles présentent des défauts permanents de liaison entre la platine circuit imprimé et les films de connexion au niveau des alimentations (pistes plus larges). Ces défauts, en raison de l'intensité transmise, sont en général dus à une destruction du point de contact qui ne peut être corrigée mécaniquement. On pourra alors tenter une réparation en soudant des fils miniatures (fil de « wrapping ») directement entre le circuit imprimé et le film qu'on aura percé en grattant avec un cutter (très délicatement) pour révéler le point de soudure.

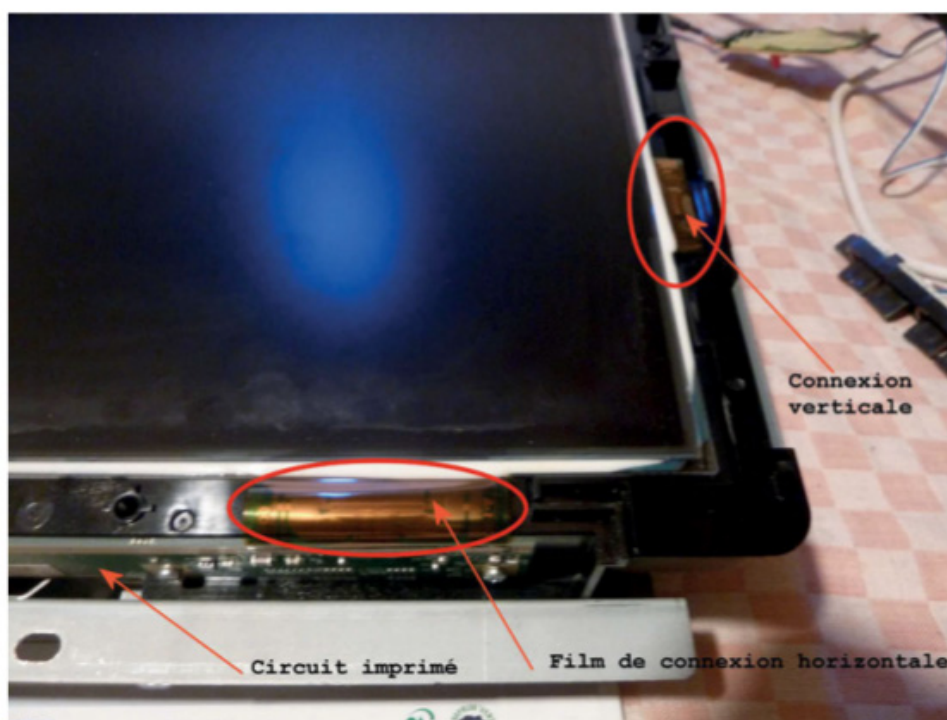


Figure 9-64. Connexions d'un panneau LCD



Figure 9-65. Rétablissement des contacts entre le circuit imprimé et un film côté vertical

Une série de dalles 26 pouces présentait fréquemment ce défaut, l'information a pu être trouvée dans les forums spécialisés et une notice de réparation fournie par le fabricant était même disponible. Pour l'avoir rencontrée deux fois, cette panne se répare bien si on use de méticulosité dans le rétablissement de la liaison. Il existe souvent, soit sur le circuit imprimé, soit sur le film ou sur les deux, des pastilles dites « points de test » pour les signaux d'alimentation. Au niveau des films de connexion, elles sont en général recouvertes par la dernière couche d'isolement du film, mais leur surface plus importante que celle des connexions permet, après grattage, plus facilement la soudure du fil. Vous verrez combien le fil à « wrapper » vous paraîtra petit lorsqu'il sera entre vos mains et



combien il vous semblera énorme, sous la loupe, au regard des connexions du film. Bien que l'opération soit très aléatoire et délicate à réaliser, face à une dalle LCD réputée défectueuse, le risque d'essayer ne peut être que d'économiser le coût d'un écran ou la perte définitive de l'appareil.



Pour décaper le film sans altérer la piste, l'utilisation d'un outil multifonction de type Dremel muni d'une petite meule permet un travail minutieux. Perdue pour perdue, pourquoi ne pas tenter la réparation d'une dalle présentant ce type de problème ? Mais pas sans faire preuve de beaucoup de minutie !



Figure 9-66. Film auquel la connexion filaire aboutit, on voit le circuit COF en transparence et les points de test à gauche du film.

### À Important

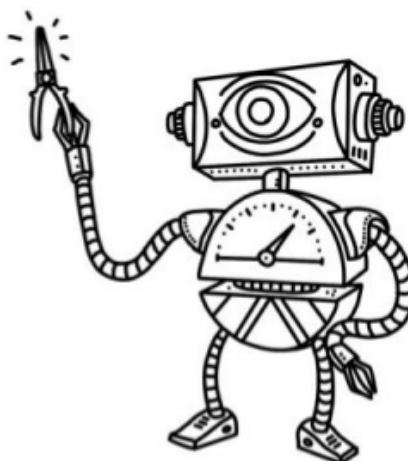
Notez que les connexions entre le circuit imprimé et la dalle se font en général au niveau d'un côté horizontal de l'écran, et que les connexions sont reportées du côté horizontal vers les films des connexions verticales. Une connexion peut donc être directement réparée par un fil de substitution placé entre le circuit imprimé et un film de connexion horizontal ou vertical.

Si le défaut ne peut pas être localisé au niveau des films d'interconnexion, on recherchera d'éventuels composants défectueux sur le circuit imprimé situé en bordure de l'écran. Il s'y trouve selon les dalles des fusibles, des condensateurs CMS qui pourraient être en court-circuit et des petits circuits intégrés (en général amplificateurs opérationnels délivrant des tensions à l'écran), utilisant par exemple des circuits LM324 ou HX8904, qui pourraient être défectueux.

Si, par malchance, les mauvais contacts des films de connexion ne peuvent être mécaniquement réparés ou si la panne ne se situe pas au niveau du circuit imprimé de la dalle, celle-ci provient probablement du panneau LCD ou des circuits « COF » montés sur les films de connexion. La dalle devra donc être remplacée... ou l'appareil revendu pour récupération des pièces.



Les liaisons vers la dalle écran, lorsqu'elles sont la cause d'un dysfonctionnement, provoquent celui-ci de façon progressive : soit le fonctionnement est correct puis des lignes ou des aberrations de couleur apparaissent avec l'échauffement de l'appareil, soit c'est le contraire, l'image est incorrecte à l'allumage puis devient correcte, l'appareil ayant chauffé. Dans tous les cas, ces problèmes ne se répareront pas seuls et plus on attendra pour intervenir, plus les liaisons auront souffert (par oxydation ou combustion de la surface de contact du film, du circuit imprimé ou de la dalle) et plus la réparation deviendra difficile ou impossible. Il est donc important d'agir très rapidement si de tels phénomènes apparaissent.







# RÉPARER LES TÉLÉVISEURS À ÉCRAN PLASMA

Les écrans plasma ne sont plus utilisés de nos jours que dans les téléviseurs. Il fut un temps où les ordinateurs portatifs utilisaient des écrans plasma monochromes, souvent oranges ; ce temps est révolu, nous nous concentrerons donc sur le cas des téléviseurs. Comme pour les autres téléviseurs, les écrans plasma présentent des circuits de puissance où se manifestent la plupart des pannes.

### Ne jetez pas votre téléviseur !

Les téléviseurs, même en panne, peuvent trouver acquéreur pour récupération des pièces. Si vous êtes certain de son bon fonctionnement, la revente d'une dalle écran ou d'une carte sera souvent plus facile et rémunératrice qu'un appareil défectueux entier, notamment en raison des problèmes d'expédition. Pensez aux petites annonces et à vos « confrères » à la recherche de pièces d'occasion, consultez les forums de discussion. Évitez de jeter ce qui peut être encore utilisé !

### Particularités de la technologie plasma

Les téléviseurs plasma ont une architecture interne différente de celle des téléviseurs LCD, ils partagent par contre avec ceux-ci un certain nombre de circuits comme :

- les circuits d'alimentation, souvent plus sophistiqués et délivrant davantage de tensions, mais similaires ;
- les circuits de contrôle et de vidéo (carte SSB), utilisés dans les deux types d'appareils, sont parfois identiques à plus de 90 %, adaptés à l'un ou l'autre type par modification des paramètres usine du micrologiciel interne et quelques différences au niveau de l'alimentation de la carte de contrôle (T-Con pour les téléviseurs LCD, Logic control pour les téléviseurs plasma) ;
- les circuits de contrôle de l'affichage vidéo, différents dans les deux technologies, et qui reçoivent pourtant les mêmes signaux (interface LVDS) en provenance de la carte SSB.

En revanche, ils ne comportent pas de rétroéclairage, donc pas de circuits inverter mais des circuits spécifiques que nous allons passer en revue.



Les puissances électriques mises en jeu au niveau des écrans plasma sont plus importantes qu'au niveau des écrans LCD ou LED. De ce fait, selon le vieil adage qui dit que « ça lâche en priorité là où ça chauffe », les écrans plasma sont probablement un peu plus sujets aux pannes électriques. Tensions et intensités sont importantes dans un écran Plasma, vous devez redoubler d'attention et de prudence en manipulant ces appareils.

Un écran de type LCD ou LED fonctionne par transparence. Il est constitué de millions de cellules remplies d'un cristal liquide qui devient opaque ou transparent sous l'effet d'un champ électrique. Une lumière placée derrière l'écran est transmise ou réfléchi au travers d'un filtre coloré selon l'état du cristal liquide commandé par un signal électrique pour chaque pixel de l'écran. Un pixel est constitué de trois cellules constituées d'une alvéole emplies de cristal liquide et d'un filtre coloré, correspondant chacune aux couleurs de base Rouge, Vert et Bleu (RVB).

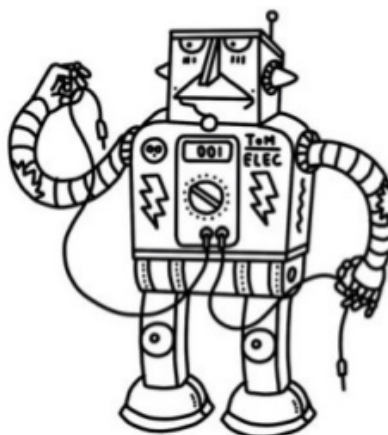
Un écran plasma, au contraire, ne dispose pas d'une source lumineuse. Il émet lui-même de la lumière au niveau de chaque pixel qui est constitué d'une microcellule par couleur (Rouge, Vert, Bleu) emplies de gaz qui émet un rayonnement ultraviolet sous l'effet d'une tension électrique d'ionisation. Ce rayonnement UV excite une couche d'un phosphore émettant une lumière colorée (rouge, verte ou bleue).

De ce fait, le fonctionnement d'un écran plasma étant différent, les circuits d'un téléviseur plasma sont différents. Toutefois, les circuits d'alimentation, de réception et de contrôle (carte SSB) sont similaires, pour ne pas dire identiques parfois, car certains constructeurs se servent des mêmes cartes dont seules quelques options pour les écrans LCD ou plasma sont utilisées et câblées, le reste (90 % environ) étant commun aux deux types de téléviseurs. Ainsi, de conception, l'alimentation et la carte SSB seront similaires dans les deux types de téléviseurs. C'est pourquoi nous ne reviendrons pas sur ces éléments dans ce chapitre. Notez cependant que les cartes alimentation d'un téléviseur plasma fournissent des tensions en plus grand nombre et comportent des potentiomètres de réglage de certaines tensions importantes pour l'affichage correct des images.

Les cartes inverter et T-Con, telles que nous les avons décrites, n'existent pas dans la technologie plasma ; en revanche, nous verrons de nouvelles cartes apparaître :

- contrôle logique (proche des cartes T-Con des téléviseurs LCD) et ses buffers d'adressage (X-address) ;
- carte Y-scan ou Y-main ou SC ou Y-sus or Y-drive ;
- carte(s) Y-buffers démultiplexant les signaux Y-scan ;
- carte Z-sustain ou X-main or SS ou X-sus or X-buffer ;
- carte Y-buffers ou SU/SD/SM.

Chaque constructeur utilise sa propre dénomination mais les fonctions restent similaires. Nous passerons en revue, dans ce chapitre, ces différents circuits et leurs particularités. Remarquez que, d'une façon générale, la technologie plasma exige des circuits de contrôle de l'affichage des images plus nombreux et plus complexes que la technologie LCD. Dans la suite de ce chapitre, par souci d'uniformité, nous utiliserons les dénominations suivantes : contrôle logique, X-address, Y-scan et Z-sustain.



## Fonctionnement simplifié d'un écran plasma

Un écran plasma est constitué de millions de petites cellules contenant chacune un gaz et des électrodes de contrôle. Il y a en pratique trois électrodes par cellule : deux disposées selon l'axe Y (Y-scan et Z-sustain) et une selon l'axe X (X-address). Le tout forme une matrice comportant autant de fois trois cellules (RGB) que de points de définition de l'écran.

Les électrodes d'adressage (X-address) sont constituées de conducteurs verticaux situés à l'arrière des cellules. Les électrodes de scan (Y-scan) et les électrodes de maintien (Z-sustain) sont situées à l'avant des cellules et constituées de conducteurs transparents horizontaux. Les lignes Y-scan sont au nombre de 768, ou 1 080 dans les écrans HD, et sont toutes séparées électriquement. Les lignes Z-sustain sont également au nombre de 768 ou 1 080, mais elles sont toutes reliées en parallèle ou en deux groupes (lignes paires et lignes impaires). Ainsi, un écran Full HD 1 080 comportera  $1\,920 \times 1\,080$  soit 2 073 000 pixels de 3 cellules, soit au total 6 220 800 cellules comportant chacune trois électrodes. Selon l'axe Y, il y aura 1 080 lignes Y-scan et 1 080 lignes Z-sustain, tandis qu'il y aura  $1\,920 \times 3$  soit 5 760 colonnes d'adressage selon l'axe X.

### Y-main et X-main

On trouve souvent les termes Y-main et X-main pour désigner respectivement les lignes et circuits Y-scan et Z-sustain, ce qui augmente la confusion, les lignes Xmain étant disposées selon l'axe Y.

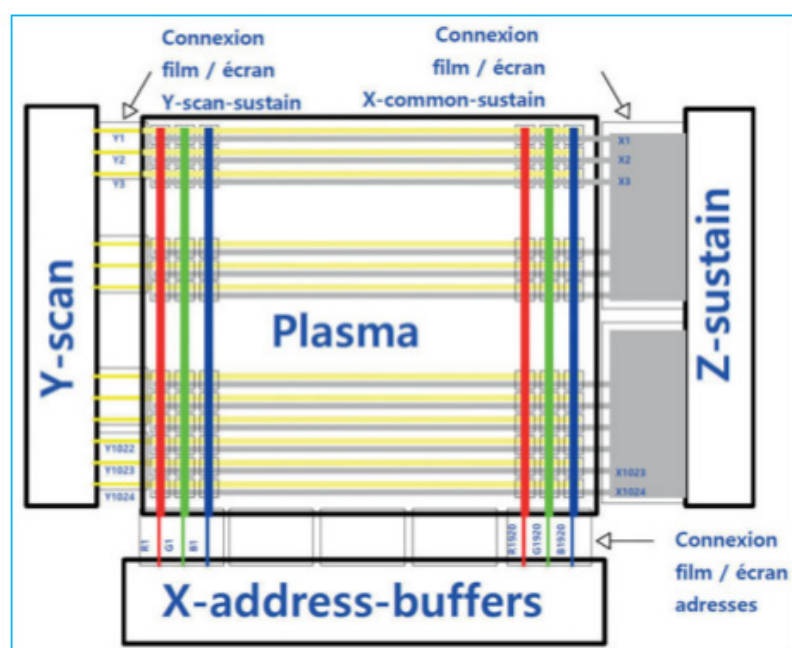


Figure 10-1. Synoptique fonctionnel simplifié d'un écran plasma



Notez que les lignes d'adressage (au nombre de  $1\,920 \times 3$  soit 5 760) sont commandées par les « X-address-buffers » au travers de circuits intégrés de type COF (*Chip On film*) soudés sur les films de connexion à la dalle plasma. Les lignes Y-scan, au nombre de 1 024, sont connectées directement aux cartes Y-buffers. Les lignes Z-sustain sont connectées toutes en parallèle à la carte Z-sustain.

Nous venons de le voir, une dalle plasma comporte plus de connexions par film qu'une dalle LCD/LED. De plus, la puissance fournie aux signaux pilotant les électrodes Y-scan et Z-sustain est importante. Cela rend les dalles plasma très sensibles aux mauvaises liaisons films/dalle. En revanche, la dalle étant en verre épais très rigide, les connexions sont moins soumises aux contraintes mécaniques. Globalement, on peut dire qu'il n'y a pas de risque plus important de rencontrer des mauvaises connexions sur un écran plasma que sur un écran LCD/LED.

Les circuits de contrôle et de pilotage d'un écran plasma sont en charge de fournir les signaux correspondant à l'affichage d'une image à chacune des électrodes de la matrice de cellules plasma.

Il faut aussi savoir que l'affichage d'une image complète se fait couramment en 8 ou 10 étapes successives de 8 ou 10 sous-images superposées, dont la durée d'allumage varie de 1 à 256 ou 1 024 fois la durée de chaque étape. Ainsi, la luminosité résultante est modulée. Ces sous-images (appelées *sub-frames*, qu'on peut traduire par sous-images ou sous-trames) se succèdent durant l'affichage d'une image. En raison de la persistance rétinienne de l'œil humain, elles se superposent aux yeux du téléspectateur et permettent ainsi d'obtenir une gamme de couleurs et une étendue de variations de contraste adéquates. L'affichage d'une sous-trame (8 ou 10 par image) se fait en trois étapes.

- 1 Effacement (reset) : extinction de tous les pixels.
- 2 Adressage (mur de charge) : préparation des pixels à être allumés ou éteints.
- 3 Maintien (sustain) : allumage des pixels et contrôle contraste/couleurs.

Ce cycle se répète indéfiniment pour chaque sous-trame de l'image en fonction du contenu à visualiser. Il s'agit donc d'un cycle durant le temps de transmission d'une image entière, soit 24, 25 ou 30 fois par seconde selon le standard de transmission (cinéma, Europe, USA-Japon, etc.).

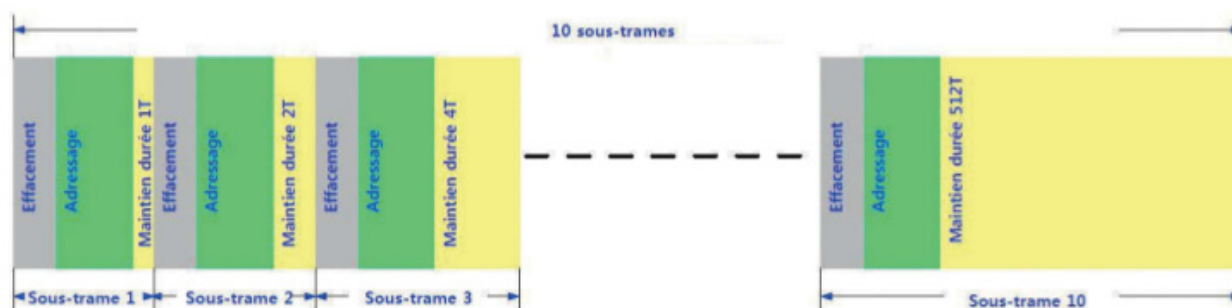


Figure 10-2. Cycle d'affichage d'une image en 10 sous-trames sur un écran plasma

Sur la figure 10-2, on remarque que les temps d'effacement (reset) et d'adressage sont constants pour chaque sous-trame, alors que les temps de maintien (sustain) sont, eux, variables permettant de moduler la luminosité et les couleurs affichées de l'image résultante. Ce procédé a pour avantage d'assurer une fluidité parfaite des images.

### Effacement

La phase d'effacement permet de réinitialiser au noir (extinction) tous les pixels de l'écran en préparation de l'affichage de l'image suivante. L'effacement se fait en appliquant une combinaison de signaux aux électrodes Y-scan et Z-sustain. La forme et la durée des signaux est variable selon les fabricants des dalles plasma. Un exemple de forme des signaux appliqués est donné plus loin.

### Adressage

La phase d'adressage sert à préparer l'affichage de chaque sous-trame de l'image en induisant une charge électrique à chaque cellule qui devra être allumée, rendant ainsi les cellules conductrices. Cette charge peut demeurer plusieurs minutes dans chaque cellule. Cette phase s'appelle « mur de charge », l'empreinte de l'image étant ainsi mémorisée sur toute la surface de l'écran. La charge appliquée est suffisamment importante pour rendre la cellule conductrice mais ne permet pas la création d'un rayonnement ultraviolet. Chaque cellule demeure donc éteinte à l'issue de cette phase.

La phase d'adressage se fait ligne après ligne pour l'ensemble de la sous-trame. Pour chaque ligne, une combinaison de signaux est appliquée à chaque cellule de la façon suivante :

- on porte les lignes d'adressage des pixels qui devront être allumés à la tension  $V_{adr}$  d'environ 50 à 70 V ;
- l'ensemble des lignes Y-scan est porté à un potentiel positif proche ou égal à  $V_{adr}$ , sauf la ligne Y-scan correspondant à la ligne en cours d'adressage qui est portée à un potentiel nul ou négatif ;
- les lignes Z-sustain sont maintenues à une tension égale ou supérieure à  $V_{adr}$  durant toute la phase d'adressage.

Ainsi, ligne par ligne, une charge est appliquée à chaque cellule de sous-pixel (rouge, vert ou bleu) qui doit être allumée lorsque son électrode d'adressage est portée à la tension  $V_{adr}$  et son électrode Y-scan à la tension 0 V (GND). La tension  $V_{adr}$  est suffisamment élevée pour rendre les cellules conductrices (ionisées) mais sans leur permettre d'émettre de rayonnement. Ce mur de charge imprime donc une image « binaire » de l'image attendue sans la rendre visible.

### Maintien

Les cellules ayant été préparées à être allumées ou éteintes, on va maintenant devoir allumer et moduler la luminosité de chaque cellule préparée précédemment. Ainsi, image par image, on va appliquer une combinaison de signaux qui aura pour effet d'allumer les cellules rendues fortement conductrices durant la phase d'adressage, mais de ne pas agir sur celles qui n'auront pas été chargées (non adressées). Afin de pouvoir moduler la lumière émise par les couches photophores sollicitées par le rayonnement ultraviolet émis, chaque sous-trame de l'image utilisera une phase de maintien (sustain) de durée variable croissant de 1 à 128 (8 sous-trames) ou 512 (10 sous-trames) permettant ainsi de moduler la brillance de chaque pixel telle que perçue par l'œil.

On verra ainsi des téléviseurs annonçant des fréquences de rafraîchissement de 600 Hz, mais en fait il s'agira de la division en 10 sous-trames d'une image diffusée en 60 demi-images par seconde (USA-Asie).

Pour réaliser l'opération de maintien, on appliquera des signaux alternatifs en opposition de phase sur les électrodes Y-scan et Z-sustain. Les signaux appliqués ont une tension  $V_{sus}$  de l'ordre de 190 à 210 V. Les cellules précédemment chargées vont émettre de la lumière, tandis que celles qui n'avaient pas été excitées durant la phase d'adressage resteront éteintes. Pour illustrer ce propos,

voici un exemple de ce que serait, pour une sous-trame, la séquence {Effacement, Adressage de deux sous-pixels superposés et Maintien} (voir figure 10-3).

En réalité, les lignes d'adressage sont au nombre de  $1\,920 \times 3$  et celles de scan de 1 080 pour une TV HD1080. Aussi, il s'agit d'une représentation simplifiée donnant un aperçu de la forme attendue des signaux mis en jeu. Par ailleurs, chaque fabricant de dalle plasma utilise des formes d'ondes et tensions différentes. Cet exemple se rapproche de ce qu'on peut observer dans un téléviseur d'une grande marque très connue.

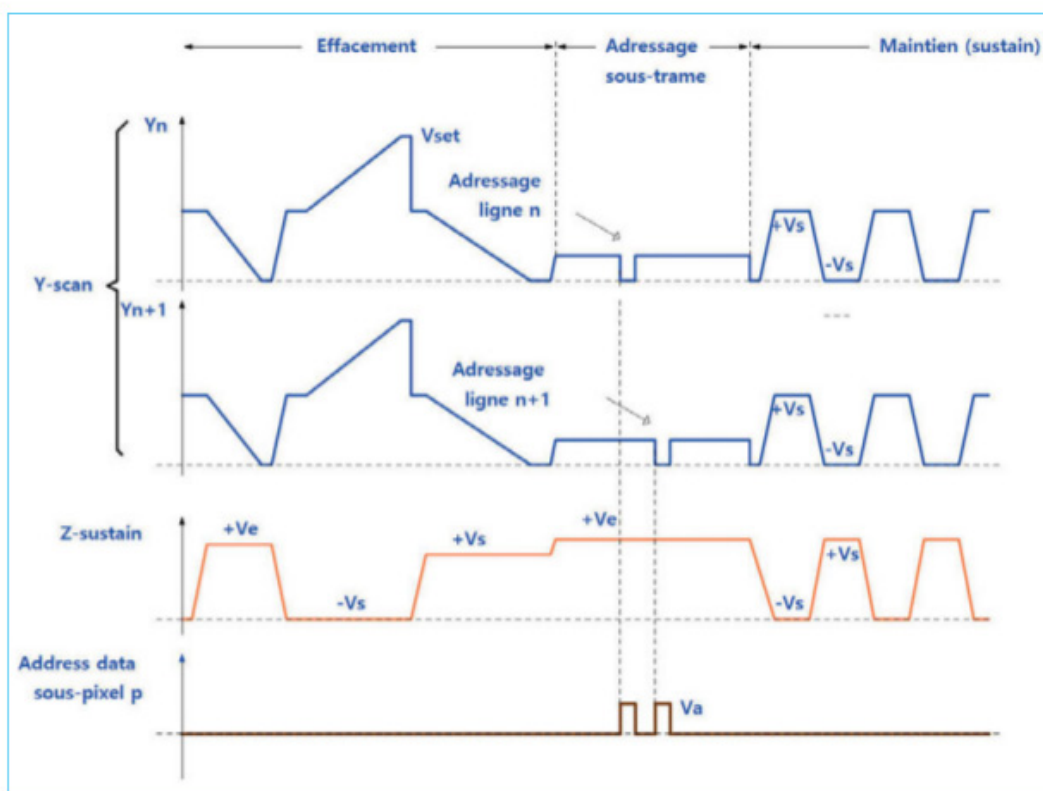


Figure 10-3. Signaux de commande d'affichage de deux sous-pixels superposés de deux lignes consécutives d'un écran plasma

Nous verrons, plus loin dans ce chapitre, la façon dont les circuits de pilotage de la dalle plasma sont constitués afin de pouvoir appréhender leur dépannage.

### Attention

Le fonctionnement décrit précédemment est un fonctionnement théorique de la technologie ADS (*Address Display Separation*). En effet, chaque fabricant de dalle plasma ayant son propre jeu de signaux correspondant à la topologie des cellules de la dalle, les mesures à l'oscilloscope peuvent diverger quelque peu des signaux théoriques décrits, mais l'approche reste la même. En outre, les circuits ERC (*Energy Recovery Circuit*) permettant une réduction de l'énergie consommée modifient les formes des signaux transmis à la dalle.



## Architecture des téléviseurs plasma

La figure 10-4 illustre l'architecture typique des éléments majeurs d'un téléviseur plasma. On y retrouve, comme dans les téléviseurs LCD/LED, l'alimentation, la platine principale (carte SSB) assurant la réception et le décodage des signaux vidéo et son, ainsi que le contrôle global du récepteur.

Le bloc « contrôle logique » assure la fonction de transcodage des signaux vidéo numériques (interface LVDS identique à celle d'un téléviseur LCD/LED) et leur distribution aux trois blocs de contrôle des électrodes de la dalle plasma :

- X-address-buffers pilotant les lignes d'adressage selon l'axe X de la dalle ;
- Y-scan et Y-buffers pilotant les lignes Scan-sustain selon l'axe Y de la dalle ;
- Z-sustain pilotant les lignes Common-sustain selon l'axe Y de la dalle.

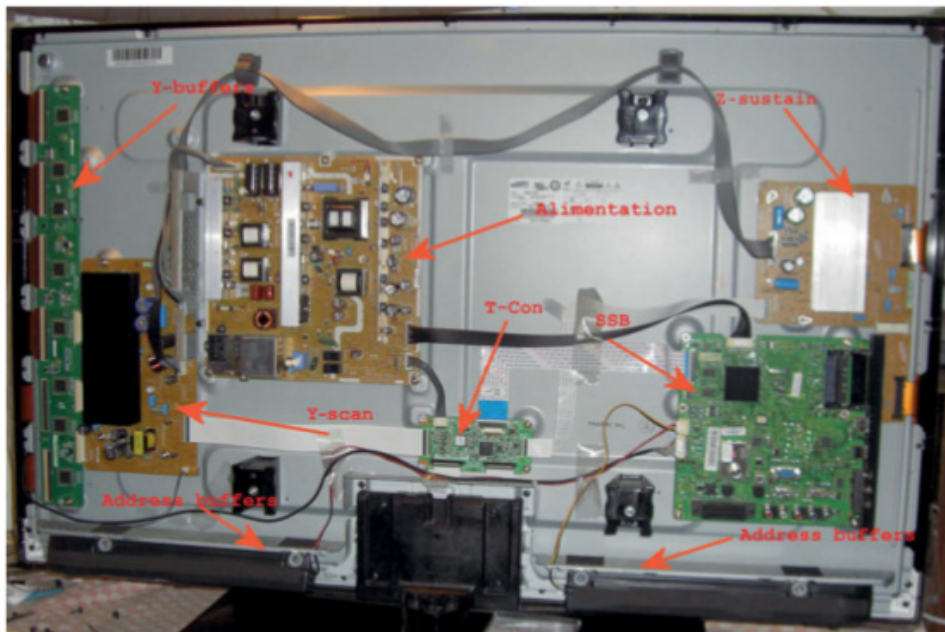


Figure 10-4. Différentes parties d'un téléviseur plasma

Notez que parfois la partie Z-sustain est divisée en deux cartes (maître et esclave) pilotant chaque moitié verticale des électrodes Z-sustain. De même, la section Y-buffers est parfois divisée en deux cartes appelées Y-buffer lower et Y-buffer upper, se chargeant chacune de la moitié verticale des électrodes Y-scan. Enfin, il existe également des configurations où les circuits tampons (buffers) sont intégrés à la carte Y-scan. Cette dernière configuration est plus économique à produire, mais elle présente l'inconvénient, en cas de panne, de devoir changer une seule carte qui est beaucoup plus onéreuse.

## Pannes d'affichage des dalles plasma

Dans l'ordre décroissant, les circuits pilotant l'affichage des dalles plasma le plus souvent mis en cause dans les dysfonctionnements sont :

- la ou les cartes Y-buffers ;
- la carte Y-scan (ou Y-main) ;
- la ou les cartes Z-sustain (ou X-main) ;
- la ou les cartes X-address-buffers ;
- la carte Logic control (ou T-Con) ;
- la carte SSB.

N'oublions pas, naturellement, les cartes alimentation, toujours très sensibles aux pannes en raison des puissances mises en jeu.

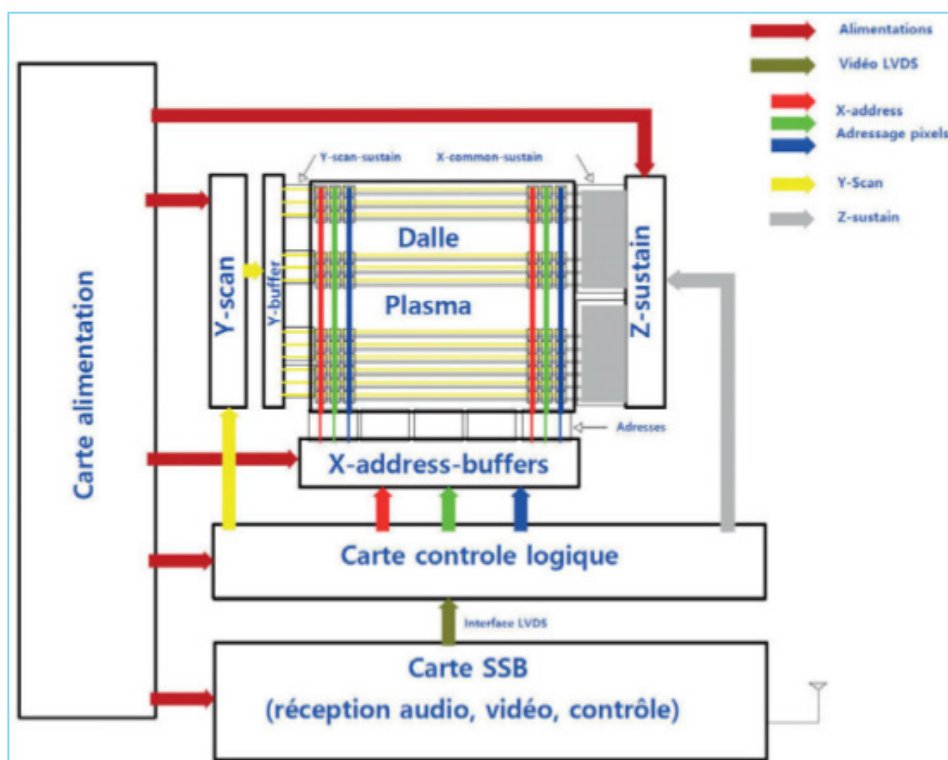


Figure 10-5. Architecture d'un téléviseur plasma

Connaissant dans ses grandes lignes le fonctionnement d'un écran plasma et l'architecture générale d'un téléviseur, nous allons maintenant passer au démontage de ces téléviseurs pour pouvoir les réparer.

## Démontage des téléviseurs plasma

Comme pour les téléviseurs LCD/LED, il ne peut y avoir de réel dépannage d'un téléviseur plasma sans envisager le démontage de l'appareil, afin de contrôler visuellement les différentes parties du téléviseur, mais aussi accéder aux circuits et effectuer quelques mesures avant plus ample investigation.

Rappelons-nous que l'inspection visuelle de l'intérieur d'un appareil donne souvent des indications importantes pour la suite. Aussi le démontage doit-il être effectué avec précaution en restant attentif à tout indice, comme des traces d'écoulement ou de surchauffe ou les marques d'arc électrique et, bien entendu, l'aspect des composants.

Reportez-vous au chapitre 9 traitant des téléviseurs LCD/LED pour plus de détails sur ce que vous devez examiner avant tout. En lui-même, le démontage d'un téléviseur plasma ne présente pas de difficulté particulière, toutefois souvenez-vous que le téléviseur plasma est en général plus lourd qu'un téléviseur LCD/LED – en particulier les téléviseurs les plus anciens où foisonnaient les blindages des circuits à l'aide de capots métalliques protecteurs épais.

Par ailleurs, contrairement à un écran LCD dont le sandwich est constitué par des éléments relativement (très relativement !) souples, une dalle plasma est avant tout constituée de deux plaques de verre épais et rigide, qui retiennent le gaz dans les capsules formant les pixels. Une dalle plasma ne tolérera aucune contrainte mécanique durant le transport ou le démontage. De ce fait, le démontage sera plus fastidieux et long, et demandera plus de précautions quant à la position du téléviseur lors de son démontage.

Enfin, certains circuits, notamment les X-address-buffers, sont souvent protégées sous des radiateurs qu'il conviendra de démonter avant de pouvoir accéder à ces cartes.

## Diagnostic des défaillances des téléviseurs plasma

Comme nous l'avons évoqué, un téléviseur plasma met en jeu de nombreux circuits de puissance (cartes Y-scan, Y-buffers et Z-sustain), en dehors de ceux propres à son alimentation. Les circuits de contrôle (Logic control) ainsi que les X-address-buffers mettent en jeu des puissances plus modestes mais peuvent subir le contrecoup de la destruction des circuits de puissance (effet domino).

Dans l'ensemble des circuits en lien direct avec la dalle plasma, on trouve des tensions élevées, mais aussi des vitesses de commutation des signaux importantes, augmentant la fragilité de leurs circuits.

Là où il y a mise en jeu de circuits de puissance, il y a fragilité. C'est donc dans ces circuits qu'il faudra rechercher en priorité les causes des pannes.

### LE TÉLÉVISEUR NE S'ALLUME PAS DU TOUT

C'est d'abord du côté de l'alimentation principale de l'appareil qu'il faudra investiguer mais attention, comme les trains, une panne peut en cacher une autre ! La défaillance de l'alimentation principale peut (et ce sera souvent le cas) être consécutive à une défaillance des autres circuits de puissance du téléviseur (Y-scan et Z-sustain en particulier). En effet, des circuits de protection sont utilisés pour



protéger la dalle en cas de détection de tensions ou courants trop importants et mettent l'alimentation hors circuit en cas de faute détectée. Il faudra déterminer si l'alimentation est déficiente par elle-même ou si elle est perturbée (mise en sécurité) par un défaut dans le reste de l'appareil.

## LE TÉLÉVISEUR S'ALLUME, MAIS IL N'Y A NI SON NI IMAGE

Reportez-vous dans ce cas de figure au chapitre 10 traitant des téléviseurs LCD/LED, car la panne provient probablement des circuits de réception de la carte SSB.

## LE TÉLÉVISEUR S'ALLUME, MAIS SEUL LE SON FONCTIONNE

Deux cas peuvent se présenter.

- La dalle émet de la lumière, est sombre ou de couleur uniforme. Il y a fort à parier que la carte SSB ou la carte Logic control soit en cause. Comme pour les téléviseurs LCD, on vérifiera la présence des signaux LVDS qui permettraient de disculper, a priori, la carte SSB.
- La dalle reste éteinte (cas très fréquent). On pourra à nouveau vérifier la présence des signaux LVDS en provenance de la carte SSB, mais il y a une forte probabilité pour que le défaut provienne d'une carte de pilotage Y-scan et/ou la carte Y-buffers ou Z-sustain, et plus rarement des buffers d'adressage. L'alimentation n'est en effet pas mise en sécurité car il n'y a ni surtension ni surintensité détectée puisque les circuits ne fonctionnent pas.

## LE TÉLÉVISEUR S'ALLUME NORMALEMENT (ÉLECTRIQUEMENT) MAIS PRÉSENTE D'AUTRES DYSFONCTIONNEMENTS

L'alimentation est donc a priori hors de cause ; il faut une fois encore s'empresse de vérifier la valeur des tensions délivrées (multimètre) et leur propreté (oscilloscope) afin de disculper définitivement l'alimentation.

Souvenez-vous que des tensions dangereuses sont présentes au niveau des circuits de pilotage de l'affichage et des alimentations des téléviseurs plasma.

Plusieurs cas se présentent alors :

- si le son est mauvais, reportez-vous au chapitre 10 ;
- si l'image est mauvaise, on procédera comme d'habitude à une vérification minutieuse des tensions d'alimentation et en particulier des tensions nécessaires au fonctionnement des circuits de contrôle de l'affichage, en plus des tensions habituelles comme dans les téléviseurs LCD/LED.



Il faut savoir que chaque dalle possède ses propres valeurs de tensions nécessaires à son bon fonctionnement. Ces dernières sont toujours indiquées sur une étiquette collée au dos de la dalle. Il faut donc en tout premier lieu vérifier les valeurs indiquées et leur stabilité. Des potentiomètres de réglage existent sur la carte d'alimentation, en particulier pour les tensions  $V_a$  et  $V_s$ .



Figure 10-6. Étiquette informative des tensions requises pour une dalle plasma

D'une manière générale, en considérant que les tensions d'alimentation sont présentes et correctes, on distinguera les défauts en se basant sur le nombre et la position des films de connexion des cartes d'affichage à la dalle pour déterminer les zones d'influence respectives de chaque carte. Bien que la valeur de  $V_e$  soit indiquée à zéro, la documentation est précise à ce sujet, indiquant une tension de 100 V par rapport à la masse pour ce téléviseur. La raison est sans doute que  $V_e$  est une tension de référence pour les cartes Y-scan, Y-buffers et Z-sustain égale à 100 V environ et peu critique pour le fonctionnement de la dalle plasma. Mais ceci n'est qu'une supposition qui n'engage que moi !

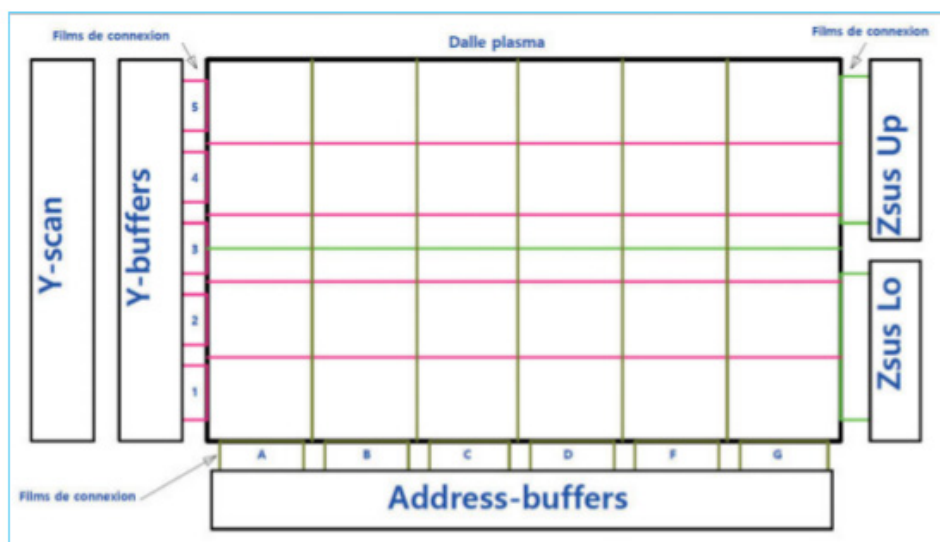


Figure 10-7. Localisation des zones d'un écran plasma

Ainsi, un défaut présent dans toute la bande horizontale 2 et uniquement dans cette bande, mettrait a priori en cause le circuit de la carte Y-buffers qui alimente cette partie de l'écran. On pourra bien entendu trouver des cas où le défaut provient en amont de ce circuit (carte Y-scan ou T-Con), mais il n'y a vraiment aucune raison pour que le défaut se situe dans la carte des X-address-buffers ou Z-sustain.

Les défauts suivants peuvent être répertoriés et mener à une recherche plus localisée :

- Image brouillée uniformément sur toute sa surface, image non reconnaissable – Dans ce cas, la recherche devra se faire en priorité vers les cartes SSB et Logic control mais les cartes X-address-buffers, Y-scan ou Z-sustain pourraient également être en cause.
- Image possédant un défaut sur toute sa surface, mais l'image est reconnaissable – Dans ce cas, la recherche devra se faire en priorité vers les cartes Z-sustain et Logic control mais les cartes X-address-buffers, Y-scan ou Y-buffers pourraient également être en cause.
- Image possédant un défaut localisé selon une ou plusieurs bandes horizontales étroites – Un tel défaut semble être dû à un ou plusieurs circuits tampons des cartes Y-buffers ou aux connexions entre la carte Y-buffers et les électrodes Y-scan de la dalle, celles-ci étant réalisées par des films regroupant 64 lignes voire davantage.
- Image possédant un défaut localisé dans la moitié horizontale basse ou haute de l'écran – Les connexions entre les électrodes de maintien (sustain) de la dalle et les circuits Z-sustain étant toutes reliées ensemble mais souvent divisées en deux parties (moitié supérieure et moitié inférieure de l'écran), c'est a priori dans ces circuits ou leurs connexions à la dalle que se trouvera la panne.
- Image possédant un défaut localisé selon une ou plusieurs bandes verticales – Les connexions entre les électrodes d'adressage de la dalle et les circuits des tampons d'adressage (X-address-buffers) étant réalisées par groupes de 64 pixels ou plus, c'est a priori dans ces circuits que se trouvera la panne. Les circuits montés sur les films de connexion peuvent également être à l'origine d'un tel défaut. Dans ce cas, aucune réparation n'est possible, la dalle est à changer.



La carte de contrôle logique (Logic control ou T-Con) délivrant les signaux à l'ensemble des circuits pilotant les électrodes de la dalle plasma, celle-ci pourra être dans tous les cas responsable d'une panne. Il est cependant rare qu'un défaut n'affectant qu'une partie de l'image soit dû à la carte de contrôle logique.

- Autres symptômes – Il est impossible de répertorier tous les symptômes que peuvent présenter des appareils en panne. Rappelons simplement que des pannes sont très souvent dues à des tensions incorrectes ou très bruitées. Il faut donc tout vérifier dans les cartes constituant l'appareil, ce qui s'avère fastidieux mais souvent bénéfique.

- Les pannes les plus fréquemment rencontrées sont dues à la défectuosité des condensateurs électrochimiques de filtrage des tensions d'alimentation. On constate souvent que certains de ces condensateurs sont « gonflés », ce qui est un signe certain de leur défectuosité, mais l'absence de défaut visuel ne signifie pas pour autant leur bon état. Il sera toujours utile de vérifier le filtrage correct des lignes d'alimentation. Une ligne d'alimentation bruitée sera souvent le signe de la présence d'un ou plusieurs condensateurs électrochimiques défectueux, notamment au niveau de leur résistance parasite ESR.



Figure 10-8. Condensateurs électrochimiques : les deux à droite sont anormalement gonflés



## Vérification et réparation des circuits spécifiques

Il existe de nombreux circuits identiques dans les téléviseurs LCD/LED et plasma. Aussi, je renvoie le lecteur au chapitre précédent pour y retrouver les informations concernant les circuits communs (alimentations, cartes SSB). Nous nous limiterons donc dans cette section à la revue des circuits spécifiques aux téléviseurs plasma. Ces derniers sont :

- logique de contrôle (appelée également T-Con) ;
- tampons d'adressage (« X-address-buffers ») ;
- Y-scan ;
- Y-buffers ;
- Z-sustain.

Les alimentations restent identiques dans leurs principes à celles utilisées dans les téléviseurs LCD/LED. Toutefois, notez que les tensions spécifiques au fonctionnement de la dalle plasma sont réglables. Par ailleurs, les téléviseurs plasma consommant davantage d'énergie que les téléviseurs LCD/LED, le respect des normes en vigueur exige de munir les alimentations de circuits de correction du facteur de puissance (PFC) plus performants que ceux qu'on trouve dans les alimentations des téléviseurs LCD/LED.

Ces derniers ont encore, parfois, des systèmes de correction dits « passifs », relativement peu performants, alors que les téléviseurs plasma, plus énergivores, exigent des circuits de correction dits « actifs ». Ces différents circuits sont décrits dans le chapitre 11 relatif aux alimentations à découpage.

Chaque dalle plasma possède son propre jeu de tensions pour fonctionner correctement. Ces tensions sont réglables soit sur la carte alimentation, soit sur les cartes Y-scan ou Z-sustain.

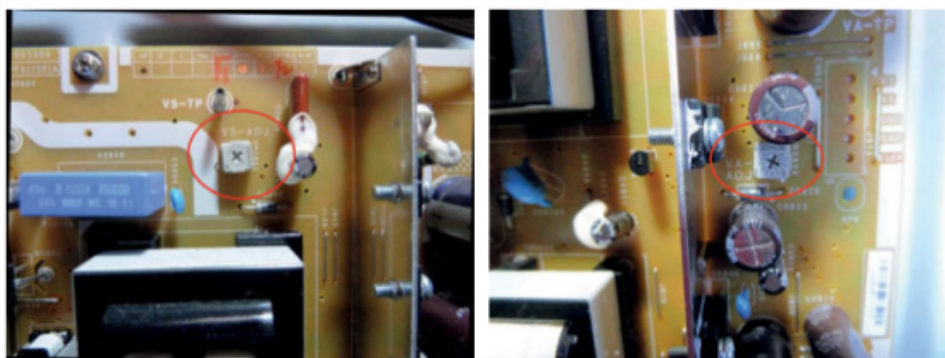


Figure 10-9. Réglages de  $V_x$  et  $V_y$  sur carte d'alimentation

D'une manière générale, il faut savoir que les cartes qui pilotent l'affichage d'une dalle plasma font partie des éléments intégrés à la dalle et, à ce titre, sont rarement documentées. Leurs schémas sont quasiment inexistantes et leurs composants souvent difficiles voire impossibles à trouver pour certains. Cela rend le dépannage au niveau composant difficile, il sera souvent nécessaire de trouver

des cartes complètes pour dépanner un écran plasma. Heureusement, ces cartes sont vendues séparément des écrans.

### Signaux de test

Certains téléviseurs proposent des signaux de test de type mire TV très utiles dans le menu Service. Ces procédures et la façon d'y accéder sont documentées dans les manuels de service/maintenance. En l'absence d'une telle documentation, référez-vous au manuel d'un autre téléviseur de la même marque produit à la même période : vous y trouverez des procédures identiques ou voisines.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE DE CONTRÔLE LOGIQUE (T-CON)

Tout comme pour les cartes T-Con des téléviseurs LCD, rarement documentées, ces cartes ne le sont pas davantage et, lorsqu'elles présentent un défaut, elles seront très difficiles à réparer. On se contentera souvent de vérifier les alimentations distribuées par ces cartes et la présence des signaux de sortie vers les cartes Y-scan, Z-sustain et les X-address-buffers. Il sera aussi malaisé de diagnostiquer avec certitude que la défaillance rencontrée sur un téléviseur plasma provient bien ou non de sa carte T-Con. C'est souvent en la remplaçant qu'on pourra être sûr de son état.

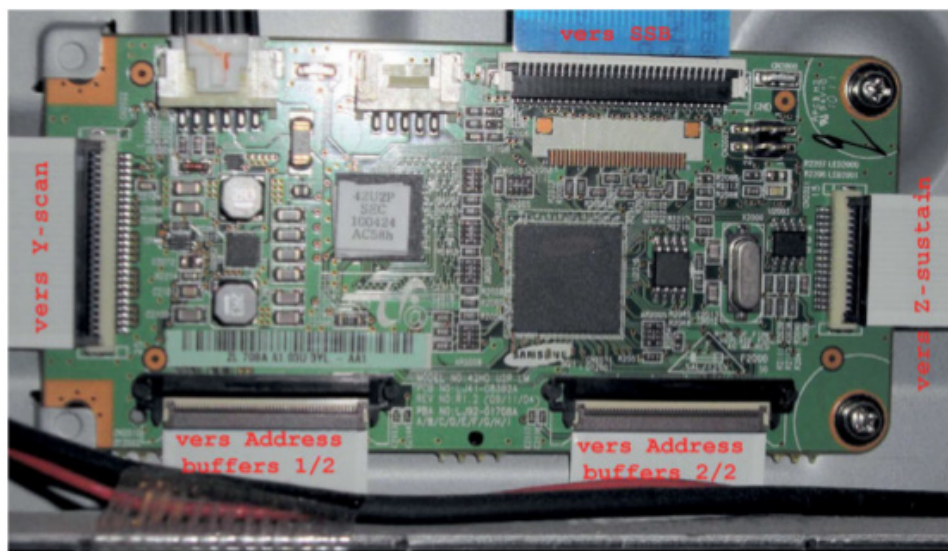


Figure 10-10. Carte de contrôle logique (T-Con) de téléviseur plasma

À la différence des cartes T-Con pour téléviseurs LCD, une carte T-Con de téléviseur plasma comporte un plus grand nombre de connexions vers les cartes de pilotage de la dalle écran. Ci-après, une vue de l'architecture générale d'une carte T-Con pour écran plasma.

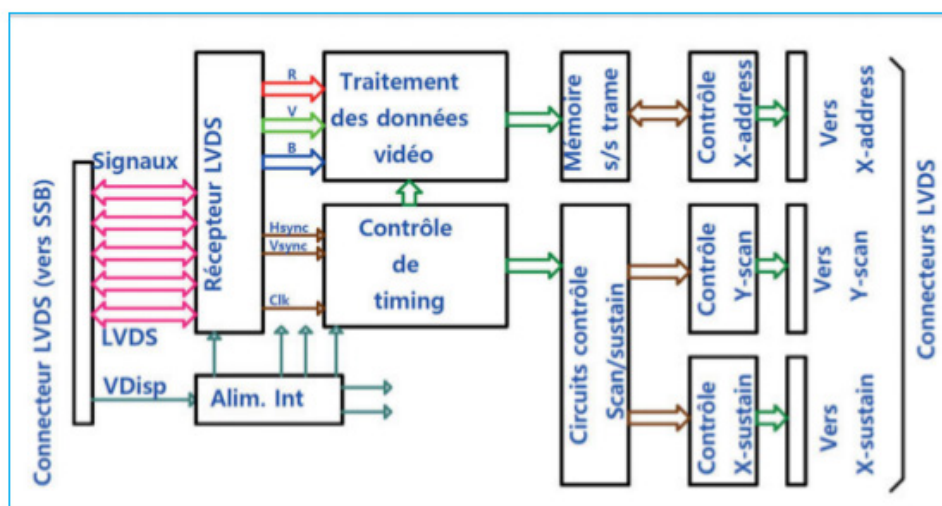


Figure 10-11. Synoptique d'une carte de contrôle logique de dalle plasma

En raison de l'absence de documentation et de l'utilisation de composants très spécifiques difficiles à remplacer, le dépannage au niveau composant reste des plus difficiles, mis à part la recherche de court-circuit ou d'alimentations internes défaillantes. En cas de panne, le plus simple sera de se procurer une carte d'occasion relativement facile à trouver sur Internet. Certaines cartes intègrent des procédures permettant de tester la carte T-Con de façon autonome en déconnectant la carte SSB. Ces procédures, délivrant des mires de test, sont documentées dans les manuels de maintenance et permettent de diagnostiquer plus finement les causes des défauts d'affichage, lorsqu'il y a présence d'image bien entendu.

De même, certains téléviseurs intègrent des mires de test dans leur menu service qui est documenté dans le manuel de maintenance de l'appareil.

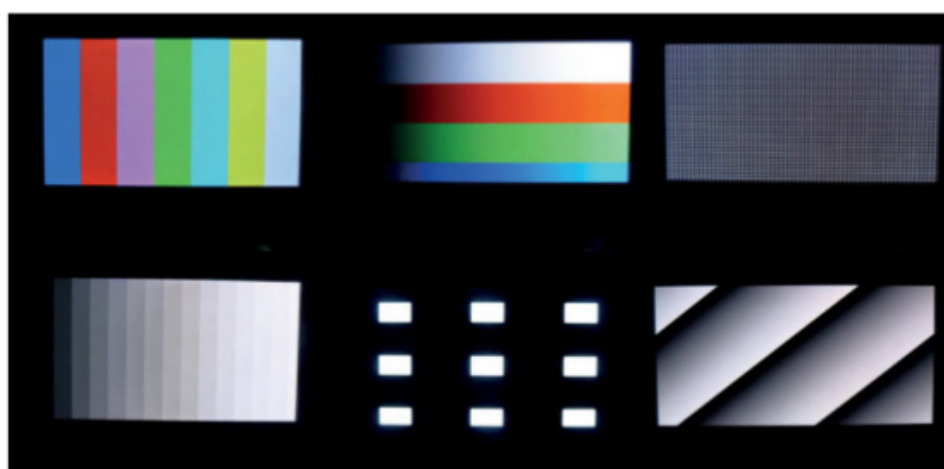


Figure 10-12. Exemple de six mires générées dans le menu service d'un téléviseur plasma



### À savoir

Il existe parfois des points des tests mettant à disposition du dépanneur des signaux qu'on peut utiliser pour synchroniser un oscilloscope lors de l'observation des signaux d'affichage.

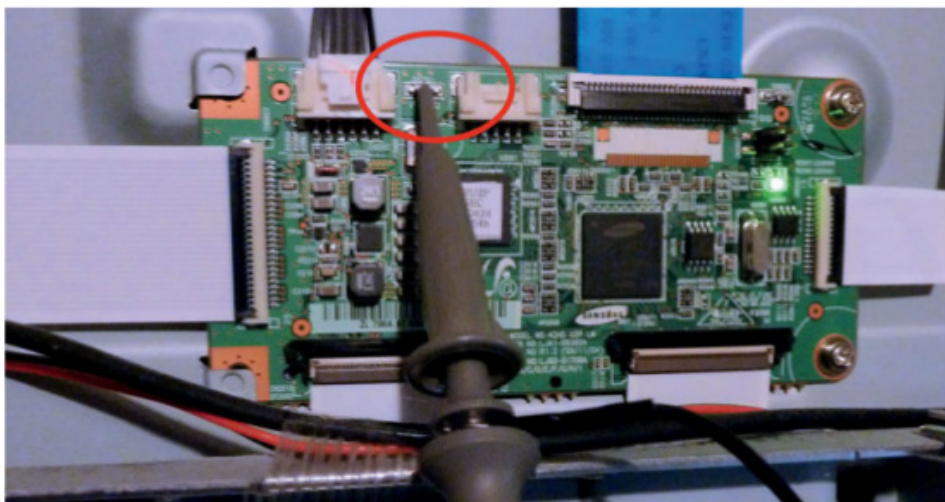


Figure 10-13. Point de test sur carte T-Con (synchronisation trame)

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE BUFFERS D'ADRESSAGE X

Souvenez-vous que l'adressage X se fait par le biais des cartes d'adressage X (X-address-buffers) qui envoient leurs signaux vers les films de connexion à la dalle (généralement situés en dessous de la dalle). Ces films comportent des circuits démultiplexeurs de type COF (situés sur le film de connexion). Ces derniers ne sont pas remplaçables, dans ce cas la dalle plasma est à changer.

Il se peut aussi qu'un défaut d'adressage X provienne d'une mauvaise soudure des nappes de connexion sur la dalle. On pourra alors tenter une réparation par appui mécanique des films sur la dalle comme expliqué plus loin, et comme cela a déjà été détaillé dans le chapitre 9 consacré aux téléviseurs LCD/LED.

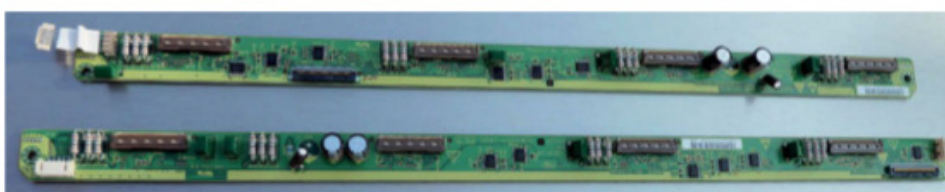


Figure 5-14. Carte X-address-buffers pour chaque moitié d'écran

Les défauts sont généralement assez rares dans les circuits d'adressage X en raison des tensions modérées et des faibles courants injectés aux électrodes X-address. Ces cartes sont constituées de « transceivers » de type TTL fonctionnant sous une tension d'alimentation de 5 V comme le 74HCT244 ou le 74HCT245 qui sont des circuits très robustes. Un grave défaut des autres platines de contrôle (Y-scan ou X-main) peut aussi parfois entraîner la défaillance de la carte T-Con ou sa destruction. En effet, cette dernière pourrait alors propager des tensions élevées fatales aux buffers X-address, mais cela reste exceptionnel et, en ce cas, autant renoncer à tout dépannage étant donné l'étendue des circuits défaillants.

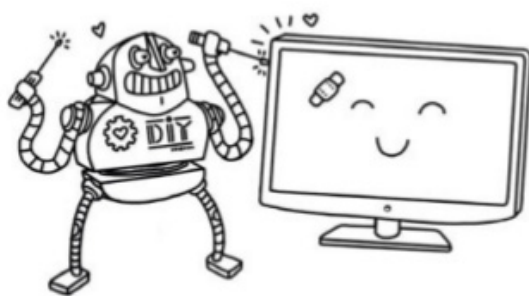
Si, en revanche, une bande verticale présente des défauts d'affichage, on recherchera par comparaison si la sortie des signaux vers la nappe de connexion correspondante est, a priori, conforme comparativement aux signaux aboutissant aux autres nappes pour lesquelles l'image est correcte. L'utilisation d'un signal de mire de type barres horizontales noires et blanches devrait générer des signaux identiques sur toutes les sorties vers la dalle. On pourra pour cela utiliser un ordinateur PC connecté au téléviseur et exécuter un logiciel de mire TV donnant une image sur toute la surface de l'affichage, comme *Genemire*.

Si les signaux sont absents ou très fortement différents, on incriminera le circuit correspondant (circuit registre) dont on vérifiera l'entrée. Si l'entrée semble conforme, le problème est a priori au niveau de ce circuit. Dans le cas contraire, c'est au niveau de la carte T-Con ou de la liaison qui en provient qu'il faudra rechercher le problème.

Pour valider le fonctionnement d'une carte X-address-buffers, on procédera aux vérifications visuelles habituelles (échauffements, soudures, etc.), puis on s'attachera à :

- vérifier la validité des tensions d'alimentation des circuits logiques et  $V_x$  la tension d'adressage ;
- vérifier les sorties des circuits « transceivers » pour la portion verticale de l'écran en défaut ;
- si les signaux sont présents, on contrôlera les contacts des films de connexion avec la dalle en les faisant bouger ;
- en l'absence de réaction, c'est la dalle qui est vraisemblablement défectueuse, sinon on tentera une réparation de la dalle (voir ci-après) ;
- si les signaux sont absents en sortie des « transceivers », on vérifiera les entrées ;
- si les entrées sont correctes, on vérifiera les signaux de commandes du « transceiver » et s'ils sont a priori corrects, on remplacera le circuit intégré.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE Y-SCAN



Les cartes Y-scan font partie des cartes fréquemment mises en cause lors des pannes d'affichage des écrans plasma : ce sont en effet des circuits fragiles car ils véhiculent des signaux rapides sous des tensions et des puissances élevées. Rappelons que chez certains constructeurs, ces cartes sont aussi appelées Y-main.

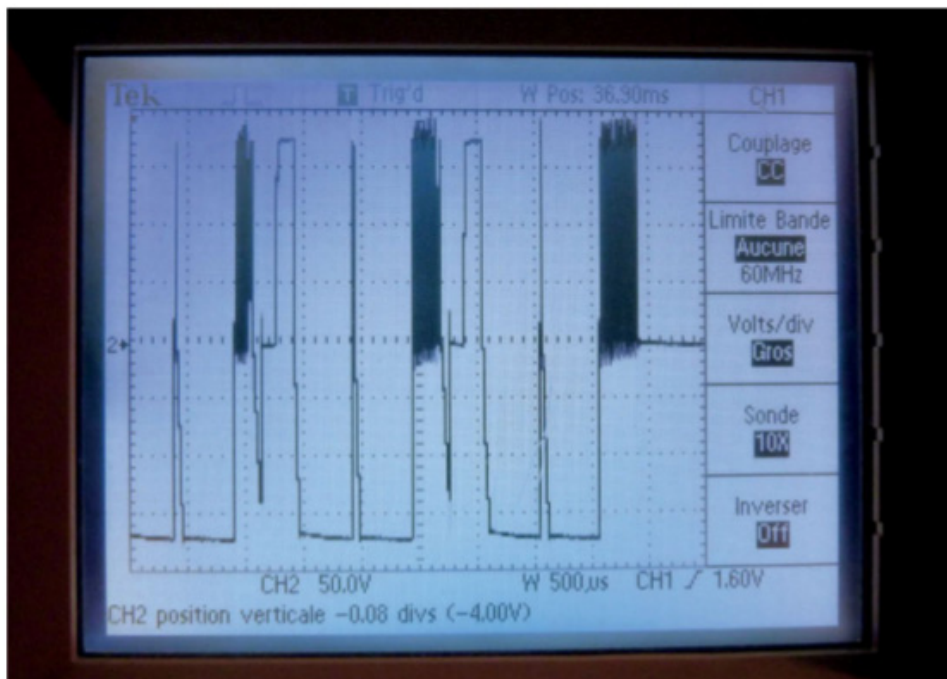


Figure 10-15. Vue des signaux du potentiel commun des cartes Y-buffers



Les cartes Y-scan utilisent des tensions élevées qui sont dangereuses pour l'homme. Leurs connexions aux cartes Y-buffers ne font en général pas référence à la masse de la carte Y-scan, mais à une tension pulsée assez élevée appliquée au plan de masse des cartes Y-buffers. On dit souvent que les cartes Y-buffers ont une masse flottante.

### Rôle de la carte Y-scan

- Mettre en forme des signaux Y-scan assurant les trois fonctions {Effacement – Adressage – Maintien} en fonction d'une part du timing général de l'affichage et du contenu de chaque sous-pixel.
- Recevoir les signaux de synchronisation et d'information vidéo de la carte T-Con.
- Recevoir les tensions  $V_s$  et  $V_a$  de la carte alimentation dont elle dérive la tension  $V_{scan}$ .
- Recevoir également la tension d'alimentation des circuits logiques.
- Délivrer à la carte (ou les cartes) Y-buffers les signaux mis en forme pour chaque sous-pixel selon la séquence {Effacement – Adressage – Maintien} ainsi que les signaux de synchronisation qui lui sont nécessaires.
- Délivrer à la carte Z-sustain les signaux et tensions nécessaires à son fonctionnement ; en particulier, la tension  $V_e$  dérivée de la tension  $V_s$  est générée et envoyée à la carte Z-sustain.
- Délivrer la tension  $V_a$  aux cartes X-address-buffers.



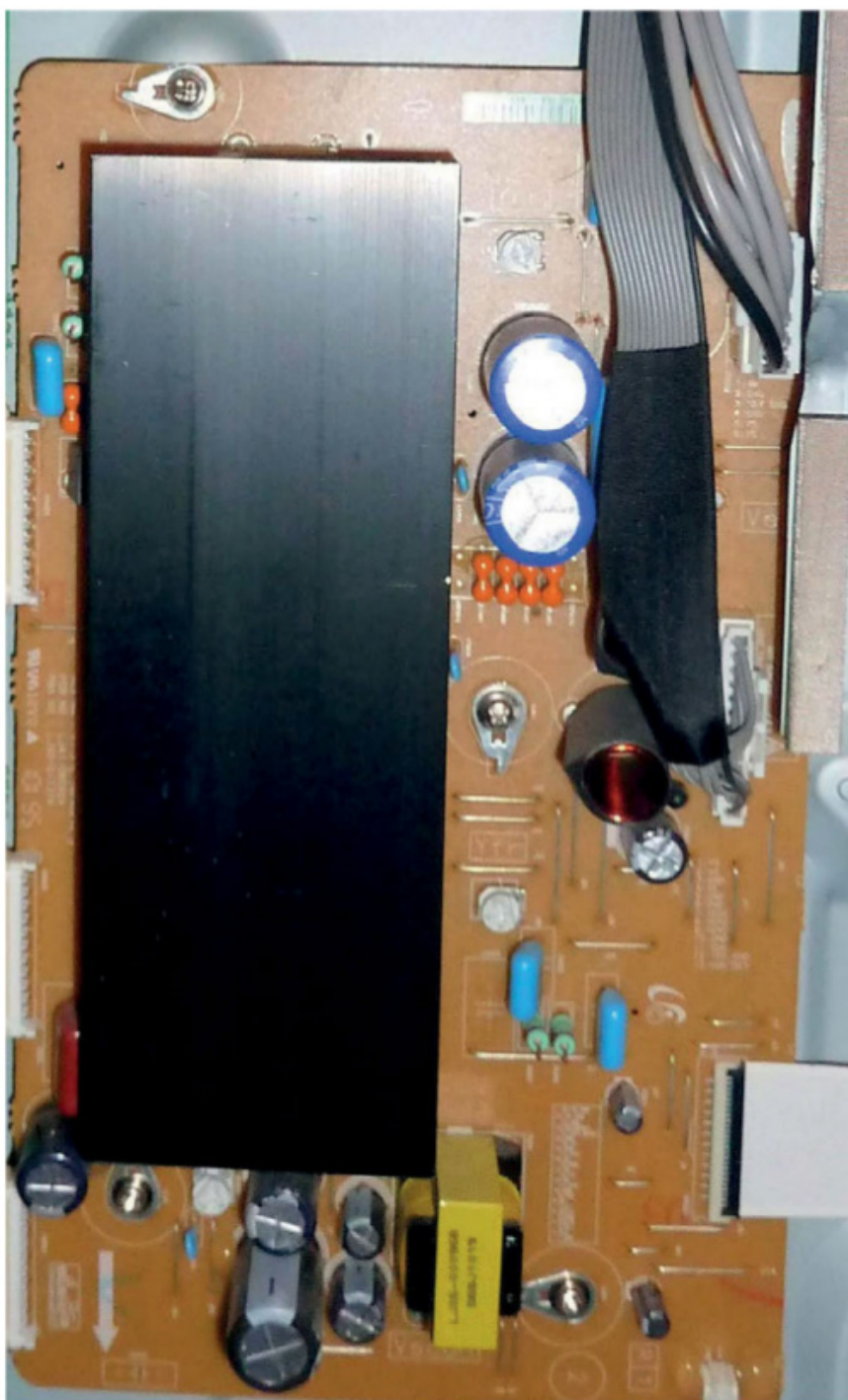


Figure 10-16. Carte Y-scan d'un téléviseur plasma

Le dissipateur noir sert de refroidisseur pour les transistors MOSFET ou IGBT utilisés pour la génération des signaux Y-scan. Pour contrôler le fonctionnement d'une carte Y-scan, on procédera ainsi :

- vérification visuelle habituelle (échauffements, soudures, etc.) ;
- vérification des tensions délivrées par la carte alimentation : il va sans dire qu'avant tout, la validité des tensions délivrées par la carte alimentation devra être vérifiée. Si le téléviseur ne se met pas en fonctionnement suite à une mise en sécurité (voyant clignotant), on pourra contrôler en débranchant le connecteur d'alimentation de la carte Y-scan si celle-ci est à l'origine de la mise en sécurité de l'alimentation, le son devrait alors être présent ;
- en cas de remise en fonction du téléviseur, la carte Y-scan étant déconnectée, on contrôlera l'état des transistors MOSFET ou IGBT présents sur le radiateur (commutation de puissance) et qui peuvent avoir été détruits, présentant alors un court-circuit SOURCE-DRAIN ;
- vérification des tensions délivrées par la carte Y-scan ( $V_{scan}$  et  $V_a$  en général) ;
- vérification de la présence des signaux à l'oscilloscope (on vérifiera surtout la présence de signaux plutôt que leur forme précise en raison des difficultés de synchronisation d'un oscilloscope) ;
- si l'image présente un défaut d'effacement, on pourra essayer de modifier les réglages des durées des fronts montants et descendants des signaux Y-scan d'effacement selon la description suivante.

### Réglages de la carte Y-scan

Plusieurs potentiomètres de réglage permettent d'ajuster la forme et la durée des impulsions Y-scan de la phase d'effacement ainsi que la tension  $V_{scan}$ .



Figure 10-17. Réglage  $V_{scan}$  et son point de test (carte Y-scan)

La forme des impulsions  $V_{scan}$  est ajustable par deux potentiomètres identifiés Yfr (falling ramp) et Yrr (rising ramp).

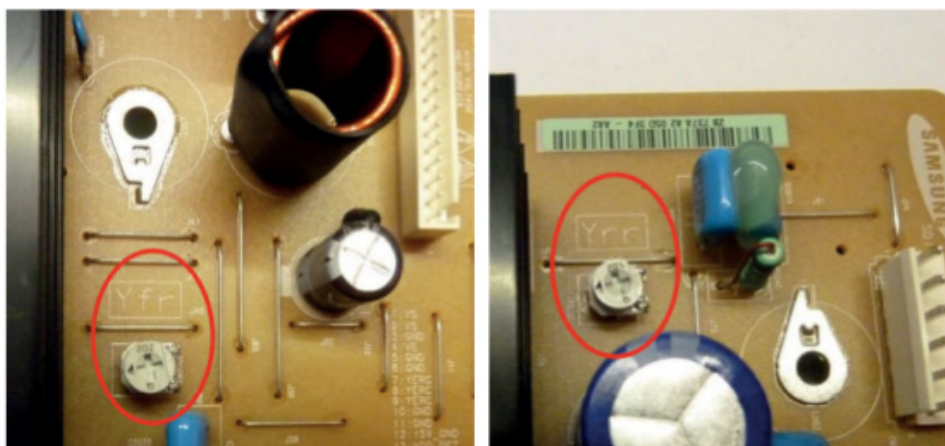


Figure 10-18. Réglage de la forme des signaux d'effacement Y-scan

Yrr ajuste le front montant des impulsions tandis qu'Yfr ajuste le front descendant.

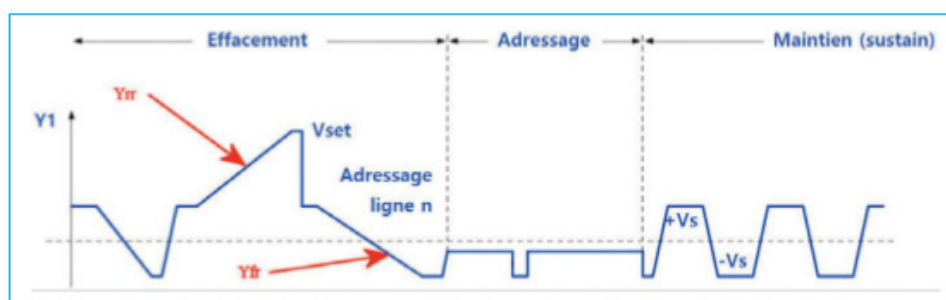


Figure 10-19. Ajustements Yfr et Yrr

Pour remédier à un défaut d'effacement des pixels (présence de points colorés rémanents), on pourra tenter de faire varier les réglages de ces deux potentiomètres. Attention, il faut au préalable noter leurs positions initiales afin de pouvoir revenir à la situation précédente en cas d'échec de la tentative !

### Circuits de récupération d'énergie

L'ensemble des électrodes d'une dalle plasma se comporte comme un condensateur (plusieurs nanofarads) qu'il faut sans cesse charger et décharger à une fréquence assez élevée. Ceci demande une puissance non négligeable aux circuits de pilotage des électrodes afin de fournir l'énergie à stocker dans ce condensateur puis de l'annuler. Il en résulte une consommation importante et un échauffement (donc une fragilisation accrue) des circuits.



Pour pallier cet inconvénient des dalles plasma, des circuits de récupération d'énergie, destinés à réduire la consommation et l'échauffement des circuits, sont implantés dans les cartes Y-scan et Z-sustain. Leur principe se fonde sur l'association inductance-condensateur afin de transférer alternativement l'énergie de l'un à l'autre selon la séquence des signaux de fonctionnement. Ces circuits n'ont rien de complexe et ne sont pas l'objet de pannes, mais il faut les connaître pour bien comprendre les déformations qu'ils induisent aux signaux relevés à l'oscilloscope. Dans leur forme la plus simple, une inductance est placée en série dans les circuits générant les impulsions fournies aux électrodes de la dalle plasma.

### Observation des signaux

Il est assez difficile d'observer précisément, à l'oscilloscope, les signaux délivrés par la carte Y-scan en raison de leur complexité et des tensions mises en jeu. Reportez-vous à la section « Vérification et dépannage d'une carte Z-sustain », pour la technique et les instruments à utiliser, ainsi que pour prendre connaissance des oscillogrammes relevés. Dans le cas de l'absence de signaux délivrés par la carte Y-scan, la recherche de la panne concernera les circuits de génération des impulsions, dont on vérifiera avant tout les transistors MOSFET et/ou IGBT de sortie, puis leurs entrées (gate), et enfin les circuits de génération des impulsions plus complexes, dont on ne trouve que rarement les schémas.

Ces cartes faisant partie intégrale des dalles plasma, elles sont très peu documentées. L'absence de schémas et de données concernant les circuits utilisés vous obligera donc à procéder par tâtonnements. Les pannes affectent en général les circuits de puissance qui sont assez rapides à localiser, diagnostiquer et réparer avec un peu de patience. La complexité des autres circuits de cette carte nécessitera en revanche un travail très approfondi (à moins qu'on ne préfère remplacer la carte qu'on trouvera pour un prix abordable en occasion ou neuve).



Attention aux effets « domino » ! En présence d'une carte Y-scan défectueuse dont certains transistors IGBT ou MOSFET de puissance sont en court-circuit, vérifiez l'ensemble des composants avoisinants (résistances, diodes, autres transistors et bien entendu condensateurs) qui peuvent être à l'origine de la destruction des transistors de puissance, ou avoir été détruits à leur tour en raison de la défaillance des transistors de puissance. Si un seul composant défectueux demeure inchangé, la prochaine mise sous tension provoquera inévitablement la destruction de l'ensemble des composants que vous venez de remplacer !

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE Y-BUFFERS

Se situant entre la carte Y-scan et la dalle écran, la ou les cartes Y-buffers délivrent les signaux des électrodes Y-scan à la dalle plasma.

Les cartes Y-buffers utilisent des tensions élevées dangereuses pour l'homme. De plus, elles ne sont pas reliées à la masse de l'appareil mais à une tension pulsée élevée délivrée par la carte Y-scan (masse flottante).



Les cartes Y-scan délivrant à la carte Y-buffers des signaux référencés par rapport à une tension pulsée assez élevée, ne reliez jamais la connexion de masse d'un oscilloscope à la broche commune d'une carte Y-buffers (pseudo-masse).

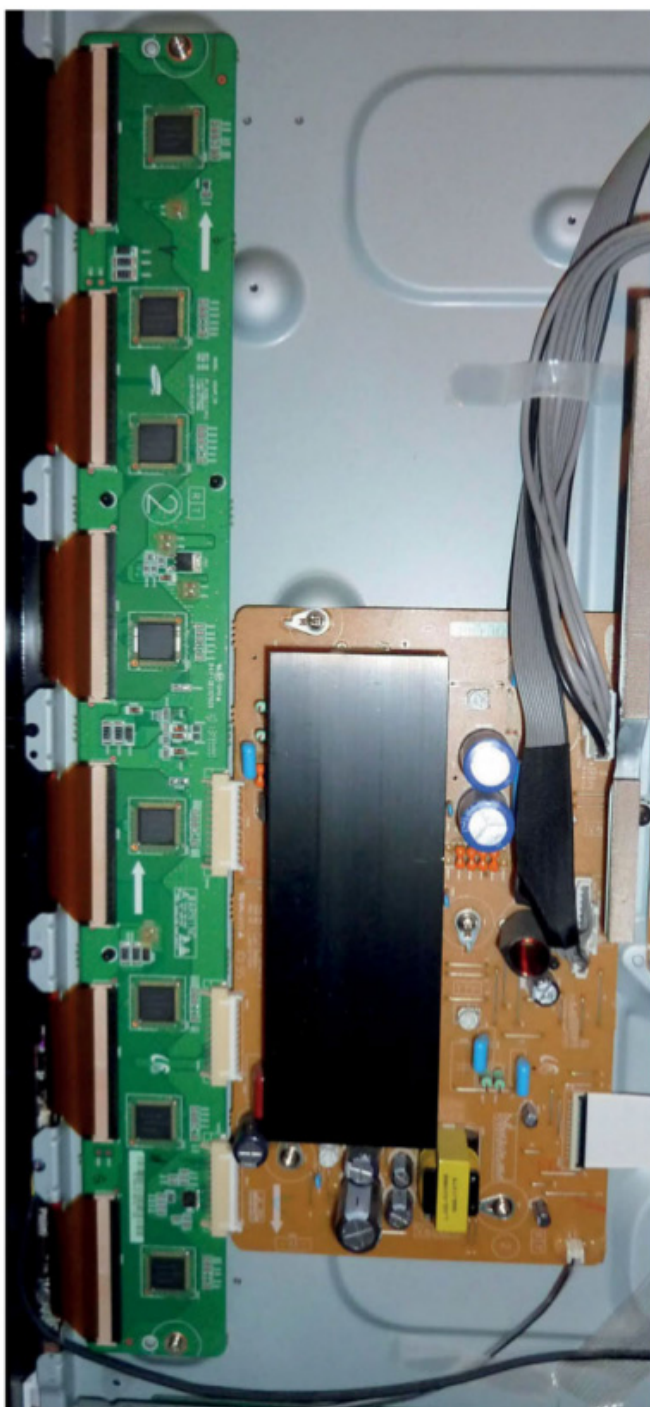


Figure 10-20. Carte Y-scan et Y-buffers (en vert) d'un téléviseur plasma



Issus de la carte Y-scan, ces signaux sont distribués à la dalle au travers de circuits intégrés tampons regroupant 64 ou 96 lignes de pixels, voire davantage. Chaque circuit intégré aboutit à un connecteur recevant un film de connexion souple soudé sur la dalle. Ces circuits sont reliés en cascade ; leur principe est basé sur un registre à décalage. Pour comprendre le fonctionnement des circuits d'une carte Y-buffers, consultez la fiche technique du circuit STV7697B qui permet de piloter 64 lignes avec une tension de 170 V et un courant de 800 mA.

La carte illustrée par la figure 10-20 fait partie d'un téléviseur plasma de définition 1 024 × 768 pixels. Une seule carte est utilisée et on distingue 8 circuits intégrés et 6 connecteurs allant vers la dalle. Chaque circuit intégré distribue donc les signaux vers 96 lignes (768/8) de la dalle plasma alors que chaque connecteur distribue 128 lignes.

Les circuits intégrés de cette carte portent la référence R2A20292BFT. Ils comportent 128 pattes à souder. Au nombre de huit, ils sont soudés sur la carte Y-buffers puis protégés par une colle souple rappelant les joints en silicone. Cela permet de renforcer l'isolement entre les pattes de soudures du circuit, très rapprochées, mais aussi d'éviter l'accumulation de poussières et d'humidité qui, sous les tensions utilisées, augmenteraient le risque de création d'arc et de carbonisation.

Leur dessoudage puis leur ressoudage étant problématiques, ces circuits sont très difficiles à remplacer. Après avoir retiré avec précaution le maximum de colle silicone, puis utilisé un produit de plomberie permettant de retirer chimiquement les joints silicone et après nettoyage méticuleux à l'alcool isopropylique, le circuit peut enfin être dessoudé sans problème avec un pistolet à air chaud. Le produit utilisé pour enlever le surplus de silicone n'a aucun effet sur le circuit imprimé.

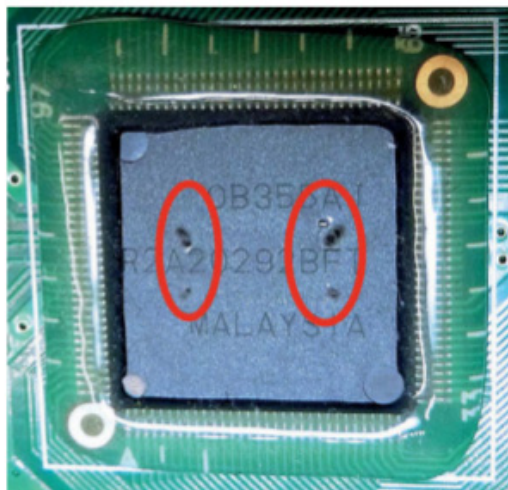


Figure 10-21. Détail d'un circuit R2A20292BFT (défectueux) soudé et protégé par colle souple

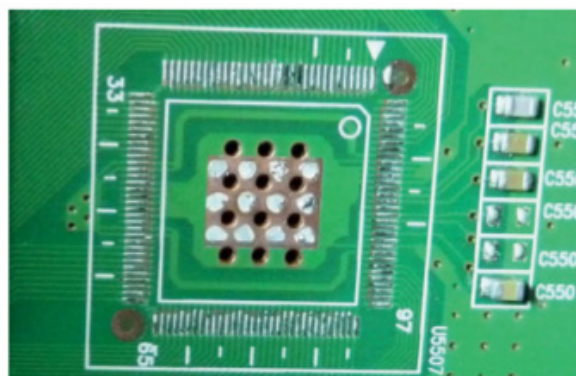


Figure 10-22. Carte Y-buffers après dessoudage du circuit R2A20292BFT



Vous pouvez constater, en regard de la taille des condensateurs CMS voisins, l'espacement des points de soudure de ce type de composant.

Notez que ces circuits sont souvent munis d'un refroidisseur situé sous leur boîtier et qui doit être soudé sur le circuit imprimé – ce qui n'est pas évident sans une station de soudage à air chaud. De plus, ils sont rarement vendus au détail et leurs fiches techniques sont introuvables.

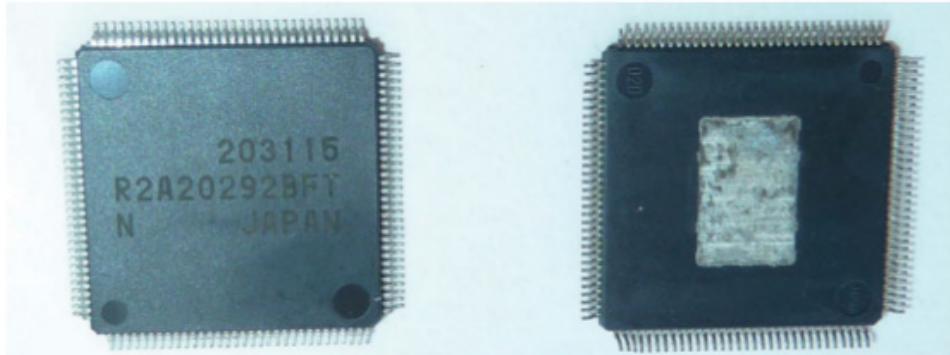


Figure 10-23. Circuit R2A20292BFT avec sa surface de refroidissement sous le boîtier

Par chance, le circuit mis en cause sur cette carte était le dernier de la chaîne de registres à décalage constitué par les huit composants. Il a donc pu être retiré et le téléviseur remis provisoirement en fonction. Il lui manquait bien entendu 96 lignes d'affichage en bas de l'écran.



Figure 10-24. Remise en fonction du téléviseur : une bande noire apparaît en bas de l'écran.



Afin de vérifier le bon état du reste de l'appareil, il est intéressant de remettre en fonctionnement le téléviseur démuní du ou des circuits Y-buffers. Si le composant avait été situé au milieu ou au début de la chaîne, il aurait fallu faire la liaison entre la sortie « data » du circuit précédant celui qu'on a retiré et l'entrée du suivant. Avec un peu de patience, ces circuits étant majoritairement constitués de sorties reliées aux connecteurs des films reliés à la dalle, même sans connaître le brochage, on trouvera rapidement les autres entrées-sorties dont celles servant au chaînage – toutes les autres connexions étant communes et reliées en parallèle sur chaque composant (clock, reset, etc.).

## Recherche des composants défectueux

La réparation d'une carte Y-buffers est souvent impossible, les composants utilisés pour le démultiplexage étant difficiles à trouver et leur remplacement délicat. Vous devrez donc souvent vous résigner à changer la carte. Si néanmoins la réparation est abordée, la qualité des soudures des composants et l'isolement parfait entre les broches de connexion (sans aspérités pour éviter les effets de pointe) devront être vérifiés, puis l'opération devra s'achever par le renfort de l'isolement avec de la colle silicone.

Certains autres composants CMS de ces cartes possèdent également un renfort d'isolement par une colle souple qu'il faudra reconstituer en cas de remplacement. Voici les étapes à suivre pour vérifier le fonctionnement d'une carte Y-buffers.

- 1 On procède à un examen visuel approfondi, à la recherche de traces, de défauts.
- 2 On recherche les éventuels problèmes de court-circuit au niveau des tensions d'alimentation (haute et basse tension) et on contrôle la validité des éventuels fusibles.
- 3 On vérifie la présence et la validité des signaux attendus de la carte Y-scan.
- 4 On vérifie que les circuits sont identiques entre eux (par comparaison) :
  - si on dispose des caractéristiques des circuits, on contrôle d'une part que les lignes d'alimentation (haute tension pour les électrodes et basse tension pour la logique) ne sont pas en court-circuit. Puis on compare l'isolation des broches de sortie aboutissant aux connecteurs ;
  - si on ne dispose pas des caractéristiques, on contrôle l'isolation des broches de sortie des connecteurs par rapport à la masse afin de trouver un éventuel intrus ;
  - on devra également vérifier la parfaite isolation entre les broches de sortie et les broches d'entrée des composants de démultiplexage.
- 5 On observe ensuite, à l'aide d'un oscilloscope, si les signaux d'entrée parvenant à chaque circuit de la carte sont présents et de forme a priori correcte. On fera de même sur les sorties de ces circuits afin d'isoler ceux dont le comportement n'est pas conforme.
- 6 Enfin, si on ne dispose pas du brochage des circuits, on peut vérifier les sorties des connecteurs allant aux nappes de connexion de la dalle.

## Observation des signaux

Les figures suivantes montrent les oscillogrammes relevés sur une des lignes Y-scan où l'on distingue fort bien plusieurs sous-trames dont la durée de maintien augmente. La durée de l'effacement est de l'ordre de 500  $\mu$ s, celle d'adressage de 1 ms, le maintien étant de durée variable. Ces données ont été relevées sur un téléviseur possédant 8 sous-trames, l'ensemble des sous-trames dure 20 ms (balayage entrelacé).

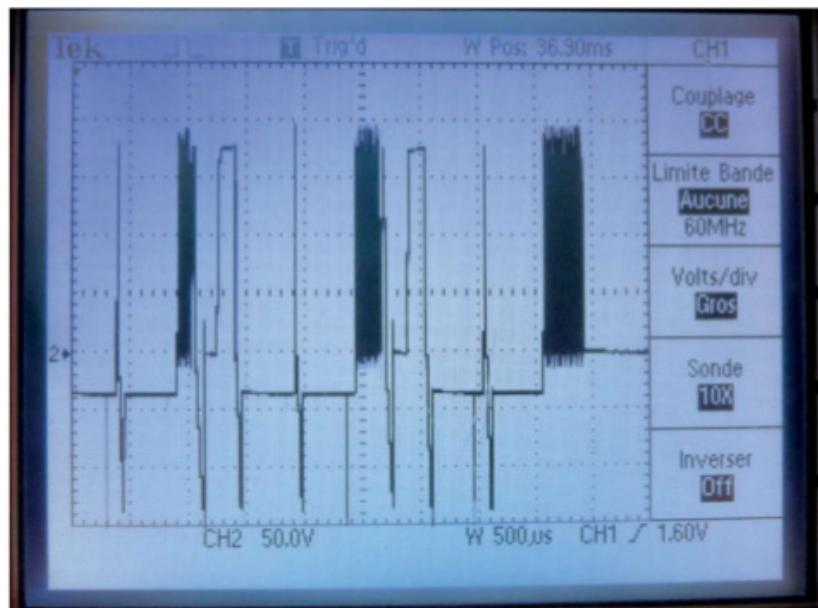


Figure 10-25. Vue des signaux générés à une électrode Y-scan par la carte Y-buffers

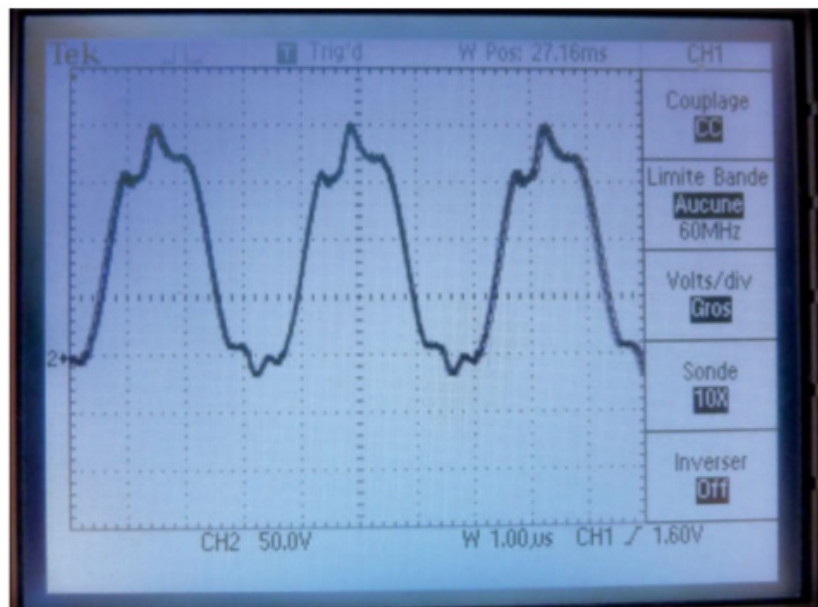


Figure 10-26. Détail des signaux de maintien au niveau d'une électrode Y-scan

Notez que les signaux de maintien des électrodes Z-sustain et Y-scan sont exactement identiques mais en opposition de phase. Le petit chiffre 2 affiché à gauche de l'écran indique la position du potentiel de référence des signaux observés (la masse du téléviseur).



Étant donné le grand nombre de connexions présentes sur ces cartes et leurs connecteurs, ainsi que des fortes tensions et puissances mises en jeu, soyez particulièrement attentif à ne pas provoquer de court-circuit entre les différents points vérifiés avec les sondes utilisées, au risque de provoquer la destruction de circuits encore valides.

Le manque de documentation sur ces cartes et leurs circuits conduit souvent à procéder par tâtonnements : ce n'est pas très professionnel certes, mais avec un peu de patience, ces cartes ayant une constitution simple, vous arriverez d'une part à comprendre leur fonctionnement et, d'autre part, à isoler le ou les composants défectueux.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE CARTE Z-SUSTAIN



Les cartes Z-sustain utilisent des tensions élevées dangereuses pour l'homme. Elles génèrent des signaux sous de fortes puissances.

### Rôle de la carte Z-sustain

- Envoyer les impulsions nécessaires au fonctionnement de la dalle plasma à toutes les électrodes Z-sustain de la dalle reliées en parallèle. En effet, l'adressage individuel des pixels se fait par les cartes X-buffers et Y-scan, la troisième électrode Z-sustain n'a donc pas à être concernée par l'adressage des éléments à allumer. En cela, la carte est donc plus simple que la carte Y-sustain – son rôle consistant à mettre en forme les signaux à envoyer à une seule sortie (quelquefois deux pour des raisons d'optimisation des connexions de puissance).
- Recevoir de la carte Y-scan les tensions  $V_e$  et  $V_s$  nécessaires à la mise en forme des signaux produits et la tension de fonctionnement des circuits logiques.
- Recevoir des signaux de la carte Y-scan et de la carte T-Con pour mettre en forme les signaux nécessaires aux trois phases {Effacement – Adressage – Maintien} qu'elle délivre à la dalle au travers d'un ou plusieurs connecteurs auxquels les films de connexion soudés à la dalle écran sont reliés.

Pour vérifier le fonctionnement d'une carte Z-sustain, on procédera ainsi :

- vérification visuelle habituelle (échauffements, soudures, etc.) ;
- vérification des tensions délivrées par la carte alimentation ( $V_s$  et tension de fonctionnement des circuits logiques) ;
- il va sans dire qu'avant tout, la validité des tensions délivrées par la carte alimentation devra être vérifiée. Si le téléviseur ne se met pas en fonctionnement suite à une mise en sécurité (voyant clignotant), on pourra contrôler en débranchant le connecteur d'alimentation de la carte Z-sustain si celle-ci est à l'origine de la mise en sécurité de l'alimentation ;
- en cas de remise en fonction du téléviseur, la carte Z-sustain étant déconnectée, on contrôlera l'état des transistors MOSFET ou IGBT présents sur le radiateur (commutation de puissance) ;
- vérification de la tension  $V_e$  délivrée à la carte Y-scan ;
- vérification de la présence des signaux à l'oscilloscope (contrôlez surtout la présence de signaux plutôt que leur forme précise en raison des difficultés de synchronisation d'un oscilloscope).

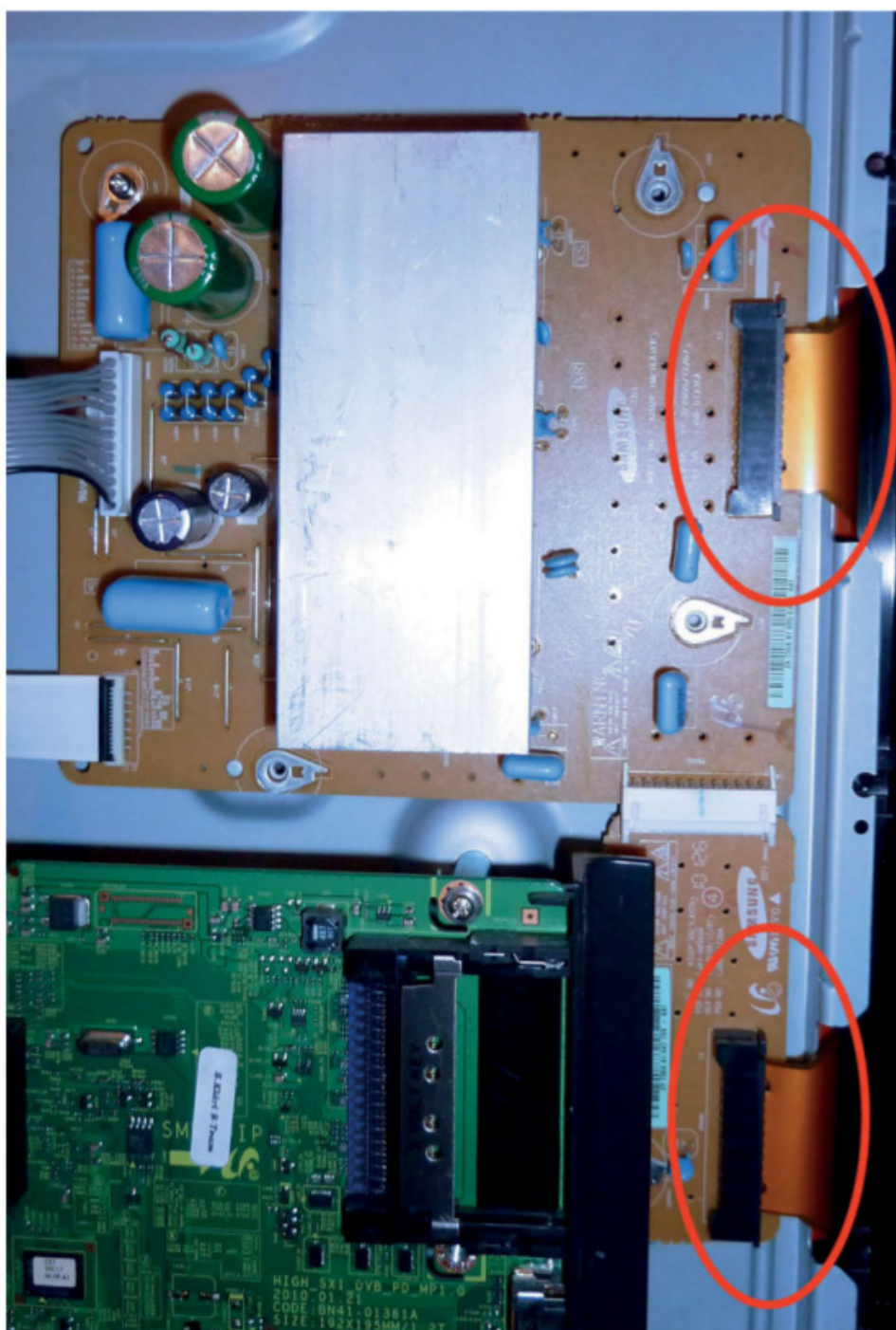


Figure 10-27. Cartes Z-sustain mère et fille reliant la dalle par deux connecteurs/films (en beige)

Il n'y a aucun réglage disponible sur la carte Z-sustain : elle n'a un rôle qu'au niveau de l'effacement et du maintien (luminosité de l'écran). Les anomalies résultant d'un défaut sur une carte Z-sustain seront soit une mise en sécurité de l'appareil (problème de surconsommation résultant en général d'un transistor en court-circuit), soit un défaut de luminosité sur tout l'écran (parfois sur une moitié lorsque les signaux sont distribués par deux nappes de connexion).

Pour remédier à un problème d'effacement des pixels (présence de points colorés rémanents), on pourra tenter de faire varier les réglages de ces deux potentiomètres de la carte Y-scan (voir la section « Vérification et réparation d'une carte Y-scan » page 329). Si cela ne règle pas le problème, la carte Z-sustain peut être suspectée.

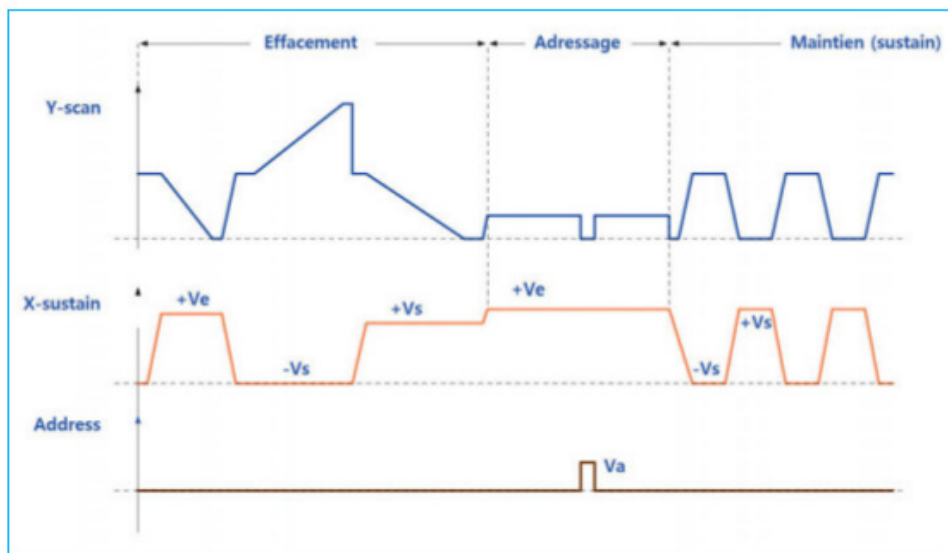


Figure 10-28. Rappel de la forme des signaux mis en œuvre (affichage d'un sous-pixel)

### Circuits de récupération d'énergie

Comme cela a été décrit au niveau des cartes Y-scan, les cartes Z-sustain peuvent incorporer des circuits de récupération d'énergie (« ERC ») utilisant des inductances. Si ces circuits sont incorporés, ils introduiront des déformations aux signaux théoriques de fonctionnement.

### Observation des signaux

Il n'est pas facile d'observer précisément, à l'oscilloscope, les signaux délivrés par la carte Z-sustain en raison de leur complexité et des tensions mises en jeu. Pour y parvenir, il faut disposer d'un oscilloscope à large bande passante permettant une synchronisation de type vidéo à partir de signaux prélevés par exemple sur la carte T-Con, et surtout d'une double base de temps autorisant de « naviguer » à l'intérieur d'une trame complète sur laquelle est synchronisée la base de temps principale. Bien entendu, il conviendra d'afficher une image fixe, si possible géométrique (mire) afin d'éviter l'instabilité des signaux observés.





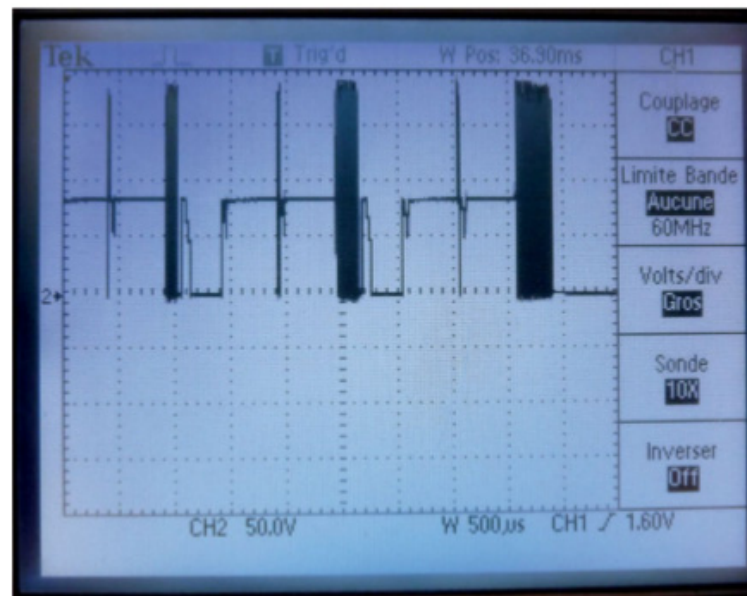


Figure 10-29. Sous-frames de signaux Z-sustain

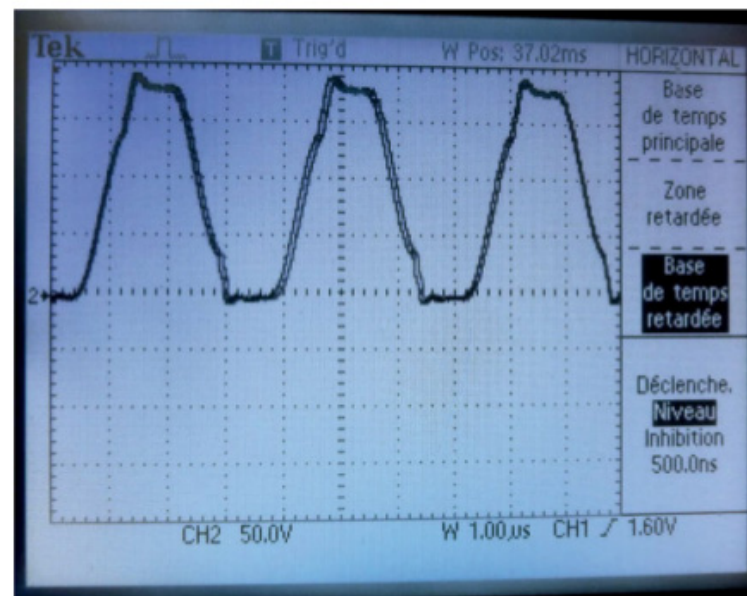


Figure 10-30. Détail des signaux de maintien Z-sustain

Les durées des impulsions dépendent étroitement des caractéristiques de la dalle et de la méthode de rafraîchissement de l'affichage, elles ne sont pas indiquées. On peut par exemple citer les temps

relevés sur un téléviseur plasma affichant  $1\,024 \times 768$  pixels à raison de 25 images par seconde affichées en 8 sous-trames :

- durée de la trame complète 40 ms ;
- composition totale d'une image : 8 effacements, 8 adressages de  $1\,024 \times 768$  pixels, 128 temps de maintien ;
- durées observées par sous-trame :
  - effacement 400  $\mu$ s ;
  - adressage 1 ms ;
  - maintien de durée variable avec impulsions d'une période de 3,5  $\mu$ s.

Notez que les signaux de maintien des électrodes Z-sustain et Y-scan sont exactement identiques mais en opposition de phase. Le petit chiffre 2 affiché à gauche de l'écran indique la position de la ligne de masse, référence des signaux observés.

Ces clichés donnent une idée de la rapidité des signaux mis en œuvre dans les circuits de pilotage, notamment en ce qui concerne les lignes d'adressage et la raison pour laquelle les liaisons entre la carte T-Con et les cartes X-address-buffers, Y-scan et Z-sustain sont faites selon la norme LVDS (liaison symétrique bifilaire de signaux complémentaires permettant la rapidité des signaux transmis).



Comme pour les cartes T-Con, Y-scan, et Y-buffers, le manque de schémas et de documentation sur leurs circuits conduira souvent à procéder par tâtonnements. Notez que les pannes affectent en général les circuits de puissance qu'il est assez rapide de localiser, diagnostiquer et réparer avec un peu de patience.

## VÉRIFICATION ET RÉPARATION D'UNE DALLE PLASMA

Une dalle plasma peut présenter des défauts irréparables ou des défauts « peut-être » réparables, parfois les deux. Un atelier de service après-vente déclarera toujours non réparable une dalle plasma présentant un défaut. Il en proposera alors le remplacement à un prix souvent supérieur à celui du téléviseur neuf. Agissant en professionnel, il aura raison en ce sens que la réparation, lorsqu'elle est envisageable, n'est pas certaine et surtout jamais garantie dans le temps. Pour une approche non commerciale, il sera tentant d'essayer de réparer, le seul risque étant de ne pas y parvenir et d'être revenu au constat de la nécessité de changer la dalle.

Voici une liste des défauts non réparables :

- dalles internes fêlées ou cassées ;
- défauts des circuits COF assurant le démultiplexage des signaux X-address ;
- écrans présentant des traces de marquage des images (utilisation prolongée d'images fixes).

Parmi les défauts qu'on peut tenter de réparer, on note :

- une fêlure des vitres de protection externes ;
- des défauts de contact des nappes de connexions à la dalle ;
- des marquages peu importants d'images sur la dalle.

### Fêlure ou cassure d'une vitre externe

Les écrans plasma possèdent une glace externe à la dalle, elle-même utilisée comme face avant protective mais aussi souvent comme filtre et antireflet. Si cette vitre vient à être endommagée, il n'est pas certain que la dalle plasma l'ait été. C'est le cas si le téléviseur continue à fonctionner normalement. Dans le cas contraire, la réparation ne pourra pas être envisagée.



Le changement de cette vitre est assez délicat et ne devrait être tenté que si le défaut est vraiment rédhibitoire pour une bonne vision des images. Personnellement je ne le recommande pas car il n'existe pas de vitre de remplacement, celle-ci devra donc être remplacée par une glace de même épaisseur mais en perdant les fonctions de filtrage. De plus, le démontage de l'écran pour extraire la face avant est très délicat et risque de provoquer la destruction de la dalle plasma.

### Défauts de contact des nappes de connexion

S'il apparaît une image présentant des traits ou bandes verticales perturbant l'affichage correct des images, on peut tenter de vérifier en remuant le film ou en exerçant une pression à l'endroit où le film est soudé sur la dalle si l'image revient normalement. S'il s'agit d'un défaut horizontal, on fera de même au niveau des films de connexion à droite (Z-sustain) ou à gauche (Y-scan) de l'écran vue de dos.

Si une amélioration ou une modification du défaut se produit, on peut alors tenter la réparation par pression sur les soudures film-dalle. Pour cela, reportez-vous à la section « Vérification et réparation d'une dalle écran LCD ou LED » au chapitre 9. Attention, la présence de la glace de la face avant ne facilitera pas cette opération.

### Effacement du marquage des images

Une dalle plasma est assez sensible au marquage lorsqu'une image ou une portion d'image fixe est affichée longuement. Bien que des circuits provoquent en permanence des déplacements minimes des images affichées sans que l'œil humain ne s'en rende compte, des défauts de ce type peuvent apparaître.

Pour corriger ce défaut, certains téléviseurs proposent des procédures dans leurs menus (menu normal ou de service). Le procédé consiste à alterner blanc puissant et noir profond au niveau de chaque pixel pendant une période de temps dépendant de la gravité du marquage.

Il existe également sur Internet de nombreux articles sur le sujet ainsi que des données vidéo de correction à graver sur DVD pour tenter d'y remédier.

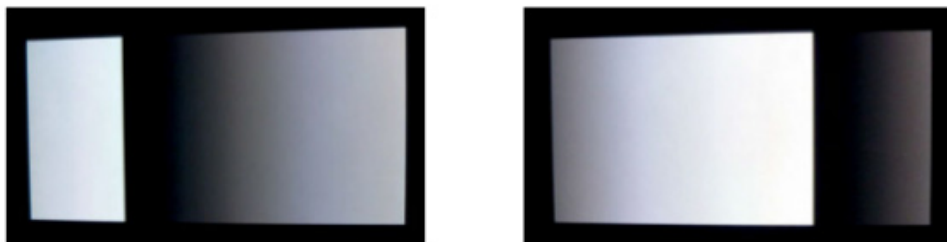


Figure 10-31. Images d'une animation d'élimination du marquage d'un écran plasma



La figure 10-31 représente deux photos du balayage de gauche à droite d'un écran plasma par un utilitaire de réduction du marquage. En réalité, il s'agit d'un balayage permanent de l'écran (environ en deux secondes par image) par ce motif dégradé du blanc vif au noir foncé. Vous pouvez également vous servir d'une technique simple qui consiste à afficher la « neige » lorsque le téléviseur est en mode analogique en l'absence de signal d'antenne et en poussant à fond le contraste et la luminosité. Le résultat n'est pas toujours à la hauteur des espoirs, mais cela peut parfois être bénéfique et efficace au bout de plusieurs heures et d'essais répétés si nécessaire.

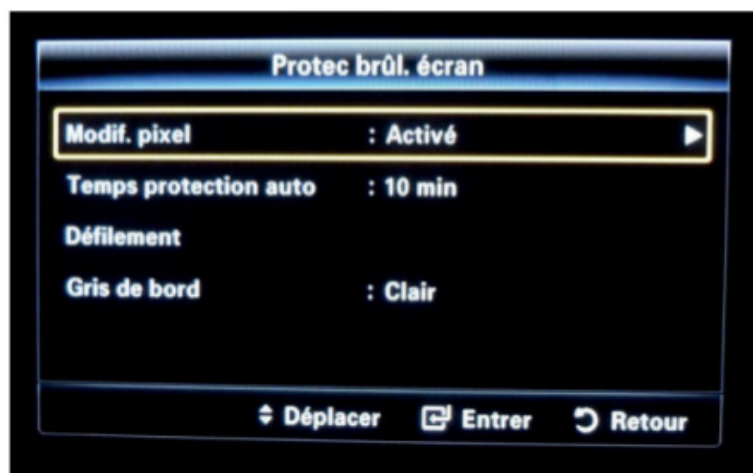


Figure 10-32. Option de protection de brûlure d'écran d'un téléviseur plasma



Pour éviter les phénomènes de marquage des écrans, ne poussez pas la luminosité des écrans à fond et, bien entendu, évitez l'affichage d'images fixes. Certains téléviseurs proposent des options de réglage consistant à déplacer légèrement les images en permanence afin d'éviter les phénomènes de marquage.

## RÉPARER LES CIRCUITS D'ALIMENTATION

Les circuits d'alimentation étant communs à la plupart des appareils électroniques actuels, un chapitre séparé leur est consacré.

Étant donné leur simplicité, les alimentations classiques mettant en œuvre un transformateur, des diodes de redressement et des filtres de sortie constitués d'inductances et de condensateurs électrolytiques, ne sont pas abordés dans ce chapitre qui va se consacrer uniquement aux alimentations à découpage plus modernes, plus répandues mais aussi plus complexes.

Ces circuits représentant des risques importants de défaillances, il était nécessaire de les traiter le plus complètement possible et de façon générale. Nous commencerons par en étudier l'architecture, puis nous passerons en revue la façon de les vérifier et, enfin, de les réparer. Mais au préalable, nous rappellerons les précautions élémentaires de sécurité qui leur sont associées.



Une partie des circuits d'une alimentation étant directement reliée au secteur 220 V, leur manipulation demande beaucoup de précautions afin d'éviter tout accident (pouvant être mortel).

Les alimentations à découpage sont souvent identifiées par les sigles PSU (*Power Switching Unit*) ou SMPS (*Switch Mode Power Supply*) tandis que les inverter, forme particulière des alimentations à découpage, sont appelés ainsi car ils délivrent des tensions modulées en largeur d'impulsion ou en fréquence.

### Précautions de base

Lors de la manipulation des circuits d'alimentation, les précautions suivantes sont à prendre dans la mesure du possible.

- Travailler dans un local pourvu d'un sol sec et isolant, des chaussures isolantes pouvant compléter la protection du dépanneur.
- Ne pas porter de bijoux (gourmettes, bagues) qui pourraient créer des contacts entre le corps et les circuits électriques en test.
- Des vêtements à manches longues limiteront les risques de contact inopiné des bras avec les circuits.
- Utiliser impérativement un transformateur d'isolement (voir le chapitre 2) afin de permettre aux circuits de l'alimentation (qui sont en contact avec le secteur) d'être « flottants » vis-à-vis du

neutre, donc de la terre. Cette précaution sera une protection pour l'utilisateur et permettra de relier la masse d'une sonde d'oscilloscope (lui-même en général relié à la terre) à la masse devenue ainsi « flottante » du circuit primaire d'une alimentation pour vérifier son fonctionnement.

- Pour éviter une destruction des composants par effet domino durant la réparation, prévoir une prise d'alimentation secteur avec une ampoule à incandescence en série (50 à 150 W ou plus si nécessaire). Cette lampe s'éclairera en cas de court-circuit ou de surcharge de l'alimentation, évitant les destructions de fusibles ou composants par surchauffe. Elle aura l'avantage de permettre le fonctionnement normal en mode veille d'un appareil.
- Si le circuit primaire de l'alimentation n'est pas en cause, isoler électriquement la partie « HOT » sous tension du secteur avec des feuilles de Mylar (plastique souple) maintenues par du ruban adhésif et éviter ainsi les contacts involontaires avec les doigts ou autres parties du corps.

## Caractéristiques principales d'une alimentation à découpage

Dans le domaine des ordinateurs, des écrans LCD ou plasma ainsi que pour la plupart des appareils électroniques modernes alimentés par le secteur électrique, à l'exception des amplificateurs hi-fi de puissance, on ne trouve que des alimentations de type « à découpage » ; nous n'analyserons donc ici que ce type d'alimentation.

Les alimentations classiques munies d'un transformateur directement relié au secteur électrique sont assez simples à vérifier et réparer.

Les alimentations à découpage ont pour particularité d'accepter des tensions et fréquences d'entrée du secteur électrique très étendues, permettant leur utilisation n'importe où dans le monde. Leur principe est de filtrer puis de redresser la tension du secteur, de moduler la tension ainsi redressée en « tout ou rien » par un circuit jouant le rôle d'interrupteur qui, relié à un transformateur, permettra d'obtenir les tensions d'alimentation désirées.

Ce transformateur aura également un rôle important d'isolation entre le circuit primaire de l'alimentation (elle-même reliée directement au secteur électrique) et les circuits électroniques de l'appareil. Les impulsions générées par le circuit primaire de l'alimentation, avant le transformateur, ont une fréquence relativement élevée (plusieurs dizaines ou centaines de kHz), afin de minimiser la taille du transformateur. En effet, plus la fréquence est élevée, moins doit-être conséquent le noyau magnétique du transformateur. C'est ainsi qu'on trouve des chargeurs pour téléphone portable de taille miniature capables de fournir une puissance importante.

En modifiant le rapport cyclique des impulsions appliquées au transformateur, la (ou les) tension(s) de sortie pourra (ou pourront) être régulée(s) avec précision.

La régulation globale de l'alimentation se fait côté primaire d'une façon globale, en réinjectant un signal de régulation issu du secondaire au travers d'un coupleur optoélectronique isolant les deux sections de l'alimentation.

De même, la commande de mise en fonctionnement de l'alimentation se fait au travers d'un coupleur optoélectronique. Ne soyez donc pas surpris d'en trouver plusieurs dans ces alimentations.



Les tensions fournies par le transformateur seront bien évidemment redressées puis filtrées, avant d'être utilisées par les circuits de l'appareil.

Les principaux avantages des alimentations à découpage sont :

- le faible encombrement du ou des transformateurs utilisés (du fait des fréquences élevées de la commutation) ;
- le rendement global élevé (fonctionnement en mode saturé des transistors MOSFET de commutation) ;
- la faible consommation en mode veille ;
- la facilité de commande et de régulation des tensions de sortie ;
- la protection contre les surcharges et les courts-circuits.

Hormis la complexité, leur principal inconvénient est le bruit électrique généré par les circuits et la difficulté de leur dépannage. En général, les ateliers de réparation des appareils proposent leur remplacement en cas de défaillance, à un coût souvent prohibitif, et finalement l'appareil est mis au rebut.

Les alimentations à découpage fonctionnent à des fréquences de plusieurs dizaines ou centaines de kHz en utilisant des signaux rectangulaires très riches en harmoniques. Le filtrage des circuits d'entrée et de sortie des alimentations est donc essentiel dans la recherche de l'élimination des bruits parasites afin qu'ils ne perturbent pas le fonctionnement des circuits (tensions de sortie) ou qu'ils ne se propagent pas à d'autres appareils sensibles (filtrage d'entrée et protection électromagnétique). Des normes draconiennes existent à ce sujet.

Sauf pour des raisons de test, il est absolument proscrit de retirer ou modifier les filtres utilisés en entrée, au risque de polluer le secteur électrique. D'ailleurs, on constate rarement de problèmes sur ces circuits, en général très résistants. En revanche, les filtres de sortie sont le siège de pannes fréquentes dues à la destruction des condensateurs électrolytiques utilisés, et mis à rude épreuve par les hautes fréquences des signaux à filtrer.

Du fait de leur grande latitude, notamment en ce qui concerne les tensions d'entrée, il est facile de tester ces alimentations en diminuant la tension d'entrée pour éviter les surchauffes le cas échéant. On peut aussi les faire fonctionner à vide ou très faible charge, en plaçant une lampe à incandescence en série dans l'alimentation primaire (secteur électrique), afin de protéger les circuits lors des essais.

Les alimentations à découpage n'acceptent pas toutes un fonctionnement à vide (sauf pour les tensions de stand-by (tensions de veille) expressément prévues pour être délivrées avec un minimum de consommation (état de veille de l'appareil). Nous verrons comment pallier cet inconvénient lors du test en autonomie des alimentations.

Sous forme intégrée ou bloc externe séparé, leur présence ne se limite pas aux appareils électroniques modernes, téléviseurs et moniteurs informatiques, appareils audiophoniques et ordinateurs, on les rencontre également de plus en plus dans les appareils électroménagers, petits et gros, dans les chargeurs de smartphones et d'outillage électroportatif, etc.

Il est évident que tôt ou tard, vous rencontrerez un appareil muni d'une alimentation à découpage sous une forme ou une autre et que vous devrez rechercher les dysfonctionnements assez fréquents de leurs circuits.

Ce chapitre regroupe les méthodes de diagnostic et réparation de tout type d'alimentation à découpage de faible ou forte puissance.

## Synoptique fonctionnel d'une alimentation à découpage

On peut diviser en quatre grandes parties une alimentation à découpage :

- les filtres et protections d'entrée de la tension du secteur et la production de la tension continue primaire ;
- les circuits de commande de découpage et l'étage de puissance modulant un transformateur ;
- les circuits de redressement et de filtrage des alimentations de sortie ;
- les circuits de contrôle et de régulation.

### EXEMPLE D'UNE ALIMENTATION DE TYPE EXTERNE

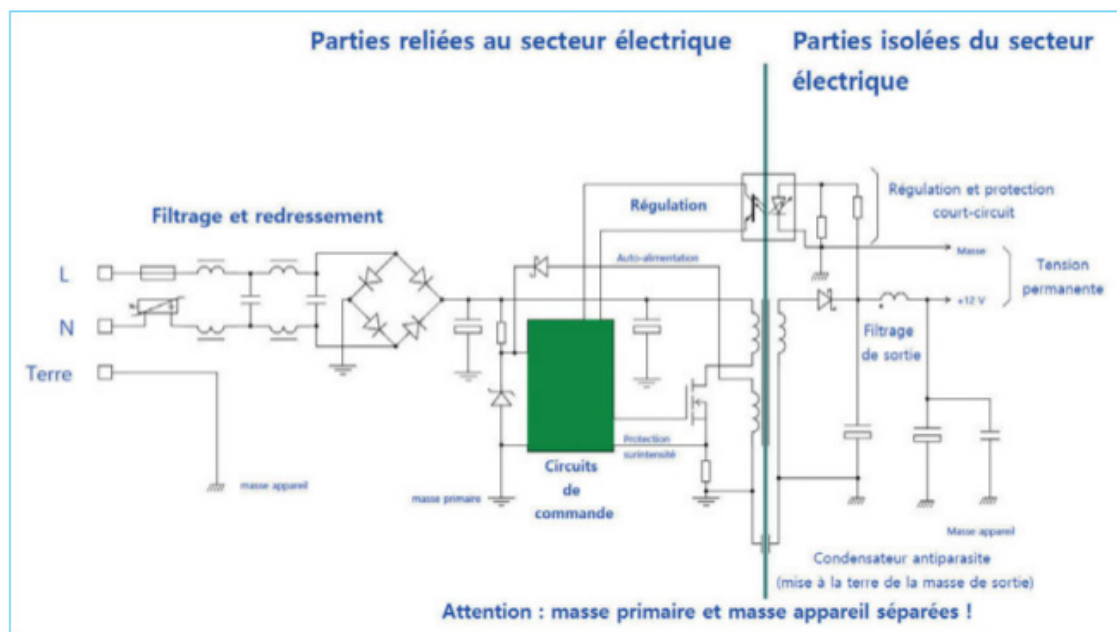


Figure 11-1. Synoptique d'une alimentation à découpage type « bloc externe »

La figure 11-1 représente une alimentation de type externe qui pourrait par exemple alimenter un ordinateur portable, un écran d'ordinateur, un petit téléviseur, un smartphone, etc. Celle-ci délivre une tension unique en permanence ; elle est en fonctionnement tant qu'elle est reliée au secteur électrique. Ces blocs d'alimentation ne possèdent en général pas d'interrupteur : il faut débrancher le

bloc d'alimentation du secteur pour faire cesser son fonctionnement. Même à vide (secondaire non relié à l'appareil), une telle alimentation consomme donc de l'énergie, toutefois, les circuits récents répondant aux normes « green energy » ont une consommation à vide très faible, de l'ordre du dixième de watt.

## ALIMENTATION INTÉGRÉE À UN APPAREIL

Les différences par rapport à un bloc d'alimentation externe sont les suivantes :

- nécessité de fournir plusieurs tensions à l'appareil (mais ce n'est pas systématique pour les petits appareils) ;
- puissance fournie pouvant être importante, incompatible avec un encombrement faible (refroidissement) et la présence d'un câble de liaison externe (pertes, fragilité du connecteur de puissance de l'appareil et bruits électriques) ;
- présence d'un état de veille à consommation très réduite, fournissant une tension permanente aux circuits de veille de l'appareil (« stand-by ») ;
- signal de commande du fonctionnement total de l'alimentation.

La suite de ce chapitre s'adresse à l'ensemble des alimentations, diagnostic et réparation demandant les mêmes opérations.

## DESCRIPTION DU CIRCUIT PRIMAIRE

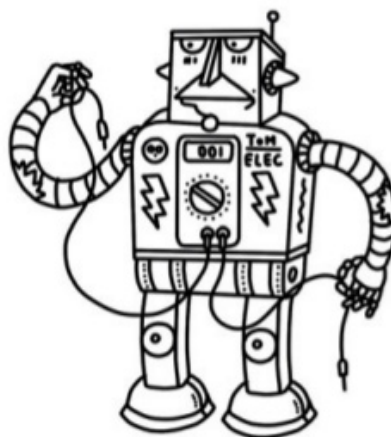
Le circuit primaire de l'alimentation commence à l'arrivée de la tension alternative du secteur électrique et se termine au niveau de l'enroulement primaire du transformateur de sortie. Ce dernier assure une isolation entre le secteur électrique auquel sont directement reliés les circuits primaires de l'alimentation et l'appareil recevant les différentes tensions nécessaires à son fonctionnement.



Le circuit primaire est entièrement relié au secteur électrique, c'est la partie de l'alimentation la plus dangereuse à manipuler.

Le circuit primaire peut se diviser en quatre parties principales :

- la protection et le filtrage du réseau électrique avant conversion en tension continue ;
- le redressement de la tension du réseau électrique et son filtrage ;
- le module de commande ;
- l'étage de puissance et son transformateur.





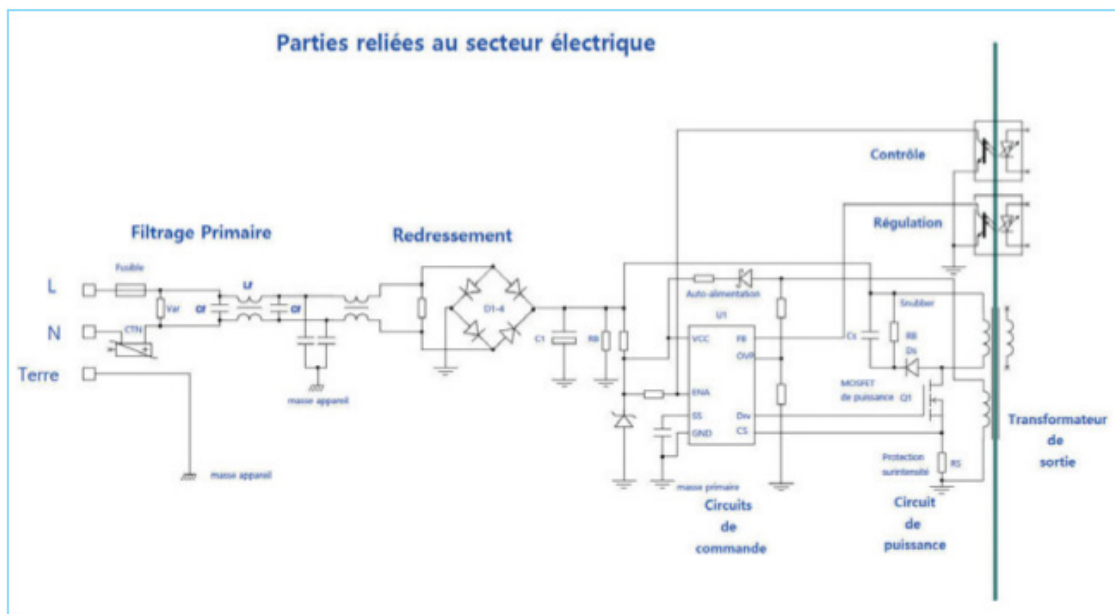


Figure 11-2. Circuit primaire d'une alimentation à découpage

### Description du circuit de protection et filtrage du réseau électrique

Le circuit primaire comporte un fusible de protection, parfois une résistance de faible valeur, ou une thermistance de type CTN (dont la résistance diminue avec la température) qui assurent une mise sous tension progressive du circuit primaire, permettant la charge lente du condensateur C1 de forte valeur et de stabiliser la tension (150 à plus de 300 V selon la tension du secteur du pays).

En l'absence de thermistance, une surintensité importante se produirait lors de la mise en fonctionnement de l'alimentation, obligeant à surdimensionner le pont de redressement et le fusible, diminuant ainsi son effet protecteur. Une telle thermistance n'est pas toujours présente, notamment sur les alimentations de forte puissance, ou alors elle est court-circuitée par un relais se déclenchant à la sortie de veille de l'appareil.

Il existe aussi parfois une protection contre les surtensions du secteur électrique constituée par une « varistance »  $V_{\text{var}}$  placée en parallèle, sur les lignes d'alimentation du secteur, après le fusible. Cette varistance présente une forte résistance à la tension nominale du secteur, mais cette résistance chute très rapidement en cas de tension plus élevée, faisant alors griller le fusible. Elle protège également contre les pics de tension parasites du secteur, lors des orages par exemple.

Après le fusible et l'éventuelle thermistance, on trouve une série de filtres constitués de condensateurs et inductances (certaines étant couplées pour éliminer les parasites de façon différentielle).

Ces filtres permettent de protéger le secteur électrique de la perturbation électrique générée par les circuits de l'alimentation à découpage afin de respecter les normes de pollution électrique. Ils permettent également de compenser le décalage de phase entre l'intensité consommée par l'appareil et sa tension d'alimentation (facteur de puissance) dont la valeur ( $\cos \varphi$ ) doit être la plus proche possible de 1.

### *Pourquoi faut-il des circuits de correction PFC (Power Factor Corrector) ?*

Des normes existent à ce sujet (norme européenne EN61000-3-2) et doivent être respectées. Sans faire trop d'efforts mathématiques, en voici l'explication. La puissance réelle fournie à un appareil est exprimée par la formule :

$$P = U \times I \times \cos \varphi$$

U étant la tension, I l'intensité et  $\varphi$  l'angle de déphasage entre la tension et l'intensité délivrée à l'appareil. La puissance apparente est, quant à elle :

$$P = U \times I$$

Si le déphasage tension-intensité est important,  $\cos \varphi$  est faible et donc, pour une même puissance réelle consommée (la seule qui soit décomptée par le compteur divisionnaire de l'installation électrique), une intensité plus forte doit être fournie, ce qui n'est pas du goût des fournisseurs d'énergie dont les équipements de transport d'énergie sont dimensionnés selon les intensités à fournir (pertes et échauffements dans les lignes).

Les circuits de correction du facteur de puissance ne sont utiles que dans les appareils de forte puissance consommée. On trouve des circuits passifs et des circuits actifs, ces derniers sont essentiellement implantés dans les téléviseurs de grandes dimensions et tous les appareils dont la consommation est importante.

En plus du déphasage entre courant et tension, les circuits de correction sont prévus pour éviter la transmission des pics d'intensité et les harmoniques nombreuses qui les accompagnent. L'objectif est de rendre l'intensité sinusoïdale (absence d'harmoniques) et en phase avec la tension ( $\cos \varphi$  proche de 1).



Les circuits de correction du facteur de puissance évitent de polluer le réseau électrique et améliorent l'efficacité énergétique des téléviseurs. Ils ne doivent en aucun cas être désactivés ou supprimés car leurs composants ont des caractéristiques critiques qu'il convient de respecter. Les circuits de correction actifs décrits ci-après assurent en outre une surélévation de la tension redressée dépassant ainsi 400 V.

### *Description des circuits de correction de facteur de puissance (PFC) passifs*

Ces circuits permettent de compenser de façon simple les déphasages peu importants dans les appareils de consommation moyenne (téléviseurs LCD par exemple). Ils sont constitués par un circuit inductance capacité ( $L_f$  et  $C_f$ , voir figure 11-2) compensant essentiellement les pics de consommation, mais le facteur  $\cos \varphi$  reste faible (de valeur 0,75 à 0,8).

### *Description des circuits de correction de facteur de puissance (PFC) actifs*

Ces circuits permettent de compenser de façon beaucoup plus efficace les déphasages tension-intensité dans les appareils de plus forte consommation. On les trouve dans une portion de circuit de l'alimentation appelée « preconditioner » et placée en aval du pont de redressement de la tension filtrée du secteur électrique. On utilise pour cela un circuit intégré spécialisé, par exemple le MC33368.

Ce circuit de compensation du facteur de puissance est situé après le redressement de la tension secteur : il s'agit d'un montage élévateur de tension à découpage qui fournit les pics d'intensité nécessaires à l'alimentation après le redressement de la tension du secteur électrique par l'intermédiaire d'un transformateur, évitant ainsi la transmission de ces pics et rendant l'intensité consommée quasiment sinusoïdale et le facteur de puissance quasiment égal à 1.



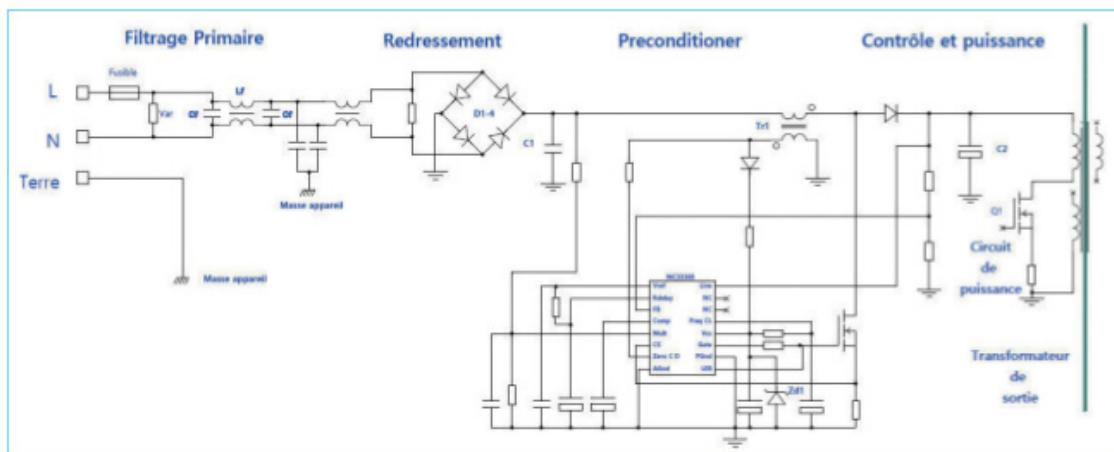


Figure 11-3. Circuit primaire avec correction du facteur de puissance active

Le principe de fonctionnement est assez simple : la tension aux bornes de C2 (forte capacité) est prélevée. Lorsque celle-ci baisse, le convertisseur élévateur de tension emmagasine de l'énergie dans l'inductance L (primaire du transformateur Tr1) qui est fournie au travers de la diode D au reste de l'alimentation pour compenser la demande. La tension secteur redressée est très faiblement filtrée par le condensateur C1 de faible valeur (quelques dizaines ou centaines de nanofarads) permettant au circuit de comparer la demande d'énergie en suivant l'ondulation de la tension redressée. Ainsi, les pics d'intensité sont lissés, rendant l'intensité pratiquement sinusoïdale. La fréquence de découpage est proportionnelle à la demande d'énergie. L'enroulement secondaire du transformateur Tr1 permet l'auto-alimentation du circuit « preconditionner » dont la tension est limitée par la diode Zener Zd1.

#### Description du circuit de redressement de la tension du réseau électrique et son filtrage

Sur la figure 11-2, la tension du réseau électrique après filtrage est envoyée vers un pont redresseur « D1-4 » qui transforme la tension alternative en une tension continue de forte valeur (160 à 400 V environ), qui va servir à alimenter le module de commande et le circuit de puissance alimentant le primaire du transformateur. Cette tension est filtrée par un condensateur C1 de forte valeur qui emmagasinerait l'énergie délivrée par le pont redresseur. Une résistance d'assez forte valeur est parfois placée en parallèle avec ce condensateur afin d'en assurer la décharge lorsque l'alimentation est déconnectée du réseau électrique (raison de sécurité).

#### Description du circuit de commande

Le circuit de commande est constitué d'un circuit intégré U1 dont la figure 11-2 reprend les caractéristiques importantes. Il existe une multitude de circuits de commande et le lecteur devra se reporter aux fiches techniques de chacun des composants rencontrés afin d'en comprendre le fonctionnement, étape nécessaire au dépannage du circuit de commande primaire d'une alimentation. Le circuit de commande a pour rôle de délivrer à l'étage de puissance un signal rectangulaire de fréquence et forme adéquate qui, après amplification, sera appliqué au transformateur de sortie. D'une façon générique, ce type de circuit comprend les connexions suivantes.

- « VDD », broche d'alimentation par une tension de l'ordre de 12 V, associée à la masse « GND » qui est son potentiel de référence.



### À savoir

Notez que pour permettre le démarrage de l'alimentation, une tension relais est fournie au repos à l'aide d'une résistance reliée à la tension primaire redressée (de l'ordre de 250 à 400 V) afin d'en réduire la valeur et d'une diode Zener limitant cette valeur. Le courant nécessaire au circuit en phase de démarrage est faible, il augmentera ensuite. C'est pourquoi l'alimentation VDD sera alors relayée par un circuit d'auto-alimentation en provenance du transformateur de sortie, qui délivrera alors de façon permanente la puissance nécessaire.

- « Drv », signal driver, délivre la tension de sortie correctement modulée au transistor de puissance « Q1 ».
- « OVP », *Over Voltage Protection*, permet de stopper l'alimentation si une surtension est constatée sur un enroulement du primaire du transformateur afin de protéger les circuits de l'appareil alimenté.
- « CS », *Current of Switch*, renvoie une information sur le courant délivré par le transistor de l'étage de puissance. Si une surintensité est constatée, l'alimentation est stoppée.
- « FB », *Feed-Back*, permet de réguler la tension de sortie de l'alimentation en mettant plus ou moins à la masse cette broche du circuit de commande. Cette broche, pour des raisons d'isolation entre le circuit primaire et l'appareil alimenté, est pilotée par un coupleur optoélectronique de régulation recevant ses informations du circuit secondaire.
- « ENA », *ENable*, doit être maintenue au potentiel de la masse pour que l'alimentation fonctionne. Ce signal est toujours piloté, pour des raisons d'isolation entre le circuit primaire et l'appareil alimenté, par un coupleur optoélectronique commandé par l'appareil (circuit secondaire).
- « SS », *Soft Start*, est reliée à la masse par un condensateur permettant de définir un temps de démarrage durant lequel les sécurités de l'alimentation sont ignorées, afin de permettre au circuit de se stabiliser. En cas de défaut (OVP ou CS), l'alimentation est stoppée puis la phase de démarrage reprend et ainsi de suite, ce qui explique parfois le bruit cyclique émis par une alimentation défectueuse qui essaie de rétablir son fonctionnement.

Avec le circuit de régulation, on abaisse plus ou moins la tension de la broche « FB » qui permet au module de commande de moduler le rapport cyclique du signal délivré à l'étage de puissance, qui délivre ainsi une puissance plus ou moins importante, assurant la régulation en tension de l'ensemble.

Si un court-circuit est infligé à la sortie de l'alimentation, le circuit de régulation ne recevant plus d'information va bloquer le fonctionnement de l'alimentation via la broche « FB », comme si un défaut primaire (« OVP » ou « CS ») était constaté. L'alimentation reprendra ainsi un cycle de démarrage.

### Important

Le fonctionnement d'une alimentation à découpage tel qu'il vient d'être présenté dans ce chapitre est transposable à tous les circuits d'alimentation à découpage. En revanche, les protections et les niveaux peuvent différer de ceux décrits ici qui correspondent à un exemple particulier.

### *Description de l'étage de puissance*

L'étage de puissance représenté sur la figure 11-2 est simplifié et ne comporte qu'un seul transistor MOSFET « Q1 ». Dans la pratique, l'étage de sortie est souvent constitué par deux transistors en montage « push-pull », le circuit intégré de contrôle délivrant alors deux signaux Drv adaptés à ce mode de fonctionnement, mais cela ne change pas le principe expliqué ici. Il y a peu à dire sur l'étage de puissance si ce n'est que, pour assurer sa protection en cas de demande de puissance trop élevée, une partie de son courant de « source » est prélevé par la résistance « Rs » et envoyé au circuit de commande (CS) qui pourra, si nécessaire, stopper l'alimentation ou au moins limiter l'intensité supportée et ainsi protéger « Q1 ».

Autre particularité à souligner : en raison des signaux rectangulaires utilisés dans ce type de circuit, des surtensions importantes sont générées et doivent être écrêtées le plus possible afin d'éviter la destruction des transistors de l'étage de puissance. C'est le rôle du circuit « Snubber » constitué par les composants « Cs », « Rs » et « Ds ».

### **Description du circuit secondaire**

Le circuit secondaire commence au niveau des enroulements secondaires du transformateur d'alimentation et se termine au niveau de la fourniture des tensions nécessaires à l'appareil alimenté. On peut scinder le circuit secondaire en trois parties principales :

- le redressement des tensions et leur filtrage ;
- le circuit de régulation ;
- le circuit de contrôle.

### *Alimentation à tensions multiples*

#### **Alimentation simple à tensions multiples**

La figure 11-4 représente une alimentation délivrant plusieurs tensions, certaines de façon permanente, d'autres étant sous contrôle d'une ligne de commande « Power on ». Par ailleurs, un signal « Power OK » indique aux circuits de l'appareil la validité de l'alimentation.

Une telle alimentation permet de maintenir un mode veille, une ou plusieurs tensions étant en permanence délivrées aux circuits de l'appareil. Elle présente par contre un défaut majeur, celui d'être en permanence en fonctionnement, ce qui est contre les directives relatives aux économies d'énergie et qui rendent obligatoire la minimisation de la consommation électrique en mode veille (Power on n'étant pas activée).

#### **Alimentation à tensions multiples à économie d'énergie**

Afin de respecter les directives de réduction de la consommation d'énergie électrique, l'alimentation est souvent divisée en deux parties distinctes reliées au niveau de l'appareil alimenté (circuit secondaire) :

- une alimentation permanente mais de faible puissance pour le mode Stand-by (tension de veille) ;
- une alimentation dont le primaire est sous contrôle du signal Power on et qui, en mode veille, ne consomme donc aucune énergie.

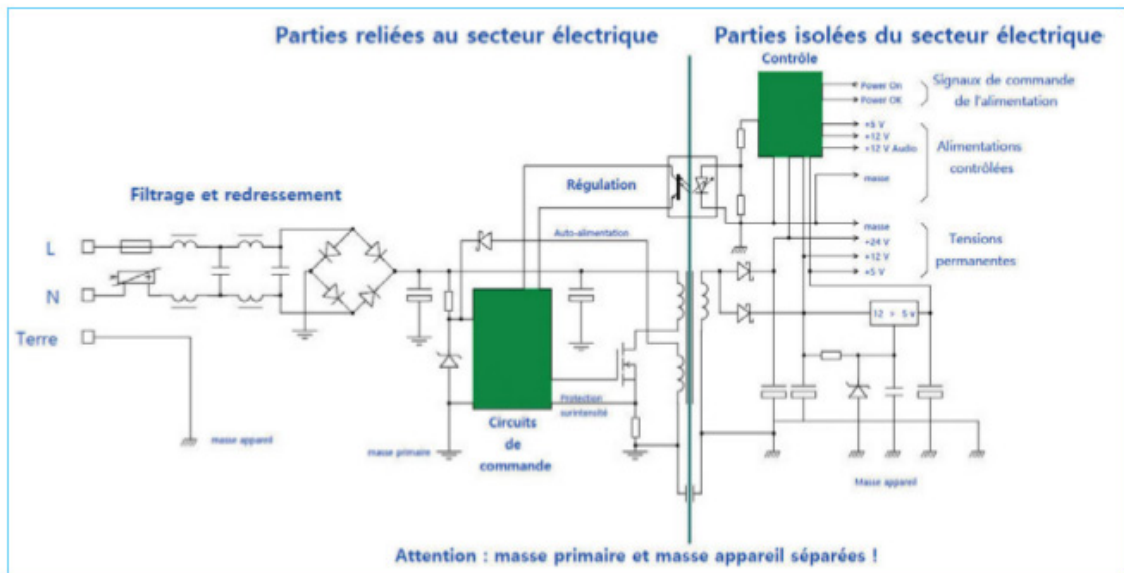


Figure 11-4. Synoptique d'une alimentation à découpage simple

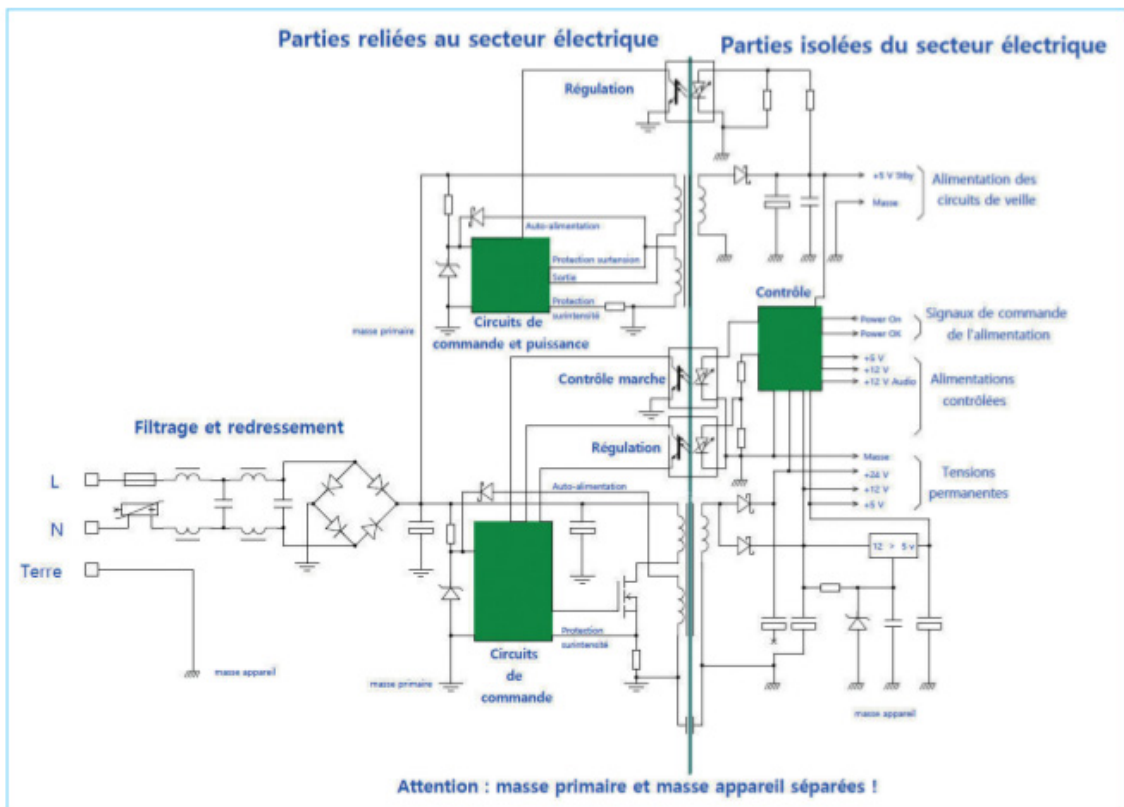


Figure 11-5. Synoptique d'une alimentation à économie d'énergie





Sur la figure 11-5, la partie haute est l'alimentation de veille de l'appareil. Elle est toujours sous tension et fournit à l'appareil une tension de veille (stand-by) de faible puissance qui permet à l'appareil un fonctionnement minimal de ses circuits actifs en mode veille (réception télécommande, alimentation du microprocesseur de contrôle général, affichage de l'heure, voyant de mise en veille, etc.).

Cette alimentation partage la tension primaire redressée avec l'autre bloc alimentation qui, lui, est mis en fonctionnement sous contrôle des circuits situés au secondaire de l'alimentation, eux-mêmes alimentés par la tension de veille. Ainsi, la consommation est minimisée en mode veille.

La partie délivrant la tension de veille de cette alimentation étant de faible puissance, la consommation globale est réduite et son circuit de commande délivre parfois directement les signaux de puissance au transformateur de sortie de la tension de veille, évitant l'utilisation d'un transistor de puissance intermédiaire.

### Le mode veille

Le mode veille est indispensable pour tous les appareils munis d'une télécommande ou ayant un fonctionnement réduit à l'arrêt (par exemple, pour l'indication de l'heure ou pour les appareils ayant un dispositif de mise en marche ou d'arrêt programmés) : autant dire la majeure partie des appareils actuels.

## Vérification du circuit primaire

Le circuit primaire d'une alimentation à découpage est souvent l'objet de pannes, soit parce que l'un de ses composants a présenté un défaut qui souvent a entraîné d'autres composants dans sa destruction, soit parce que, relié au secteur électrique, le circuit primaire a été soumis à une surtension, par exemple lors d'un orage. Les alimentations à découpage étant protégées contre les courts-circuits survenant sur les tensions de sortie, il est rare qu'un défaut des composants du circuit primaire soit dû à un tel problème, à moins que le système de refroidissement de l'étage de puissance ait été insuffisamment dimensionné, provoquant alors une destruction par échauffement des éléments de commutation de puissance du circuit primaire.



Il est impératif d'utiliser un transformateur d'isolement sur lequel brancher l'alimentation en cours d'investigation. Cela assurera une meilleure protection du réparateur et permettra d'utiliser un oscilloscope dont la masse sera obligatoirement reliée à la terre et pourra ainsi être reliée, par les sondes, à la masse du circuit primaire. Toutefois, il convient de prendre la précaution de protéger le transformateur d'un excès de puissance consommée en intercalant une lampe à incandescence afin de limiter l'intensité débitée en cas de court-circuit.

## VÉRIFICATION DES PROTECTIONS ET DU FILTRAGE DE LA TENSION DU RÉSEAU

L'appareil étant débranché, la première vérification à effectuer concerne le (ou parfois les) fusible situé en amont sur l'arrivée du câble d'alimentation secteur. Pour ce faire, utilisez un multimètre en position ohmmètre ; le fusible doit présenter un court-circuit franc (0 ohm).

Si le fusible est fondu, son rôle étant de protéger en cas de circuit défaillant, il va falloir en chercher la cause avant de le remplacer. Son remplacement pur et simple, sans en chercher les causes, conduirait inévitablement à le détruire à nouveau. Or, les causes sont multiples :

- condensateur en court-circuit dans les filtres de la tension du réseau ;
- pont de redressement en court-circuit même partiel ;
- condensateur électrolytique de filtrage de la tension primaire en court-circuit ;
- circuit de commande et/ou circuit de puissance en court-circuit...



La tension présente dans cette partie de l'alimentation avoisine les 400 V !

Il peut être utile de déconnecter les circuits d'entrée des circuits de commande afin de vérifier la présence de la tension continue d'environ 400 V. Cela est parfois possible par retrait d'un pontage filaire (appelé « jumper ») sur le circuit imprimé, ce qui permettra d'identifier plus facilement le problème entre les circuits d'entrée et de commande et l'étage de puissance.

Pour faire les vérifications avant un essai sous tension, le multimètre permettra de détecter les courts-circuits éventuels. Le premier essai sous tension se fera en ajoutant une lampe en série dans l'alimentation secteur (de type à incandescence 220 V/60 W par exemple). Celle-ci devra briller rapidement lors du branchement (énergie nécessaire au chargement du condensateur de filtrage de la tension continue du circuit primaire), puis s'éteindre. Cela prouvera que l'alimentation primaire est a priori correcte. Une vérification de la tension primaire qui doit être présente aux bornes du gros condensateur de filtrage (environ 300 à 400 V) permettra de mettre hors de cause les circuits d'entrée.

## VÉRIFICATION DES CIRCUITS DE COMMANDE ET DE L'ÉTAGE DE PUISSANCE

L'alimentation ne fonctionne toujours pas, mais vous avez avancé dans votre diagnostic et savez que les circuits d'entrée sont hors de cause : la tension primaire de 400 V environ est présente lorsqu'on déconnecte les circuits de contrôle et de puissance.

Si, lorsque les circuits de contrôle et l'étage de puissance sont reliés, le fusible saute ou la lampe brille fortement en permanence, il y a lieu de rechercher la panne dans ces circuits. Le plus souvent, on constatera à l'aide d'un ohmmètre qu'un ou plusieurs transistors de l'étage de puissance sont en court-circuit. Il se peut également que les transistors soient coupés, n'assurant plus la commutation. Il faudra alors relever le schéma de l'étage de sortie (si on n'en dispose pas) et vérifier tous les



composants avoisinants, en particulier les condensateurs (électrolytiques ou non) et les diodes, et remplacer tous ces composants par leur équivalent strict.

### Remplacement des composants des alimentations

Les composants des alimentations à découpage étant très critiques, vous ne devez pas tenter de les remplacer par des références avoisinantes mais non équivalentes. Cela concerne notamment les diodes et les transistors de puissance dont les caractéristiques doivent être identiques, ou voisines mais meilleures, pour permettre un remplacement.

Ainsi, on ne remplace pas un transistor MOSFET prévu pour 30 V et 1 A par un autre prévu pour 600 V et 20 A, pas plus que l'inverse. En revanche, remplacer ce même transistor par un autre prévu pour 50 V et 2 A sera a priori envisageable. De même, mis à part le pont de redressement de la tension du secteur, toutes les diodes utilisées dans les circuits d'une alimentation à découpage doivent être de type rapide (« Fast Recovery » ou « Schottky ») afin de pouvoir fonctionner en mode impulsif aux fréquences élevées du découpage.

Il arrive fréquemment que la destruction d'un étage de sortie provoque également la défaillance de son circuit de commande, qui est en général un circuit intégré spécialisé. La consultation de la fiche technique de ce composant suffit le plus souvent à comprendre le fonctionnement du circuit primaire de l'alimentation et à déterminer les éléments défectueux.

Il y a un nombre important de circuits différents ; aussi est-il difficile de dresser un tableau complet des pannes possibles. Rappelons-nous que les éléments les plus vulnérables sont les condensateurs, les diodes et les transistors et, plus rarement, les résistances, les transformateurs ou les inductances. Toutefois, la résistance qui est reliée à la broche CS du circuit de commande peut avoir grillé en cas de court-circuit du transistor de puissance. N'oublions pas non plus d'interroger les forums sur Internet : souvent, des pistes sont suggérées pour déterminer les pannes.

La finalité, à ce stade, est d'aboutir à un fonctionnement même imparfait du circuit primaire ; cela pourra être vérifié par la présence d'un signal modulé de quelques dizaines de kHz sur le primaire du transformateur à l'aide d'un oscilloscope muni d'une sonde appropriée (prévoir une sonde acceptant plus de 600 V). Si une telle sonde n'est pas disponible, utiliser un circuit auxiliaire ou secondaire du transformateur pour vérifier que l'oscillation est bien présente. Ceci permettra de contrôler que le primaire fonctionne ; mais il se peut que la panne soit située dans les circuits de sortie connectés au secondaire du transformateur (redressement, filtrage, contrôle et régulation des tensions). À ce niveau, il est parfois possible de déconnecter les diodes de redressement au secondaire et de vérifier le fonctionnement correct de l'alimentation à vide ou en la chargeant à l'aide de lampes basse tension appropriées. Attention néanmoins, tous les circuits n'acceptent pas un fonctionnement à vide, notamment en raison de la présence des éléments de protection et de régulation.



Plutôt qu'une lampe à incandescence, il est préférable d'utiliser des résistances de valeur et puissance adaptées pour charger une alimentation. En effet, la très faible résistance à froid du filament d'une lampe à incandescence ne permet pas toujours le démarrage de l'alimentation qui se met en sécurité pour surintensité.

Il existe des pannes provenant de la déficience du transformateur d'isolation primaire-secondaire, mais cela est très rare. Si l'un des enroulements est coupé, le diagnostic sera rapide, mais si un enroulement



(primaire en général) comporte des courts-circuits entre spires, l'alimentation ne fonctionnera pas, ou mal, et cela sera très difficile à diagnostiquer, sauf à pouvoir remplacer le transformateur (ce qui est rarement possible). En ce cas toutefois, un échauffement important du transformateur sera une indication de ce type de problème.

## Vérification du circuit secondaire d'une alimentation

Le circuit secondaire d'une alimentation présente également souvent des défaillances de ses différents composants. Avant de passer à la vérification du circuit secondaire, il est nécessaire de s'être assuré auparavant que le circuit primaire était a priori en état de fonctionner. Dans le cas contraire, il est certain que le circuit secondaire ne pourra pas donner signe de vie...

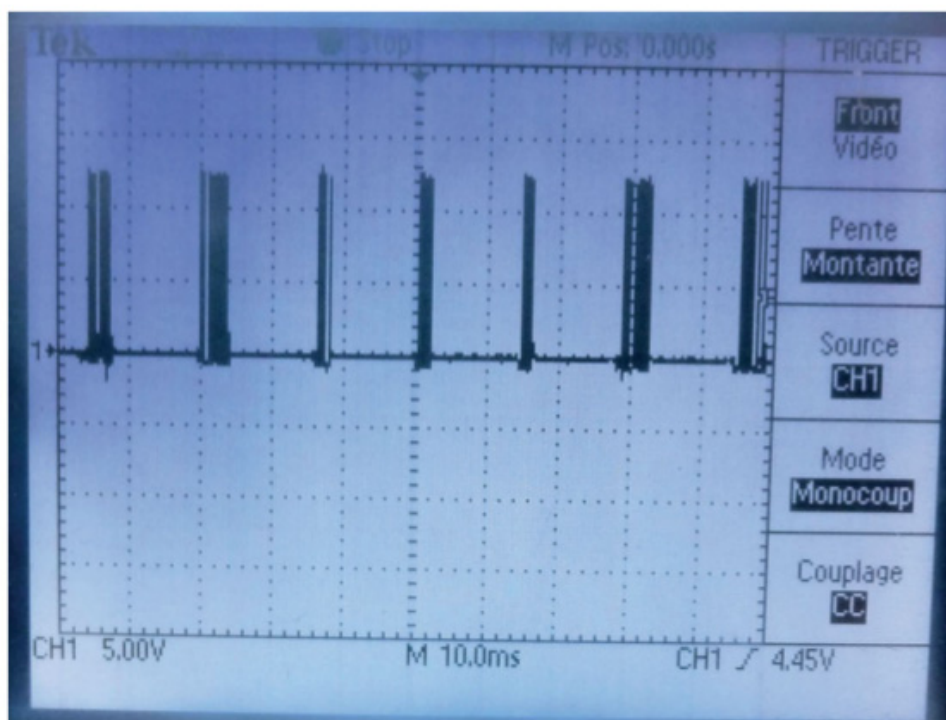


Figure 11-6. Trains d'impulsions sur le transformateur d'une alimentation en court-circuit

Pour contrôler si le circuit primaire est a priori fonctionnel, il suffira de vérifier la présence d'un signal sur les enroulements du transformateur. Ce signal de type impulsionnel sera soit continu (dans le meilleur des cas), soit constitué de trains d'impulsions en raison du cycle (démarrage/mise en sécurité de l'alimentation/puis démarrage/etc.) provoqué par un défaut relatif au circuit primaire ou au circuit secondaire de l'alimentation.



N'oubliez pas que lors de la vérification des circuits au primaire d'une alimentation, la masse de la sonde de l'oscilloscope doit être reliée à la masse du circuit primaire. Dans le cas de la vérification des signaux de la partie secondaire de l'alimentation, c'est à la masse de l'appareil que la sonde de l'oscilloscope doit être reliée. Dans le cas d'utilisation de la masse ne correspondant pas à la mesure à effectuer, le signal relevé sera de type sinusoïdal de tension importante, à la fréquence de 50 Hz.

## VÉRIFICATION DES ÉTAGES DE REDRESSEMENT ET DE FILTRAGE DE SORTIE

À ce point, il doit y avoir un « signe de vie » au niveau du circuit primaire du transformateur : une tension modulée doit être observable sur un oscilloscope, prouvant qu'a priori les étages du primaire fonctionnent, certes de façon incorrecte, mais qu'ils fonctionnent tout de même, signifiant que le problème vient probablement des circuits secondaires ou de contrôle/régulation.

La première des vérifications ciblera les diodes de redressement et les capacités de filtrage des tensions secondaires, les condensateurs bombés devront être remplacés et le bruit des tensions d'alimentation vérifié. Il doit y avoir également présence permanente d'une tension dite de stand-by (tension de veille) qui permet à l'appareil d'alimenter quelques circuits nécessaires à sa mise en fonctionnement. Le défaut peut également provenir des circuits régulateurs/abaisseurs de tension parfois présents à ce niveau. Si ces éléments sont en bon état fonctionnel, il y a lieu de vérifier les circuits de contrôle et régulation.

Les diodes de redressement des tensions secondaires d'une alimentation à découpage doivent impérativement être de type « rapide » ou « Schottky ».

### Vérification des circuits de régulation et de contrôle

Ces circuits permettent la télécommande de l'alimentation par la carte principale de l'appareil (Power on) mais également la régulation d'une ou plusieurs tensions de sortie par commande du rapport cyclique des impulsions de modulation du primaire du transformateur.

En général, ils sont placés côté secondaire (non relié au secteur) et connectés aux circuits primaires par l'intermédiaire d'un coupleur optoélectronique (couple diode LED et phototransistor) dont il est facile de vérifier le fonctionnement. On peut aussi le condamner pour forcer le fonctionnement de l'alimentation.

Si d'autres tensions de sortie sont critiques, elles pourront être régulées par des régulateurs classiques, la régulation par modulation des impulsions de découpage agissant sur l'ensemble des tensions redressées.

Il faut bien entendu débrancher les circuits d'alimentation du reste des circuits de l'appareil et simuler la présence du signal de mise sous tension (en général en reliant une résistance de 1 à 2K à la tension de veille) et charger les sorties avec des ampoules d'éclairage adaptées.



Les circuits d'une alimentation peuvent parfois être stoppés par la présence d'une anomalie au niveau du circuit de rétroéclairage. Cette anomalie peut-être prise en compte directement au niveau de l'alimentation ou par l'intermédiaire de la carte SSB qui supprimera le signal Power on en cas de défaut de l'inverter.

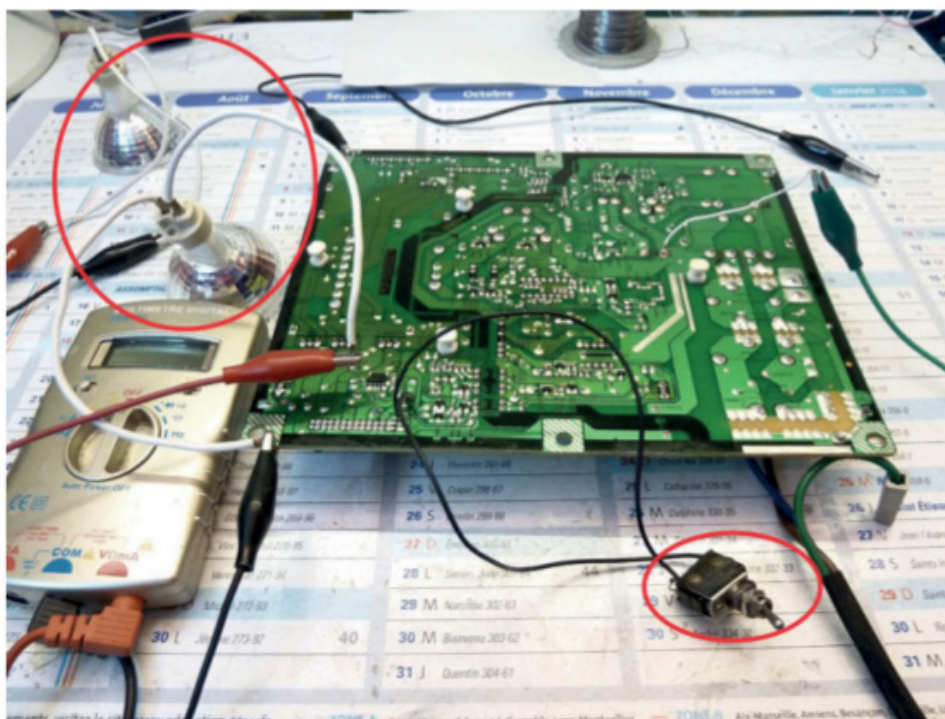


Figure 11-7. Carte d'alimentation en test autonome. Notez l'interrupteur et les lampes de charge.

Comme indiqué précédemment, charger une alimentation par des lampes à incandescence ne fonctionne pas toujours, notamment parce qu'en raison de la faible résistance des filaments des lampes à froid, l'alimentation n'arrive pas à fournir la pointe d'énergie nécessaire à l'allumage des témoins lumineux. Dans ce cas, il faut charger l'alimentation à l'aide de résistances de puissance. Si, par exemple, une alimentation est supposée délivrer une tension  $U$  de 12 V sous un courant  $I$  de 4 A, il faudra placer une résistance :

$$R = \frac{U}{I} \text{ soit ici } 3 \, \Omega, \text{ et de puissance } P = U \times I = 48 \, \text{W}$$

On pourra par exemple se confectionner un assemblage en parallèle de 10 résistances de 30  $\Omega$  de puissance 5 W, ou bien se constituer une boîte de résistances commutables permettant de charger plus ou moins une alimentation. En voici un exemple réalisé avec 50 résistances de 100  $\Omega$  et 2 W permettant de mettre en charge les alimentations jusqu'à 12 V.

Les interrupteurs devront être commutés de façon à mettre en parallèle un nombre variable de résistances. Une diode LED, placée près des interrupteurs, indiquera si la tension est présente et sous quelle intensité a priori. Il sera évidemment nécessaire de vérifier si la tension délivrée par l'alimentation est correcte et propre au niveau bruit.

La réalisation de cette boîte de charge doit être en accord avec les puissances dissipées par les résistances qu'il est facile de se procurer. Si des tensions supérieures à 12 V doivent être mises en charge, il faudra utiliser des résistances différentes. C'est le cas pour les tensions délivrées aux circuits du rétroéclairage (24 V ou plus parfois).



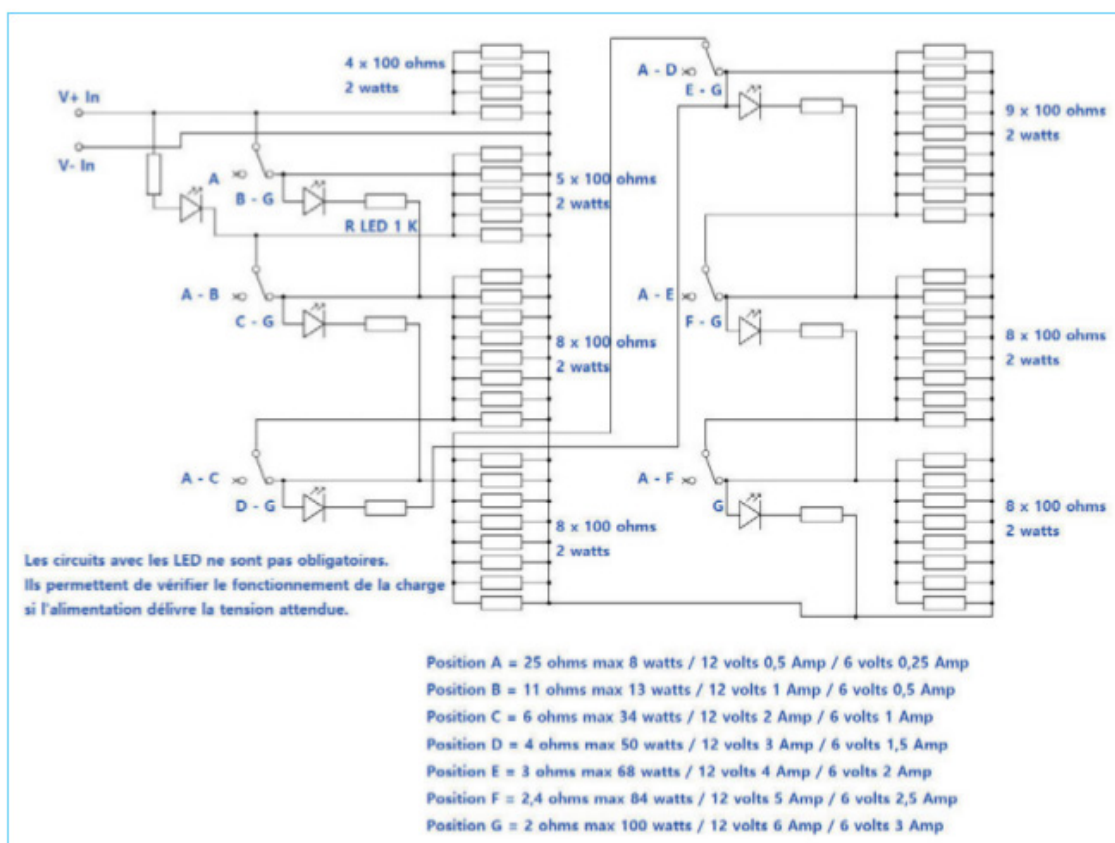


Figure 11-8. Schéma de principe d'une charge variable pour alimentation de 3 à 12 V et maximum 100 W

Revenons au dépannage de notre alimentation. Dans tous les cas, il faudra déterminer avec précision le ou les composants défectueux, dans l'ordre de fréquence des causes des pannes : d'abord les condensateurs, puis les diodes ou ponts de redressement, et en dernier lieu les transistors de puissance et les circuits intégrés de contrôle de l'étage de sortie.

Il est fréquent de rencontrer des alimentations dont le redressement des tensions secondaires est réalisé par des diodes rapides de puissance faible et sans refroidisseur, qui sont reliées en parallèle afin de supporter la puissance demandée. C'est une très mauvaise conception que de procéder ainsi. En effet, toutes les diodes ne sont pas équivalentes, donc elles ne répartiront pas de façon uniforme la charge demandée, ce qui conduira inévitablement à la destruction d'une des diodes, parfois de plusieurs.

Dans un tel cas, si cela est possible, remplacez les diodes ainsi reliées par une seule diode de tension et puissance adaptées, en veillant éventuellement à son refroidissement.



Préférez le remplacement de plusieurs diodes reliées en parallèle par une seule diode aux caractéristiques adaptées. La fiabilité de l'appareil sera bien meilleure.

Lorsqu'un fonctionnement correct de l'alimentation est constaté, reconnectez tous les éléments de l'appareil entre eux et vérifiez le fonctionnement. En particulier, vérifiez bien la stabilité des tensions délivrées ; une variation de celles-ci en fonction de la charge (position veille puis mise en marche) indiquerait un manque de puissance fournie, signe d'une faiblesse probable du circuit primaire.

Si l'alimentation ne fonctionne pas correctement, il faut bien entendu chercher le problème dans les autres parties de l'appareil dont l'interconnexion provoque un dysfonctionnement de l'alimentation. Certains appareils détectent les tensions incorrectes et mettent l'appareil en sécurité. L'examen de ces conditions de mise en sécurité dans les circuits (en général dans la carte principale) permet de déterminer les éléments en cause : parfois, un clignotement du voyant de façade donne une indication instructive (voir le manuel de maintenance à ce sujet).

Pour terminer, vous devez bien entendu mesurer la valeur de chaque tension délivrée par l'alimentation ainsi que sa « pureté » (le bruit ne devant pas dépasser une centaine de mV crête à crête).

### Les diodes des alimentations à découpage

Dans les alimentations à découpage, dans les circuits primaires comme dans les circuits secondaires, les diodes utilisées, même en redressement de tension, doivent impérativement être de type rapide (« Fast Recovery » ou « Schottky ») en raison des fréquences élevées des circuits de découpage. Ces diodes « souffrent beaucoup » et présentent souvent des problèmes. Il est impératif de les remplacer par des diodes de même type, notamment au niveau de la rapidité. Leur remplacement par une diode ordinaire conduirait à coup sûr à un dysfonctionnement de l'alimentation et à une destruction rapide de la diode qui, se comportant comme un court-circuit partiel aux fréquences de découpage, chaufferait et pourrait empêcher le fonctionnement de l'alimentation. Cette remarque ne s'applique pas au pont redresseur de la tension du secteur, qui ne fonctionne pas à une fréquence élevée.

## Substitution d'une alimentation

Il peut être intéressant de substituer une alimentation défectueuse par une autre afin de vérifier si, en présence de tensions d'alimentation normales, le comportement de l'appareil est correct ou que la panne provient bien des circuits d'alimentation. En effet, qui est venu en premier : l'œuf ou la poule ? En matière d'électronique, une question du même ordre se pose : qui est le fautif lorsqu'une alimentation ne délivre pas les tensions attendues ? Ce peut être l'alimentation en elle-même, ou bien les circuits qui en contrôlent la mise en fonctionnement/veille, ou bien encore une surcharge due aux circuits alimentés qui la fait se mettre en sécurité. L'avantage de l'électronicien est qu'il devrait pouvoir, même si ce n'est pas toujours simple, répondre à cette question avant d'acheter une carte alimentation coûteuse et échouer dans sa tentative de réparation.



Le cas où une alimentation délivre des tensions correctes (au moins à vide ou en charge normale) mais n'est pas capable de fournir un surplus de puissance à la mise en fonction de l'appareil est fréquent et difficile à diagnostiquer, tout paraissant normal. C'est pourquoi, devant une telle situation, il est impératif de procéder à la substitution de l'alimentation par des alimentations de laboratoire si l'on ne dispose pas d'une alimentation de remplacement.

Le cas le plus simple suppose qu'on dispose d'une alimentation identique, ce qui n'est pas fréquent, mais on peut aussi remplacer une carte alimentation à l'aide de plusieurs alimentations de laboratoire ou à l'aide d'une autre carte alimentation délivrant les mêmes tensions (moyennant une adaptation au niveau des connecteurs ou en soudant directement les fils de connexion de façon temporaire). Cette substitution pourra se faire, à condition de respecter les tensions et les intensités délivrées. Elle sera parfois compliquée en raison de la présence de signaux de contrôle renvoyés par la carte alimentation aux circuits de l'appareil (fréquent dans les téléviseurs). Il sera en ce cas nécessaire de simuler ces signaux.

Si une alimentation délivre normalement toutes les tensions sauf une seule, on pourra isoler l'alimentation défectueuse et, via une alimentation externe, fournir la tension manquante. Il sera également possible, dans certains cas, d'utiliser une alimentation d'ordinateur, à condition de prévoir le signal de mise en fonctionnement de l'alimentation dans le cas des alimentations ATX.



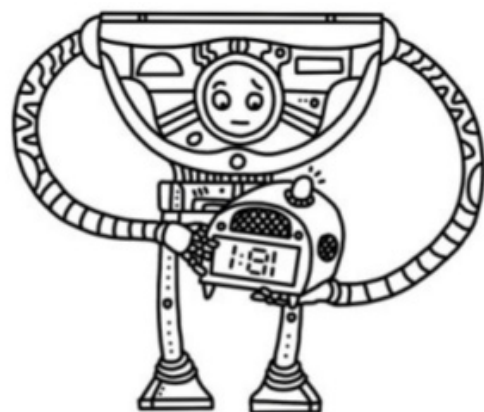
Vous devrez être très prudent en substituant une alimentation par une autre et respecter scrupuleusement les tensions et intensités à fournir aux circuits, ainsi que les signaux à simuler éventuellement. Respectez également l'ordre d'apparition des tensions qui se fera en deux temps : tension de veille pendant 15 à 30 s (temps d'initialisation), puis toutes les autres tensions simultanément.

Bien que délicate, cette manipulation permettra de vérifier le fonctionnement de l'appareil en panne d'alimentation avant l'achat d'une carte coûteuse ou la recherche toujours fastidieuse d'une anomalie.

## Démontage des blocs d'alimentation externes

Les pannes relatives aux blocs externes d'alimentation ou chargeurs destinés aux petits appareils, aux smartphones ou ordinateurs portables sont fréquentes et le premier réflexe consiste à les jeter et à en racheter d'autres en remplacement.

C'est évidemment plus facile mais dommage : même un chargeur coûtant quelques euros mérite d'être réparé.



Le premier obstacle à leur réparation est leur boîtier, qui n'est presque jamais fait pour être ouvert. Pour ceux qui sont munis de vis de fermeture du boîtier, celles-ci se trouvent souvent dissimulées sous une étiquette auto-collante ou sous les pieds en caoutchouc qu'il convient de retirer.





Figure 11-9. Boîtier de chargeur USB de smartphone ouvert, la diode de redressement a pu être changée.

Les plus réticents ont des boîtiers collés ou clipsés. Si l'on constate la présence d'une très fine fente entre deux parties d'un boîtier, l'utilisation d'une fine lame de couteau permettra peut-être d'ouvrir le boîtier. Dans le cas contraire, un trait de scie à métaux, ou mieux de modéliste, à la jonction des deux parties d'un boîtier permettra de l'ouvrir à l'aide d'un tournevis ou d'une lame de couteau. Il faudra parfois prolonger le trait de scie tout autour du boîtier pour permettre une ouverture la moins invalidante possible.



Figure 11-10. Ouverture et reconstitution d'un boîtier d'alimentation de portail vidéo

La réparation étant effectuée, le boîtier sera recollé (colle cyanoacrylate), prêt pour une nouvelle vie.

Si l'ouverture laisse une fente difficile à combler, l'utilisation de sable très fin déposé sur l'interstice encollé permettra de finaliser l'étanchéité du boîtier. Un petit ponçage au papier de verre fin terminera proprement cette opération.



## RECHERCHE DE DOCUMENTATION

### Les documents utiles

Il est très difficile, voire impossible de réparer un appareil électronique sans disposer d'un minimum de connaissances mais également de documentation technique. Par chance, les sites Internet proposant des milliers de documents qui intéresseront le dépanneur existent en abondance.

Avant d'entamer une recherche de documentation, on devra connaître les caractéristiques de l'appareil, notamment au niveau des possibilités fonctionnelles et des valeurs de tension d'alimentation et la puissance consommée indiquée (c'est un maximum qui ne devra jamais être atteint). Il existe pour cela des plaquettes commerciales des constructeurs ou des sites Internet indiquant les caractéristiques des appareils.

Le manuel utilisateur sera bien utile pour pouvoir modifier les réglages d'un appareil comme un téléviseur. De même, le manuel de maintenance (ou manuel de service) de l'appareil se révélera aussi très précieux. Malheureusement, il est souvent difficile et fastidieux de trouver ces deux documents. En l'absence de manuel de maintenance, la disponibilité des schémas des différents circuits sera d'un grand secours. Si vous ne disposez d'aucun de ces documents, la réparation sera plus délicate et longue, mais pas impossible. Vous devrez alors tenter le relevé toujours difficile du schéma directement sur le circuit imprimé, pour reconstituer le schéma d'une partie critique d'un appareil défilant.

Certains sites proposent ces manuels en vente soit en téléchargement, soit via des CD de compilation. Pour ma part, bien que ces manuels soient souvent classés confidentiels, je les ai toujours trouvés en accès gratuit sur des sites techniques ou des forums de discussion spécialisés dans le dépannage électronique.

#### À savoir

Attention, certains circuits ne sont pas documentés dans les manuels de maintenance et devront faire l'objet de recherches complémentaires pour trouver leurs caractéristiques et leur schéma. C'est le cas notamment des cartes d'alimentation des téléviseurs, souvent achetées par les constructeurs à des sociétés spécialisées dans leur conception et fabrication. C'est aussi le cas des cartes inverter (circuits d'alimentation de rétroéclairage des écrans) et des cartes T-Con (contrôle de la dalle écran des téléviseurs) qui font en général partie indissociable des dalles écrans. On trouvera parfois leur schéma en dehors de tout manuel.

S'il est parfois possible de trouver les schémas précieux des circuits d'alimentation, je n'ai quasiment jamais trouvé les schémas des cartes inverter et jamais ceux des cartes T-Con. Que faire dès lors ? Plusieurs issues sont envisageables.



- 1 Pour ma part, je recherche d'abord les fiches techniques des circuits intégrés et composants principaux se trouvant sur la carte dont les circuits sont soupçonnés de défaillance. En effet, ces petites documentations techniques créées par les fabricants des circuits indiquent le principe de fonctionnement et le schéma typique d'utilisation. Les concepteurs des alimentations s'en inspirent souvent très largement, permettant ainsi de s'y retrouver en analysant le fonctionnement (ou plutôt le dysfonctionnement) du circuit.
- 2 Une recherche par la référence d'un circuit intégré permet parfois également de trouver des documents précieux pour le dépanneur tels que les notices d'application. Malheureusement, elles sont souvent en anglais, tout comme les fiches techniques.
- 3 En dernier ressort, il faudra relever, au moins partiellement, le schéma en inspectant la carte avec une loupe puissante pour suivre les interconnexions et ainsi pouvoir comprendre le fonctionnement de la partie incriminée.
- 4 Enfin, et ce n'est pas la moindre des aides nécessaires au dépanneur, la recherche dans les forums techniques apportera souvent des informations essentielles. Les appareils ont des points faibles qui provoquent la plupart des pannes. Il est bien rare qu'aucun autre utilisateur des forums n'ait rencontré la même panne ou un cas similaire qui pourra servir de guide.

En résumé, les documents suivants, qu'il est bon de chercher préalablement à toute réparation, seront appréciables et feront gagner du temps au technicien :

- présentation sommaire de l'appareil (document commercial) ;
- manuel de l'utilisateur ;
- manuel de service ou maintenance ;
- schémas complémentaires le cas échéant ;
- fiches techniques (datasheets) des composants utilisés ;
- tutoriels indiquant comment démonter ou réparer un appareil.

Tout cela, il faut se le rappeler, se trouve en général gratuitement sur Internet. Inutile de préciser que, quelques années auparavant, sans Internet, la documentation nécessaire était si volumineuse et coûteuse que le dépannage était peu abordable. De ce fait, on a un peu perdu le réflexe de réparer

au lieu de remplacer et donc de jeter. Heureusement, aujourd'hui, le recyclage des appareils est plus aisé et abordable et, pour l'amateur, souvent rentable.

La visualisation des documents sera parfois possible directement à l'écran d'un ordinateur ou d'une tablette numérique. Cependant, étant donnée la densité d'informations à voir, notamment au niveau des schémas, le recours au papier est souvent requis afin d'avoir une vue globale d'un circuit. L'ordinateur servira, en complément, à effectuer des recherches dans le texte du document.



La plupart des documents se présentant sous forme de fichiers de type PDF, vous pourrez aisément imprimer, grâce aux options d'impression, de multiples feuilles A4 permettant de reconstituer un format A3, A2 voire A0 quand cela sera nécessaire. De même, un format livret permet d'imprimer par demi-feuille A4 un manuel, qui sera ensuite facilement relié par agrafage.

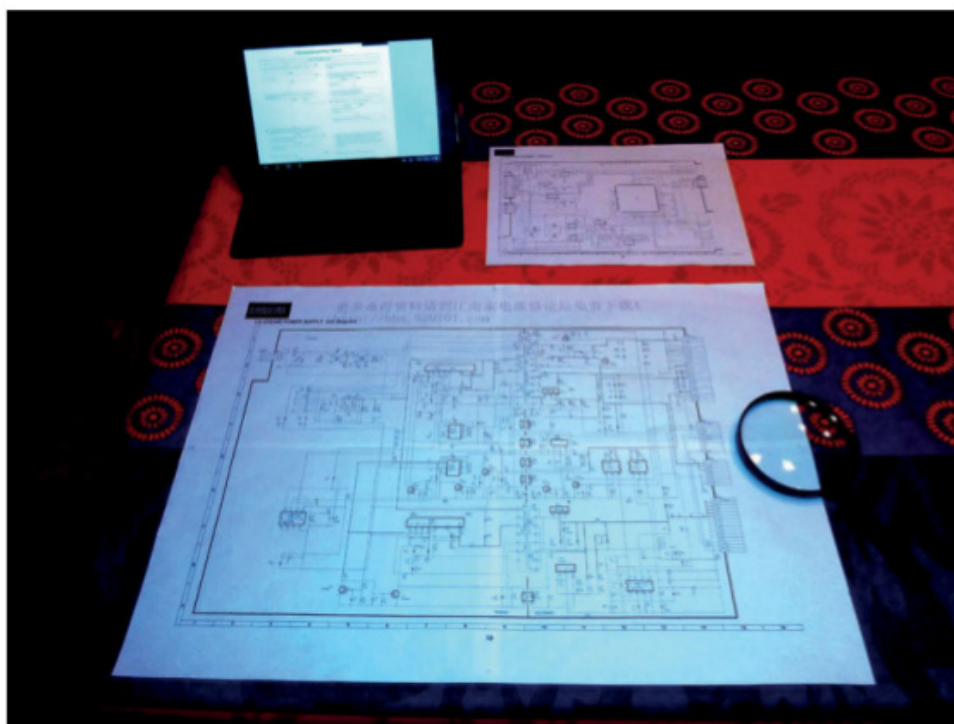


Figure A-1. Visualisation des documents : de la tablette au format A2

## Méthodes de recherche

Il faut savoir que les téléviseurs, les écrans informatiques, les appareils hi-fi et autres ont en général une dénomination commerciale qui est celle inscrite au dos de l'appareil. Ils sont souvent commercialisés sous plusieurs modèles différents au niveau de leur dénomination et/ou de leur taille d'écran mais utilisent les mêmes circuits ou des variantes de ceux-ci. Ils sont aussi, pour certains, différenciés selon le continent où ils ont été commercialisés par une lettre (E pour l'Europe, N pour l'Amérique, J pour le Japon). On trouvera ainsi parfois des informations pour des modèles ayant une lettre de variante, ce qui complique un peu la recherche.

C'est ainsi, pour éviter ce problème, que l'on parle de « châssis » pour les téléviseurs et c'est souvent sous la dénomination de ce châssis qu'on trouvera les documents de maintenance. Il est donc prudent dans sa recherche d'identifier le châssis de l'appareil. Pour les autres appareils, la recherche est limitée à la dénomination de l'appareil en lui-même.

Attention, on écrit en français « châssis » et en anglais « chassis ». La plupart des documents étant en langue anglaise, omettez l'accent sur le « a » dans vos recherches. Vous pourrez bien entendu vous servir des moteurs de recherche traditionnels d'Internet pour trouver les informations recherchées.

Malheureusement pour ceux qui n'ont pas la chance de parler anglais, bon nombre de documents techniques sont dans la langue de Shakespeare. Ce sera également très souvent le cas des forums de discussion, et il faudra alors utiliser des traducteurs en ligne qui, sans être parfaits, vous aideront à la compréhension du texte.



Si vous ne pouvez pas traduire tout le contenu d'une page d'un forum, en raison, entre autres, de sa taille refusée par Google Traduction, utilisez un traducteur de phrases en ligne et traduisez phrase par phrase. Vous n'apprendrez peut-être pas beaucoup d'informations mais cela vous entraînera à l'anglais technique. Cette méthode est aussi valable pour les autres langages.

Sachez également qu'il y a un important intérêt pour les appareils grand public dans les pays de l'est de l'Europe, notamment en Pologne, Roumanie, Russie, etc. On trouvera sur les sites web de ces pays des informations techniques et des documents souvent enrichissants.

## PREMIÈRE RECHERCHE SUR INTERNET

Utilisez le numéro du modèle d'appareil en cherchant avec plusieurs déclinaisons : par exemple « LE32S86BDX » ou « LE32S86BD » ou « LE32S86 ». Cela vous conduira en particulier sur les sites décrivant les caractéristiques des appareils mais aussi sur les forums de discussion.

Vous pourrez ensuite rechercher la notice utilisateur : par exemple, « LE32S86BDX manuel », ou « LE32S86BDX manual », ou encore « LE32S86BDX notice », ou peut-être « LE32S86BDX user ».

Puis recherchez le châssis par exemple « LE32S86BDX chassis », les manuels de maintenance « LE32S86BDX maintenance » ou même « LE32S86BDX service », etc.

Faites de même en remplaçant le E par N par exemple LN32S86BDX si vous ne trouvez pas les informations, manuels et notices attendues.

## RECHERCHES SUIVANTES

Les premiers documents réunis, déterminez leur contenu dans les grandes lignes pour éventuellement identifier les carences (composants utilisés manquants, schémas de cartes non documentées, par exemple). C'est alors que va pouvoir commencer la recherche de la ou des pannes. Au fur et à mesure de la progression, il sera nécessaire et peut-être souhaitable d'effectuer des recherches complémentaires afin de mieux comprendre le fonctionnement des parties incriminées. Inutile en effet de rechercher toutes les feuilles caractéristiques de tous les composants utilisés, ce serait fastidieux, alors que la panne sera le plus souvent circonscrite autour de quelques composants.

Rechercher tous les circuits prendrait aussi des heures qu'il est préférable d'utiliser pour isoler la panne à une portion de circuit, pour comprendre le fonctionnement puis le dysfonctionnement.

Vous pourrez également consulter les forums techniques pour trouver les termes de recherche associés à la panne ou à ses symptômes. La plus simple (mais souvent efficace) des recherches est par



exemple : « LE32S86BDX problème » ou « LE32S86BDX problem ». En étant plus précis : par exemple « LE32S86BDX voyant clignotant » ou par exemple « LE32S86BDX blink ». Pensez à substituer la lettre E par la lettre N dans vos recherches sur les forums anglophones.

En cas d'échec, persévérez et restez créatif en ayant recours à des mots-clés variés qui parfois mènent au but – il est rare qu'aucune documentation ne soit disponible pour un appareil donné, mais cela peut arriver. En tout cas, ne négligez jamais les sites étrangers, notamment russes ou des pays de l'Est, qui regorgent d'informations. Les traducteurs en ligne vous aideront si nécessaire dans vos recherches.



En la matière, l'imagination est au pouvoir et c'est en cherchant, recherchant, affinant, détaillant sa recherche qu'on finit presque toujours par trouver l'élément informatif déterminant. La recherche sur le Web devient efficace par l'expérience, ne désespérez pas, vous apprendrez rapidement à devenir un pro de la recherche documentaire en tâtonnant.



## RECHERCHE DE COMPOSANTS

### Une recherche parfois difficile

La diversité et le nombre de composants différents équipant les appareils électroniques modernes sont extrêmement importants. Le temps où les appareils étaient constitués de composants de base assemblés entre eux est révolu. La forte intégration liée à la complexité des circuits mis en œuvre et aux progrès techniques a contribué à développer cette grande variété. La conséquence est la multiplication des circuits spécifiques, souvent liés à un constructeur d'appareils, et l'augmentation de la difficulté à se procurer les composants, hormis les éléments de base toujours aisés à trouver.

Un autre phénomène également à prendre en compte est l'obsolescence rapide des circuits en raison de l'amélioration constante des performances et des technologies de fabrication, ceci rendant parfois ardue la recherche d'un composant de substitution.

Dès lors, chacun comprendra que se procurer les composants n'est pas toujours facile et que la quantité et la diversité des composants utilisés interdisent d'avoir son propre stock. Cela rend le dépannage plus compliqué et il faut avoir la quasi-certitude que le composant incriminé est bien défaillant pour ne pas perdre temps et argent.

Les difficultés d'approvisionnement, le temps d'acheminement des composants commandés et parfois le coût élevé des circuits recherchés rendent le diagnostic précis d'autant plus nécessaire. Ce n'est malheureusement pas toujours facile et parfois il faudra se résigner à admettre son erreur lorsque, l'élément neuf étant resoudé, l'appareil présente toujours la même panne ou pire si le composant neuf est à nouveau détruit. Vous devrez aussi parfois admettre votre incapacité à dépanner un appareil au niveau « composants » quelle qu'en soit la raison et rechercher la carte circuit imprimé ou le sous-ensemble de rechange complet.

Selon ce que vous recherchez, vous pourrez vous procurer des composants : en magasin, sur Internet (boutiques en ligne, sites d'enchères ou de petites annonces en ligne), ou par récupération sur des appareils mis au rebut (pour d'autres raisons).

### COMPOSANTS DE BASE

Vous pourrez en général vous approvisionner en composants de base dans un magasin local (par exemple, Conrad, Mouser, Radio Spare, Espace Composants Électroniques ou d'autres en France). Il sera aisé de substituer un composant par un autre (forme différente, par exemple) ou de remplacer un élément par un autre (identique électriquement mais plus endurant : condensateur avec tension d'isolement supérieure par exemple).

Composez-vous un stock minimal de ces composants pour pouvoir faire des essais de remplacement.



Parmi eux, on peut citer les résistances, les condensateurs classiques et électrochimiques, les diodes et diodes Zener, quelques transistors bipolaires et MOSFET les plus courants et des fusibles bien entendu.

## COMPOSANTS SPÉCIFIQUES

Les composants spécifiques sont les plus complexes à trouver alors n'hésitez pas à « fouiller » sur Internet. Vous devrez bien souvent explorer les sites étrangers, quelquefois vous résoudre à les acheter en quantité multiple et surtout avoir la patience d'attendre leur expédition souvent longue (au minimum deux à trois semaines, voire davantage pour les composants achetés en Chine, par exemple).

Parfois vous devrez, mais cela n'est pas souvent possible, trouver un composant équivalent (cas des régulateurs de tension par exemple) d'un autre fournisseur de composants. C'est généralement en cherchant un composant qu'on trouve l'indication d'un équivalent ou d'un remplaçant plus facile à se procurer.

### Prix des composants

Le coût des composants peut varier du simple à six ou sept fois le prix d'un fournisseur à l'autre sans qu'une justification de qualité soit réelle. Soyez prudent vis-à-vis des composants de mauvaise qualité (condensateurs, piles, etc.) mais aussi des vendeurs qui exagèrent. Avec un peu d'expérience, vous trouverez des composants de qualité à un prix abordable et des vendeurs honnêtes. On parle parfois de copies de composants vendus par des boutiques en ligne de Chine, les sites comme AliExpress garantissent en général le sérieux de leurs vendeurs.

## CARTES OU CIRCUITS ASSEMBLÉS COMPLETS

Cette fois également, la chasse va être parfois ardue, les fournisseurs proposent des circuits neufs, ou des cartes d'occasion. Il existe en France (mais aussi dans bon nombre de pays) des boutiques web importantes proposant ces circuits assemblés, testés neufs ou d'occasion. Dans cette offre pléthorique, les prix s'échelonnent du simple à plus de dix fois le prix de base pour un même article selon que le produit est neuf, d'occasion garantie ou vendu par un particulier avec souvent peu de recours si le circuit se révèle être défectueux. Mais soyons positifs, le milieu des réparateurs est constitué de gens sérieux et peu de mauvaises surprises existent sur le marché des occasions vendues par des particuliers.

Restez vigilant et n'hésitez pas à contacter le vendeur quand cela est possible afin de déterminer la provenance de l'objet convoité et sonder ses compétences à déclarer le circuit fonctionnel. Les cas que j'ai rencontrés où les pièces étaient défectueuses sont heureusement rares, et les vendeurs sont pour la plupart parfaitement intègres. Il reste néanmoins les gens qui ne manquent pas d'honnêteté, certes, mais qui, un peu légèrement, affirment, sans avoir la compétence d'en être sûr, que le circuit est fonctionnel.

## RÉCUPÉRATION DE COMPOSANTS

Bon nombre de pannes obligent à changer des circuits imprimés assemblés en totalité ; il est bon alors de les conserver afin de pouvoir récupérer soi-même des composants.



Ne conservez pas les composants du type « condensateurs électrochimiques » qui vieillissent rapidement, surtout en restant hors tension. En revanche, gardez les autres composants, dès lors que vous pensez qu'ils sont en bon état.

Si la carte principale d'un téléviseur a été remplacée suite à une panne de son, on peut imaginer que les composants autres que ceux utilisés dans le circuit audio sont fonctionnels. De même, on pourra substituer un composant monté en surface (diode, résistance, etc.) par un composant à fils lors des essais et récupérer un CMS équivalent sur une autre carte pour finaliser le dépannage.

Nous l'avons vu au début de cet ouvrage, la récupération n'est pas toujours facile pour les composants montés en surface (CMS) mais le jeu en vaut souvent la chandelle. Avec un peu d'entraînement, cela devient facile au moins pour les composants passifs et les transistors présentant un faible nombre de connexions à dessolder puis à ressouder, contrairement aux circuits intégrés plus fragiles et délicats à manipuler.

Conservez les cartes des circuits imprimés hors d'usage car bon nombre de composants peuvent être récupérés dans les parties non défectueuses, permettant ainsi d'économiser l'achat de composants, au moins lorsqu'on est au stade des essais de réparation.

## Où acheter les composants ?

Soyons clairs, il est impossible de trouver tout ce dont on a besoin pour réparer les appareils dans les quelques magasins cités plus haut. Ceux-ci regorgent de composants de base et d'outils, d'appareils de mesure et de matériels parfois inutiles au réparateur à la recherche d'éléments de remplacement. Bien entendu, Internet vient là encore au secours du dépanneur. On commencera par les sites d'enchères en ayant le réflexe d'étendre la recherche aux sites internationaux. C'est le plus simple et le plus sûr moyen de trouver ce qu'on recherche. Inutile de rappeler que les composants sont le plus souvent fabriqués en Asie, pour ne pas dire en Chine : ne pas hésiter donc à solliciter des vendeurs de tous les pays. Pour ma part, je peux affirmer n'avoir jamais été déçu par ces vendeurs souvent professionnels. Le seul reproche qu'on peut faire est la lenteur et parfois le coût élevé de l'expédition alors que, sûr de son diagnostic, on est impatient d'essayer et de valider la réparation. De plus, la plupart des vendeurs acceptent le retour en cas de réception d'un matériel cassé ou en panne. C'est rare, mais cela peut arriver notamment au niveau des petits écrans LCD qu'on ne trouve pas en magasin.

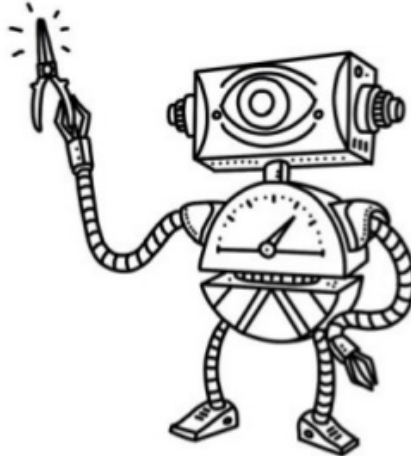
En dehors de l'Union européenne, il faut parfois payer des taxes d'importation et droits de douane, et cela doit être pris en compte lorsqu'on décide un achat à l'étranger. Les commandes de composants se résumant toujours à des sommes faibles, les taxes sont rarement réclamées par l'administration. Il en sera différemment lors de l'achat d'une pièce coûteuse.

Reste les moyens de paiement. Pour ma part, je demeure réticent à communiquer mon numéro de carte de paiement à des vendeurs inconnus. La plupart acceptent les sites de paiement à distance,

dont PayPal, ou les virements qui évitent les soucis fréquents avec les cartes de paiement. Là encore, je peux vous affirmer n'avoir jamais eu un quelconque problème. Certaines banques permettent également de générer un numéro à usage unique limité dans le temps et avec un plafond de dépenses, ce qui évite toute réutilisation ultérieure de votre numéro de carte de paiement.



N'hésitez pas à rechercher les pièces de remplacement dans le monde entier, tant l'offre est réduite et souvent localisée en Asie ou en Amérique du nord. Malheureusement, les délais d'acheminement sont longs.





## RESSOURCES UTILES

Impossible de citer tous les sites Internet intéressants, tant ils sont nombreux et variés, mais en voici quelques-uns à connaître. La plupart sont en anglais, mais l'anglais technique est très rapidement compréhensible avec un peu de persévérance, même sans utiliser de traducteur automatique.

### Formation théorique

#### TRADUCTION

[www.unlimited-translate.org](http://www.unlimited-translate.org)

<https://translate.google.com/?hl=fr>

[www.reverso.net/text\\_translation.aspx?lang=FR](http://www.reverso.net/text_translation.aspx?lang=FR)

#### COURS DE VULGARISATION ÉLECTRONIQUE

<https://www.electronics-tutorials.ws/index.html>

### Informations sur les appareils

#### CARACTÉRISTIQUES, TESTS ET AVIS

[www.lcd-compare.com](http://www.lcd-compare.com)

[www.samsung.com](http://www.samsung.com)

[www.p4c.philips.com](http://www.p4c.philips.com) ou [www.philips.fr](http://www.philips.fr)

<https://www.lesnumeriques.com>

<https://www.materiel.net>

otest.fr : c'est un plug-in Firefox, moteur de recherche spécialisé

#### NOTICES D'UTILISATION

<https://www.manuel-notice.fr>

[www.apreslachat.com](http://www.apreslachat.com)

Consultez également les sites des constructeurs.

## MANUELS DE MAINTENANCE

<https://www.eserviceinfo.com>

<https://www.elektrotanya.com>

<https://www.i-lap.com>

<https://fr.scribd.com>

<https://mesnotices.20minutes.fr/manuel-notice-mode-emploi>

[www.manual-download-station.com](http://www.manual-download-station.com)

## CORRESPONDANCE MODÈLE-CHÂSSIS

<https://english.electronic-pt.com/>

### Matériel

## VENTE DE COMPOSANTS ET D'OUTILLAGE

[www.elecdif.com](http://www.elecdif.com)

[www.conrad.fr](http://www.conrad.fr)

<https://www.indipc.fr/index.fr.php>

<https://www.rs-particuliers.com>

<https://www.mouser.fr/>

## LISTE DE REVENDEURS DE COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES EN RÉGION

Gotronic, Blagny (08)

Espace Électronique, Carcassonne (11)

SED, Marseille (13)

L'Impulsion, Caen (14)

Cognac Electronic, Angoulême (16)

E17 Electronique, La Rochelle (17)

KCE Electronique, Guéret (19)

BFK Electroniques, Dijon (21)

Reboul, Dijon (21)

KCE Electronique, Périgueux (24)

Reboul SA, Besançon (25)

Cheynis Electronique, Valence (26)

Composium, Quimper (29)  
TLS Composants Elect, Toulouse (31)  
JCL Electronique, Mérignac (33)  
Toute l'Electronique, Montpellier (34)  
Atlantique Composants, Cesson (35)  
Radio Electronic Rennais, Rennes (35)  
Radio Son, Tours (37)  
OM Electronique, Grenoble (38)  
E4Q, Mont-de-Marsan (40)  
SIM Radio, Saint-Étienne (42)  
Handytronics Semelec, Orléans (45)  
Atlantique Composants, Angers (49)  
BXP BIP, Châlons-en-Champagne (51)  
Electronic Space, Troyes (52)  
Electronic Service, Nancy (54)  
Distrionic, Pau (64)  
AEC, Strasbourg (67)  
WIGI Diffusion, Colmar (68)  
AG Electronique, Lyon (69)  
Saint Quentin Radio, Paris (75)  
SF Electronique SARL, Versailles (78)  
Lextronic, La Queue-en-Brie (94)

## VENTE DE PRODUITS CHIMIQUES

<https://www.1001aerosols.com/fr>

<https://www.mon-droguiste.com/index.cfm>

## IDENTIFICATION ET MARQUAGE DES COMPOSANTS

[www.marsport.org.uk/smd/mainframe.htm](http://www.marsport.org.uk/smd/mainframe.htm)

[www.hobby-hour.com/electronics/smdcalc.php](http://www.hobby-hour.com/electronics/smdcalc.php)

[www.talkingelectronics.com/projects/ResistorsMadeEasy/SMD-Resistors-EIA-Markings.html](http://www.talkingelectronics.com/projects/ResistorsMadeEasy/SMD-Resistors-EIA-Markings.html)

[http://rpm.planetaclix.pt/other\\_manuals/smd-codes.pdf](http://rpm.planetaclix.pt/other_manuals/smd-codes.pdf)

<http://alltransistors.com/fr>

## INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

<http://alain.canduro.free.fr/condos.htm>

[http://daniel.robert9.pagesperso-orange.fr/Les\\_composants\\_electroniques2.html](http://daniel.robert9.pagesperso-orange.fr/Les_composants_electroniques2.html)



[http://xizard.chez.com/Cours/Condensateur\\_composant1.htm](http://xizard.chez.com/Cours/Condensateur_composant1.htm)

<http://alltransistors.com/fr>

## FICHES TECHNIQUES

[www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com)

## Appareils de mesure, logiciels et tutoriels

[www.hfc-audiovisuel.com](http://www.hfc-audiovisuel.com)

[www.electronics-lab.com/downloads/pc/index.html](http://www.electronics-lab.com/downloads/pc/index.html)

[www.sonelec-musique.com/electronique\\_bases\\_tutoriel\\_soudure.html](http://www.sonelec-musique.com/electronique_bases_tutoriel_soudure.html)

[www.ehow.com/info\\_7883855\\_basics-mosfet-channels.html](http://www.ehow.com/info_7883855_basics-mosfet-channels.html)

[www.electronics-tutorials.ws](http://www.electronics-tutorials.ws)

## Forums techniques

[www.teleservice.xooit.fr](http://www.teleservice.xooit.fr)

[www.commentcamarche.net](http://www.commentcamarche.net)

[www.badcaps.net](http://www.badcaps.net)

[experts-univers.com](http://experts-univers.com)

[forums.futura-sciences.com](http://forums.futura-sciences.com)

[www.fixya.com](http://www.fixya.com)

[www.abcelectronique.com](http://www.abcelectronique.com)

[www.teleservice-depannage.com](http://www.teleservice-depannage.com)

[www.lelectronique.com](http://www.lelectronique.com)

**A-DIM ou Analog-Dim** : désigne le réglage de la luminosité d'un circuit de rétroéclairage par application d'une tension continue (réglage statique). En général, plus la tension est élevée (quelques volts), plus la luminosité est importante.

**ATA ou S-ATA** : voir IDE.

**ATX et  $\mu$ ATX** : désigne le format des boîtiers d'ordinateurs et le type des alimentations utilisées.

**B-DIM ou PWM-Dim ou PWM** : réglage dynamique de la luminosité d'un circuit de rétroéclairage qui permet un réglage variable par la carte de contrôle (SSB) en fonction du contenu de l'image, augmentant ainsi artificiellement le contraste des écrans. Ce réglage se fait par application d'un signal rectangulaire à rapport cyclique variable.

**BF (basses fréquences)** : indique le domaine de fonctionnement des circuits dans le spectre des fréquences audibles.

**BGA (Ball Grid Array)** : désigne les circuits intégrés à très haute densité dont les connexions avec leur circuit imprimé se fait par fusion de bille de soudure placées sous le composant.

**BIOS** : paramètres de base des circuits de contrôle des périphériques de l'ordinateur.

**Bipolaire** : se dit d'un transistor à jonction de type PNP ou NPN.

**Carte mère** : carte principale ou unique d'un appareil.

**CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp)** : qualifie les tubes néon du rétroéclairage d'un écran LCD.

**CMS (composant monté en surface)** : composants de très petites dimensions se soudant directement sur la surface du circuit imprimé et ne possédant pas de fils traversant. Ils constituent la majorité des composants passifs et actifs utilisés dans l'électronique moderne.

**COF (Chip On Film)** : circuits intégrés très spécifiques directement soudés par ultrason sur les câbles plats films reliant les circuits traditionnels d'une dalle écran (LCD ou plasma) à la dalle elle-même.

**CPL (courant porteur en ligne)** : désigne les adaptateurs réseau transmettant les signaux par le réseau électrique d'une habitation. On parle d'adaptateur CPL ou de prise CPL.

**Datasheet** : fiche technique relative à un composant ou un écran.

**Desktop** : littéralement « dessus de bureau ». Qualifie un boîtier d'ordinateur personnel se plaçant horizontalement sur une table.

**DLP (Digital Light Processing)** : technologie utilisée dans les vidéoprojecteurs via la technique des micromiroirs (puces DMD) réfléchissant la lumière sous l'influence d'un signal électrique et permettant la représentation d'une image monochrome. Cette technologie, combinée à une roue

chromatique à segments angulaires, correspondant aux filtres de couleurs fondamentales parfois complétées par le blanc et les couleurs complémentaires (cyan, magenta, jaune), tournant de façon synchrone et à haute vitesse devant l'objectif, permet de reproduire une image en couleurs.

**DMD (Digital Micromirror Device)** : nom de la puce électronique composée de micromiroirs contrôlés par une tension électrique et destinée à reproduire une image monochrome (voir DLP).

**DVBC-DVBT (Digital Video Broadcasting)** : norme de transmission de la télévision numérique, déclinée en « terrestre », c'est-à-dire réception par antenne ou « câble » pour réception par câble. Le sigle TNT est utilisé en France.

**EEPROM (Electrically Erasable Programmable Memory)** : mémoire programmable à lecture qui peut être effacée par des signaux électriques d'effacement (processus lent) et réinscrite.

**EPROM (Erasable Programmable Memory)** : mémoire programmable à lecture uniquement mais qui peut être effacée (en général par des rayons ultraviolets) et réinscrite.

**HF (hautes fréquences)** : indique le domaine des fréquences utilisées par les circuits en radiodiffusion.

**IDE (Integrated Drive Electronics)** : également connue sous le nom ATA (*Advance Technology Attachment*), désigne l'interface de liaison des mémoires de stockage (disques, CD/DVD/Blu-ray...) à l'ordinateur. Le connecteur utilisé est également propre à cette interface. Les signaux sont transmis sous forme parallèle. Remplacée par l'interface S-ATA ou « Serial ATA », plus rapide, au connecteur plus réduit.

**IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)** : en français, transistor bipolaire à grille isolée. Il s'agit de la combinaison entre un transistor NPN et un MOSFET. L'IGBT se comporte comme un transistor NPN classique au niveau émetteur-collecteur, mais sa base est remplacée par la grille d'un transistor MOSFET. Ainsi, il conserve les caractéristiques intéressantes du transistor à jonction au niveau de la conduction mais ne nécessite aucune puissance en entrée. Les IGBT sont surtout utilisés en commutateurs dans les circuits de puissance à tension élevée.

**Inverter** : circuit générant les tensions d'alimentation du rétroéclairage à haute tension (CCFL) ou basse tension (LED). Il peut être intégré à la carte principale (petites TV), séparé faisant alors partie intégrante de la dalle écran ou incorporé à la carte alimentation principale de l'appareil.

**JFET** : transistor à effet de champ de première génération.

**LCD (Liquid Crystal Display)** : ou afficheur à cristaux liquides. Ce sigle couvre toutes sortes de dispositifs d'affichage à cristaux liquides qui, sous l'effet d'un signal électrique, sont soit transparents, soit opaques, permettant ainsi l'affichage commandé par un dispositif électrique ou électronique. On trouvera des dispositifs LCD très simples : afficheur numérique monochrome à sept segments, afficheur d'une montre à quartz ; et des afficheurs multilignes alphanumériques (chaînes hi-fi...) ou des écrans de visualisation pour les ordinateurs ou les téléviseurs et comportant plusieurs millions de pixels.

**LED/DEL (Light-Emitting Diode ou diode électroluminescente)** : qualifie les diodes lumineuses utilisées dans le rétroéclairage des écrans de type LED ou comme voyants.

**LVDS (Low Voltage Differential Signaling)** : qualifie l'interface normalisée des signaux (envoyés par paire complémentaire : négatif et positif) à un écran LCD/LED par les circuits de contrôle. Ces signaux comprennent en général trois signaux vidéo et un signal d'horloge « clock ». Leur amplitude est de l'ordre de 250 à 450 mV crête à crête ; ils sont décalés de +1,2 V. L'impédance des circuits est de 100  $\Omega$ .



**Carte LVDS ou T-Con** : carte située au dos de la dalle écran, en général sous un blindage métallique, qui comprend les circuits d'alimentation, contrôle, multiplexage et démultiplexage de la matrice de l'écran. Cette carte fait partie intégrante de la dalle écran et n'est pas vendue séparément. LVDS signifie *Low Voltage Differential Signaling*, T-Con signifiant *Timing Control*.

**MKP (*Metallisierter Kunststoff Polypropylen*)** : type de condensateurs à film plastique métallisé, souvent en boîtier perpendiculaire, dont une des propriétés intéressantes est la bonne tenue en régime impulsif (alimentations à découpage par exemple). Il existe des catégories voisines MKT et MKS.

**MKS** : voir ci-dessus.

**MKT** : voir ci-dessus.

**MOSFET (*Metal Oxide Semi-conductor Field Effect Transistor*)** : transistors à effet de champ ayant des résistances très faibles lorsqu'ils sont conducteurs, évitant les pertes donc l'échauffement excessif des circuits de puissance. Ils sont souvent utilisés en interrupteurs dans les circuits des alimentations à découpage. Il existe les modèles à « enrichissement », qui sont les plus courants, et les modèles à « appauvrissement », moins fréquents. Ces deux types ne sont pas interchangeables.

**PCMCIA (*Personal Computer Memory Card International Association*)** : norme d'interface utilisée dans les ordinateurs portables. Utilisée également dans les téléviseurs pour recevoir les cartes de décryptage des chaînes TNT. Les cartes PCMCIA sont aussi appelées « PC Cards ».

**PFC (*Power Factor Correction*)** : dispositif permettant de minimiser les perturbations électriques et les pertes de puissance dues aux circuits d'alimentation selon les normes en vigueur.

**Preconditionner** : ensemble de circuits électroniques assurant le respect des normes en matière de pollution électrique du réseau (voir PFC).

**PSU (*Power Station Unit*)** : désigne l'ensemble des circuits d'alimentation de l'appareil situés sur une carte de circuit imprimé parfois à l'intérieur de l'appareil ou sur la carte unique (petits appareils), parfois à l'extérieur (bloc alimentation externe) ou sous forme d'un bloc séparé (voir les ordinateurs). Ces alimentations sont à ce jour, pour la plupart, des alimentations à découpage qui réduisent le volume des appareils et possèdent un meilleur rendement électrique. Elles sont aussi plus fragiles.

**Push-pull** : en français, littéralement « pousser-tirer ». Type de circuit électronique utilisé dans les alimentations à découpage, les amplificateurs audio et tout appareil mettant en jeu des fortes puissances. Ces circuits utilisent une technique de montage symétrique de transistors l'un « tirant », l'autre « poussant » le courant dans un transformateur en général. Ils nécessitent un appariement des transistors employés pour une parfaite symétrie du fonctionnement.

**PWM (*Pulse Width Modulation*)** : modulation par variation du rapport cyclique d'un signal rectangulaire. Voir B-DIM pour son utilisation par les inverters.

**RAM (*Random Access Memory*)** : mémoire à accès lecture/écriture.

**RDS (*Radio Data System*)** : procédé permettant la diffusion d'informations par les stations de la bande FM. Il s'agira par exemple de l'heure, du nom de la station, du titre et du nom de l'interprète d'une chanson en cours de diffusion... mais aussi d'informations permettant la recherche et le basculement automatique du récepteur d'un émetteur à l'autre lors des déplacements, assurant ainsi une continuité de la réception (autoradio).

**ROM (Read Only Memory)** : mémoire programmable ne permettant que la lecture des données inscrites une fois pour toutes à l'initialisation ou à la fabrication. Voir aussi EPROM et EEPROM.

**SMD (Surface Mounted Device)** : voir CMS.

**SMPS (Switched Mode Power Supply)** : alimentation à découpage. Voir PSU.

**SSB (Small Signal Board)** : carte en charge du traitement de l'ensemble des signaux de faible niveau ou carte de contrôle et décodage du téléviseur en opposition avec la ou les cartes d'alimentation.

**SSD (Solid State Disk)** : nouveau support de stockage rapide appelé à tort « Disk » car il s'agit en fait d'une mémoire permanente du type de celle des clés USB ou cartes mémoire mais beaucoup plus rapide en accès, lecture et écriture qu'un disque dur rotatif et... beaucoup plus onéreuse.

**TNT (télévision numérique terrestre)** : système numérique de transmission de la télévision permettant une bien meilleure qualité pour une même utilisation des fréquences disponibles. Voir aussi DVBT et DVBC.

**Touchpad** : en français « pavé tactile », il s'agit de la surface tactile située sous le clavier d'un ordinateur portable et qui fait office de souris.

**Tuner** : petit boîtier métallique situé sur la carte SSB recevant les signaux de l'antenne de toit ou du câble et permettant le raccord du téléviseur sur les différents canaux hertziens ou câblés disponibles. Il existe des tuners uniquement analogiques, numériques (TNT) ou mixtes encore appelés « hybrides ».

**USB (Universal Serial Bus)** : norme de liaison de type série universellement présente sur les ordinateurs. Elle se décline en trois versions USB1, USB2 et USB3 compatibles de façon ascendante, et dont la vitesse de transfert croît avec la version. L'interface physique permet l'autoalimentation ou la recharge des périphériques qui lui sont connectés (clés mémoire, téléphones mobiles, disques durs, etc.).

**VGA (Video Graphics Array)** : désigne un type d'interface des signaux vidéo en mode analogique (cas des ordinateurs mais aussi parfois d'autres appareils vidéo ou de mesure). On parlera aussi de « connecteur VGA », standard de connexion des écrans moniteurs vidéo d'ordinateur, qui possède 15 broches et est de type femelle en sortie d'ordinateur. On parlera également de « câble VGA » et de « résolution » VGA (640 × 480 pixels). Il existe également les résolutions SVGA (800 × 600), XGA (1 024 × 768) et SXGA (1 280 × 960).

**Wrapping** : technique de réalisation de connexions sur des prototypes, les liaisons se font par enroulage d'un fil très fin (jauge AWG 30 soit 0,254 mm de diamètre) autour de plots de connexion à l'aide d'outils spécifiques.

**X-address ou X-address-buffers** : circuits générant les signaux d'adressage des pixels dans un écran plasma.

**Xdata** : appellation identique à X-address chez certains constructeurs.

**X-main** : appellation identique à Z-sustain chez certains constructeurs.

**Y-main** : appellation identique à Y-scan chez certains constructeurs.

**Y-scan** : circuits générant les signaux de balayage des lignes dans un écran plasma.

**Y-buffers** : circuits délivrant les signaux de balayage des lignes aux électrodes Y-scan d'un écran plasma.

**Z-sustain** : circuits générant et délivrant les signaux de maintien à un écran plasma.

## A

abaisseur 148, 274-275  
acétone 11, 34  
adressage 315-317  
aération 163  
alimentation à découpage 252-254, 348  
alimentation externe 242, 350, 366  
amplificateur audio 201, 246  
amplificateur opérationnel 275, 289  
antenne 192, 285  
antimalware 25  
antimarquage 27  
antivirus 25  
appareil à moteur électrique 115  
appareil à vapeur 111  
appareil d'éclairage à LED 121  
appareil photo 17, 189  
appareil portatif 106  
arc électrique 4

## B

batterie 106  
BGA 172  
bloc optique 207, 209  
Blu-ray 206  
borne solaire 129  
bruit 256

## C

câble plat 84  
cafetière 111  
calculatrice 104  
capteur infrarouge 59  
carte alimentation 365  
carte mère 152-154, 185  
carte périphérique 152  
CCFL 137, 229, 257  
chaîne hi-fi 201  
circuit de protection 352

circuit imprimé 95, 194  
circuit intégré 51  
circuit primaire 351, 358  
circuit vidéo 167  
clavier 158, 175  
CMS 91-95  
commutateur 58  
composant actif 51  
composant passif 39  
condensateur 47  
congélateur 131  
connecteur 82  
console 187  
contrôleur de composants 20  
contrôle visuel 32  
courroie 197, 208, 215  
court-circuit 97

## D

dalle LCD 292  
dalle plasma 344  
danger 5  
DC/DC 270  
décapeur thermique 36  
décodage 288  
défragmentation 25  
démultiplexage 288  
dessoudage 90-93  
diode 51  
diode Schottky 52  
diode Zener 52  
disjoncteur 6, 108  
disque dur 178  
DLP 218  
documentation 369

## E

écran d'ordinateur 137  
écran LCD 231, 291, 306  
écran plasma 315





électroménager 131  
encrassement 101  
espace de travail 16  
ESR 20, 49

## F

fêlure 345  
fer à dessouder 34  
fer à souder 9, 33  
FET 54  
filtrage 359, 362  
four à micro-ondes 116  
fusible 40

## G

graissage 37  
graveur 206

## H

haut-parleur 61  
horloge à quartz 103

## I

identification des composants 39  
inductance 50  
infrarouge 59, 99  
interrupteur 58  
inverter 257

## J

JFET 54

## L

LCD 229-233  
LED 60, 127  
lentille 208  
Logic control 313, 324  
loupe 13

## M

magnétron 117  
marquage 63, 381  
matériel de soudure 33  
matériel informatique 135  
microprocesseur 56  
mire 327

miroir 13  
moniteur informatique 137  
montre à quartz 104  
MOSFET 54  
multimètre 18-19  
mur de charge 317

## O

ohm 42  
ordinateur de bureau 140  
ordinateur portable 157  
oscilloscope 21  
outillage électroportatif 107  
oxydation 194

## P

panneau LCD 288  
petit appareil électrique 107  
PFC 325, 353  
pile 194  
pleurage 199  
potentiomètre 45  
prévention 5  
puissance 42

## R

recherche de composants 375  
récupération de composants 377  
redressement 51-52, 362  
réfrigérateur 131  
régulateur 148  
relais 59  
remise à zéro 279  
résistance 42  
résistance ajustable 45  
résolution 232  
rétroéclairage 257, 294  
roue chromatique 222

## S

sèche-linge 131  
smartphone 223  
SMD 71  
sonde 21-24  
soudage 90, 94  
soudure 33, 87  
souris d'ordinateur 135  
sous-trame 316  
SSD 26

stockage 156, 179  
substitution d'une alimentation 365  
surchauffe 4, 83, 89, 109, 110

## T

tablette numérique 180  
T-Con 229, 287, 326  
technologie d'affichage 231  
télécommande 99  
télécommande infrarouge 99  
téléviseur 26, 229, 313  
thermistance 61  
TNT 27  
trame 281  
transformateur 50  
transformateur d'isolement 14, 16  
transistor 53  
    à effet de champ 54  
        bipolaire 53  
        IGBT 54  
        JFET 54  
        MOSFET 54  
tresse à dessouder 33-34  
triac 61  
Tri-LCD 218  
tuner 27, 203, 285-286

## U

USB 136

## V

variateur d'intensité 127  
varistance 61  
VGA 146-147  
vidéoprojecteur 26, 217

## X

X-main 315

## Y

Y-buffers 334  
Y-main 315  
Y-scan 329

## Z

Z-sustain 340

Merci d'avoir choisi ce livre Eyrolles. Nous espérons que sa lecture vous a intéressé(e) et inspiré(e).

Nous serions ravis de rester en contact avec vous et de pouvoir vous proposer d'autres idées de livres à découvrir, des nouveautés, des conseils, des événements avec nos auteurs ou des jeux-concours.

Intéressé(e) ? Inscrivez-vous à notre lettre d'information.

Pour cela, rendez-vous à l'adresse [go.eyrolles.com/newsletter](http://go.eyrolles.com/newsletter) ou flashez ce QR code (votre adresse électronique sera à l'usage unique des éditions Eyrolles pour vous envoyer les informations demandées) :



Merci pour votre confiance.

L'équipe Eyrolles

P.S. : chaque mois, 5 lecteurs sont tirés au sort parmi les nouveaux inscrits à notre lettre d'information et gagnent chacun 3 livres à choisir dans le catalogue des éditions Eyrolles. Pour participer au tirage du mois en cours, il vous suffit de vous inscrire dès maintenant sur [go.eyrolles.com/newsletter](http://go.eyrolles.com/newsletter) (règlement du jeu disponible sur le site).