

# réparation d'équipements électroniques



outils, techniques et conseils

Jean-François Simon (Elektor)

Savoir réparer et dépanner ses propres appareils électroniques permet non seulement d'économiser de l'argent, mais aussi de prolonger la durée de vie de son équipement, et constitue une expérience très enrichissante ! De la maîtrise des outils essentiels aux techniques de dépannage, en passant par les défauts des composants les plus courants, ce guide vous aidera à aborder vos réparations avec davantage de confiance.

Tout d'abord, voyons les outils qui seront utiles pour la plupart des réparations électroniques. Bien sûr, chacun aura sa liste d'outils préférés, selon ses habitudes personnelles. Voici ma liste. Si vous êtes débutant, elle pourra peut-être vous être utile pour commencer. Si vous ne possédez qu'un ou deux de ces outils, et que la liste vous semble bien trop longue ou bien trop chère, pas de panique ! D'une part, il est toujours possible de « faire sans », jusqu'à ce que vous décidiez que le moment est venu d'acheter un nouvel outil, et, d'autre part, la plupart de ces outils peuvent être trouvés



Figure 1. Outils essentiels.

soit à très bas prix en Chine, soit à des prix abordables sur le marché de l'occasion dans votre pays.

Commençons par les outils essentiels (**figure 1**). Vous aurez besoin au minimum d'un multimètre, d'un fer à souder et de soudure, d'un oscilloscope et d'une alimentation réglable. Pour examiner les soudures et inspecter le circuit imprimé à la recherche de défauts, une petite loupe avec un grossissement suffisant (10× dans mon cas) sera d'une aide précieuse. Même une loupe très bon marché sera infiniment mieux que pas de loupe du tout ; personnellement, j'utilise un modèle en plastique à 3 euros chez RS (réf. 136-8106) qui m'est bien utile. Cela peut se discuter, mais, à mon avis, un

deuxième multimètre et un deuxième fer à souder sont également des outils indispensables. Deux multimètres sont utiles en même temps, entre autres pour tester les alimentations, en contrôlant la tension tout en faisant augmenter le courant de sortie. Quant au second fer à souder, il sera presque irremplaçable en complément du premier, pour dessouder toutes sortes de composants CMS avec un fer dans chaque main. En ce qui concerne la soudure, n'oubliez pas la tresse à dessouder (je recommande la variante étamée) et flux en gel. Pour nettoyer après la soudure, des coton-tiges et de l'alcool isopropylique à 99 % (ou, à défaut, à 90 %) font l'affaire. Je recommande de mettre l'alcool dans de petites bouteilles

en plastique (50 ou 100 ml, par exemple), ce qui permet d'en appliquer de petites quantités, et de consacrer l'une de ces bouteilles à un mélange 50 % alcool isopropylique, 50 % acétone – très efficace pour les résidus difficiles à éliminer. Bien entendu, si vous en avez les moyens, un nettoyant professionnel comme le Fluxclene est parfait, mais pas indispensable. Pour éliminer la corrosion sévère causée par la pénétration d'eau ou la fuite d'électrolyte d'un condensateur, un stylo grattoir en fibre de verre s'avère très utile.

## Les outils optionnels à la rescousse

On peut s'en passer, mais une fois qu'on les a achetés, ils se révèlent vraiment pratiques. Je recommande une station à

### Deux réparations passées

Une fois, j'ai dépanné une télécommande d'équipement industriel alimentée par une batterie au lithium, et qui refusait de fonctionner. Tous les éléments de la carte semblaient inactifs. Pas de consommation de courant, pas de réaction aux pressions sur les boutons, même en remplaçant la batterie par une alimentation. En fait, un simple contrôle visuel a permis de trouver la solution : la broche centrale du connecteur de recharge était cassée. En conséquence, la batterie s'était déchargée complètement et le CI de surveillance de la batterie avait mis l'ensemble de la carte en sommeil profond. Pour débloquer cette protection, il faut charger la batterie, non pas avec une alimentation de laboratoire, mais avec le circuit intégré en question, ce qui n'est pas possible si la broche est manquante. Ouvrez l'œil !

Une autre fois, il s'agissait d'un contrôleur de moteur assez complexe qui affichait « arrêt d'urgence enclenché », alors que ce n'était pas le cas. J'ai identifié le bornier dédié à l'arrêt d'urgence en consultant le manuel, et j'ai suivi les pistes jusqu'à l'un des microcontrôleurs de la carte, à une bonne vingtaine de centimètres, en vérifiant de nombreux composants sur le chemin. J'ai finalement trouvé un transistor CMS en court-circuit, juste avant que le signal n'atteigne le microcontrôleur. Victoire ! Cet appareil à plus de 1 500 euros a finalement été réparé en remplaçant un composant à 20 centimes.



Figure 2. Un limiteur de courant fait maison.

dessouder bon marché. C'est tellement efficace pour dessouder proprement et rapidement transistors, condensateurs, circuits intégrés DIP, connecteurs, relais, etc., que je pense qu'il serait dommage de s'en priver trop longtemps, surtout avec des produits aussi abordables que les modèles ZD-915 ou ZD-8915 à moins de 100 €. J'ajouterais à cette catégorie : un ESR-mètre ou un LCR-mètre, ainsi qu'un testeur de composants très bon marché comme le modèle T4.

### Un limiteur de courant ?

Dans la catégorie des petits outils artisanaux que l'on se constitue au fil des années, je citerais également un limiteur de courant à ampoule. Il est particulièrement utile lors de la réparation d'alimentations secteur, notamment lorsque celles-ci présentent des défauts tels qu'un pont de diode ou des transistors court-circuités sur le circuit primaire, un fusible qui a sauté, etc. Après la réparation, il est bon de limiter le courant maximal, au cas où un problème nous aurait échappé, pour éviter que les mêmes composants ne grillent à nouveau.

Le principe est très simple : placez une ampoule à incandescence, dont la tension correspond à celle du réseau électrique dans votre pays, en série avec l'un des deux fils d'alimentation. En cas de problème (au pire, un court-circuit franc entre phase et neutre), il n'y aura pas d'explosion, la lampe s'allumera simplement, vous laissant le temps de la débrancher sans dommages. Il est conseillé de disposer de plusieurs lampes de différentes puissances, afin de pouvoir limiter le courant à une valeur plus ou moins élevée, en fonction de l'appareil que l'on souhaite tester. Cela peut se faire très simplement avec quelques ampoules de recharge et une douille ; il suffit de visser

l'ampoule de son choix en fonction des besoins. Notez qu'il faut absolument des ampoules à incandescence, et non CCFL ou LED ; pour en trouver, vous devrez peut-être passer par les petites annonces, car elles ont complètement disparu des rayons des magasins dans de nombreux pays.

Pour ma part, j'ai réalisé un montage un peu plus compliqué que nécessaire (**figure 2**), en utilisant un commutateur rotatif pour connecter un certain nombre de petites ampoules halogènes en parallèle (20 W / 230 V, G9), ce qui me permet de limiter le courant en cinq paliers – de 80 mA à environ 400 mA.

Voyons maintenant quelques méthodes de réparation.

### Quelques conseils pour démarrer

Commencez par faire un point détaillé sur la situation. Savez-vous exactement comment se manifeste la panne ? S'il s'agit d'un appareil que vous possédez ou que vous utilisez vous-même au moment où la panne s'est produite, vous en avez probablement une bonne idée. Mais prenez le temps de le noter et de relever tout ce qui pourrait constituer un indice. L'appareil a-t-il un écran qui indique un message d'erreur ? Fonctionne-t-il à froid et s'arrête-t-il après s'être réchauffé ? Ou l'inverse ? L'appareil a-t-il subi un choc ? Le fait de taper légèrement sur l'appareil affecte-t-il son fonctionnement ? Tous ces indices vous aideront à démarrer, ne les négligez pas. Dans la mesure du possible, essayez de constater vous-même la panne, s'il s'agit d'une réparation que vous effectuez pour quelqu'un d'autre.

Jetez un coup d'œil sur Internet pour voir si quelqu'un d'autre, dans n'importe quel

forum, a eu le même problème avec le même appareil. Voyez si un manuel d'entretien ou des schémas sont disponibles.

Vient ensuite le démontage. Pensez à prendre des photos pour faciliter le remontage, et numérotez les connecteurs avec un marqueur permanent à pointe fine si nécessaire, afin de les reconnecter sans ambiguïté lors du remontage.

## Inspection visuelle

Pour le diagnostic, commencez par un bon contrôle visuel : je ne compte plus le nombre de fois où cela m'a permis de trouver immédiatement, sinon le défaut précis, du moins son emplacement sur le circuit imprimé, grâce à des composants grillés, des signes de surchauffe, des composants manquants (les pattes des composants se cassent parfois sous l'effet d'un choc, après avoir été fatigués par les cycles thermiques), des joints de soudure fissurés, et ainsi de suite. Utilisez également vos autres sens : une odeur suspecte ? Un bruit étrange lorsque vous secouez le boîtier ? Essayez d'identifier les blocs fonctionnels. Alimentations, circuits du panneau avant, section numérique, section analogique, étages de sortie le cas échéant, etc. Utilisez votre sens de déduction pour tenter de localiser les sources possibles de problèmes. Choisissez une direction : soit dans le sens du flux (flux d'énergie ou flux d'information), soit à contre-courant. Des entrées vers les sorties, ou vice versa. Il n'y a pas de règle absolue ; au début, on peut choisir arbitrairement, et alterner les deux techniques au fur et à mesure que le diagnostic progresse. Pour une alimentation qui ne s'allume pas du tout, il est souvent commode de commencer par l'entrée secteur, et de vérifier l'un après l'autre les éléments de la chaîne : fusible OK, pont de diodes OK, transistor PFC OK, etc. En revanche, si l'alimentation s'allume mais qu'il y a un défaut sur une seule de ses multiples sorties, il est plus pertinent de commencer par la sortie, en remontant.

## L'alimentation fonctionne-t-elle ?

En règle générale, commencez par vérifier les rails d'alimentation. Parfois, il existe des points de test ; sinon, vous pouvez mesurer la tension aux bornes des condensateurs électrolytiques. Les tensions courantes sont 12 V, 5 V, 3,3 V, etc. Une tension fluctuante

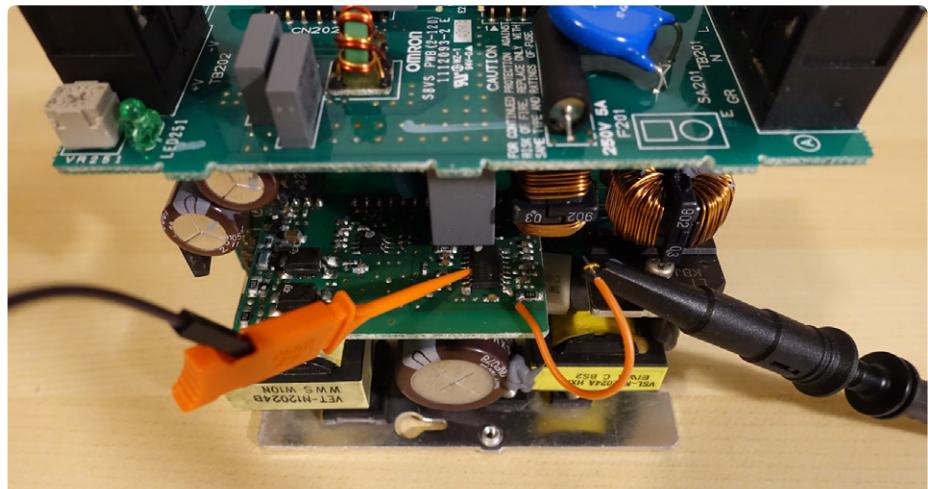


Figure 3. Comment faire une mesure sous tension en toute sécurité.

ou absente vous alertera d'une éventuelle défaillance.

Si les alimentations semblent fonctionner, vérifiez que les blocs fonctionnels que vous rencontrez sont également alimentés, en mesurant les tensions aux bornes d'alimentation des circuits intégrés et des microcontrôleurs. Les fiches techniques et l'expérience vous indiqueront les numéros de broches à surveiller. En cas de tension nulle, vérifiez à l'aide d'un ohmmètre que le rail n'est pas en court-circuit à la masse. Si c'est le cas, cherchez le court-circuit ; si ce n'est pas le cas, cherchez en amont pourquoi l'alimentation n'est pas allumée.

Dans la mesure du possible, j'essaie de dessouder le moins de composants possible. Néanmoins, il arrive souvent qu'il y ait un doute et qu'il faille dessouder un composant pour confirmer une mesure, surtout lorsqu'il s'agit de trouver des courts-circuits. Attention ! J'ai souvent rencontré des circuits imprimés sans sérigraphie, et il peut arriver à n'importe qui de re-soudre accidentellement un circuit intégré SO-8 ou SO-14 à l'envers (tourné de 180°), ce qui entraîne colère et frustration lors du test suivant. Reportez-vous aux photos prises au préalable.

Au cours de cette phase de dépannage, il faudra probablement alterner fréquemment entre les tests de composants en circuit (hors tension), le dessoudage, le ressoudage, l'échange éventuel de composants, les tests sous tension, et ainsi de suite. Dans tous les cas, prenez votre temps et gardez les idées claires. Surtout, ne soudez ni ne dessoudez jamais sur un circuit sous tension ! Et veillez à ce que cela ne se produise pas non plus par accident. Outre la question de la sécurité, il existe un risque très réel de créer des défauts en court-circuitant deux pattes adjacentes avec le fer à souder.

## Mesurer en toute sécurité

N'effectuez jamais de mesures à l'oscilloscope sur le côté primaire (côté secteur, avant le transformateur) d'une alimentation, à moins d'être parfaitement informé et d'avoir une certaine expérience des sondes différentielles et des transformateurs d'isolement. Côté secondaire, il y a moins de risques pour la sécurité, mais toujours un risque de créer des pannes. Plutôt que de prendre le risque de glisser avec la pointe de la sonde, je préfère souvent souder un petit morceau de fil à l'endroit concerné pour y agripper la sonde. Une autre option consiste à utiliser des mini grippes-fils fins et de bonne qualité, comme ceux d'EZ-Hook (voir **figure 3**). Cela me laisse les mains libres pour mettre le circuit sous tension et modifier les réglages de l'oscilloscope. Lorsque je travaillais dans un atelier de réparation électronique, j'utilisais constamment mon ordinateur pour rechercher les fiches techniques et les brochages des innombrables nouveaux composants que je ne connaissais pas lors de la réparation d'un appareil particulier. Lorsque l'on travaille sans schémas, qui sont rarement disponibles, et parfois sur des circuits imprimés sans sérigraphie, les catalogues de marquage CMS sont des outils inestimables pour identifier les composants. [1] et [2] sont deux exemples bien connus, mais il en existe d'autres.

Enfin, vient le moment où vous avez trouvé un composant défectueux. Vos mesures sont catégoriques : il est grillé. Félicitations ! Cherchez dans les environs, sur toutes les pistes partant de toutes les pattes de ce composant, s'il n'y a pas d'autres dommages.

## Remplacement des composants

Pour remplacer le composant, essayez dans la mesure du possible de le remplacer par

un composant identique, en recherchant tous les fournisseurs habituels : Farnell, RS, Mouser, Digikey, Distrelec, etc. Si possible, évitez eBay et Aliexpress, où la probabilité de recevoir un composant contrefait atteint parfois 100 %.

Si le composant est difficile à trouver ou obsolète, il n'y a pas d'autre choix que de trouver un équivalent. Faites attention au type de boîtier, à son brochage, ainsi qu'à ses principales caractéristiques : tension et courant maximum pour les transistors, vitesse de commutation, etc. En cas de doute, n'hésitez pas à demander de l'aide sur un forum, dont les membres sont généralement très serviables et sympathiques.

Dans la section suivante, nous allons examiner quelques défauts courants qui peuvent survenir pour certains des composants les plus courants, ainsi que quelques conseils pour les tester.

## Modes de défaillance des composants

Il est bon d'avoir une idée des types de défaillances qui peuvent survenir pour un type de composant donné afin de pouvoir effectuer une recherche efficace. Il est courant d'entendre que les condensateurs électrolytiques sont toujours les coupables. C'est parfois le cas des alimentations à découpage très bon marché, qui sont construites avec des condensateurs limités à 85°C au lieu des condensateurs un peu plus chers qui résistent à 105°C. Souvent,

la marge est très faible, tant au niveau de la tension que de la capacité, ce qui sollicite excessivement les condensateurs, qui finissent par rendre l'âme juste après l'expiration de la garantie légale.

Cependant, dans les appareils mieux conçus, ou dans les instruments de mesure et les équipements industriels, c'est loin d'être le cas général. Voici une liste des défaillances les plus courantes, classées par type de composant.

**Condensateurs électrolytiques :** Parfois bombés, comme le montre la **figure 4**, ou ayant perdu de l'électrolyte, ayant perdu de la capacité ou ayant une valeur d'ESR trop élevée. Testez-les à l'aide d'un multimètre en mode condensateur, d'un ESR-mètre ou d'un LCR-mètre. Ceux qui sont bombés ou qui ont fui devront être forcément remplacés ; pour ceux qui ont un aspect normal, dessoudez une patte pour éviter que les composants voisins n'interfèrent avec la mesure.

**Transistors de puissance (bipolaires ou MOSFET) :** Souvent en court-circuit, parfois en circuit ouvert. Testez avec un multimètre en mode diode. Identifiez d'abord le brochage. Pour un transistor bipolaire, vérifiez les jonctions base-émetteur et base-collecteur. Vérifiez également qu'il n'y a pas de continuité entre le collecteur et l'émetteur. Pour un MOSFET, vérifiez que la diode interne du MOSFET est visible (tension de jonction d'environ 0,5 ou 0,6 V)

entre le drain et la source (**figure 5**) et que la grille est isolée des deux autres broches.

**Diodes de puissance, ponts de diodes de redressement :** Souvent en court-circuit, plus rarement en circuit ouvert. Lorsqu'on les teste en mode diode, on devrait trouver une tension d'environ 0,6 ou 0,7 V pour les diodes conventionnelles dans le sens direct, et OL (infini) dans le sens inverse. Pour les diodes Schottky, la tension est plus faible, de l'ordre de 0,3 V.

**Résistances de puissance :** Souvent ouvertes. Cas typique : résistances « ciment » utilisées pour limiter le courant de démarrage de certaines alimentations à découpage.

**Diodes traversantes ou CMS, ou diodes Zener, et petits transistors bipolaires ou MOSFET :** En court-circuit ou en circuit ouvert. Testez-les en mode diode.

**Les circuits intégrés de puissance :** C'est-à-dire ceux qui peuvent potentiellement dissiper un peu de chaleur, tels que les contrôleurs de moteur : broches d'alimentation court-circuitées à la masse, ou broches de sortie court-circuitées à la masse ou au VCC. C'est souvent le cas des circuits intégrés de pilotage PWM, du côté primaire des alimentations à découpage. En particulier, ceux qui intègrent la logique de commande et le transistor de puissance



Figure 4. Les fameux condensateurs électrolytiques bombés. (Source : Wikipédia [3])

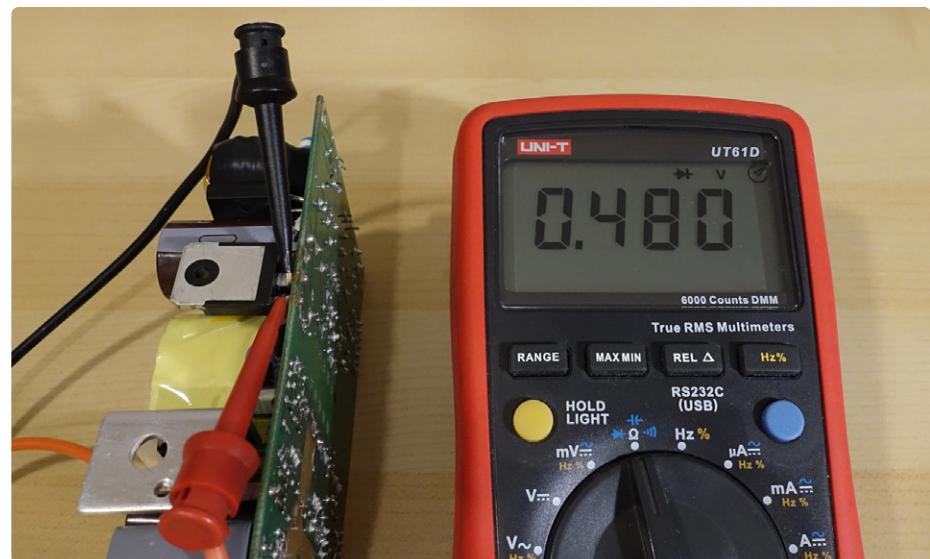


Figure 5. Utilisation du mode diode pour tester un MOSFET de puissance.

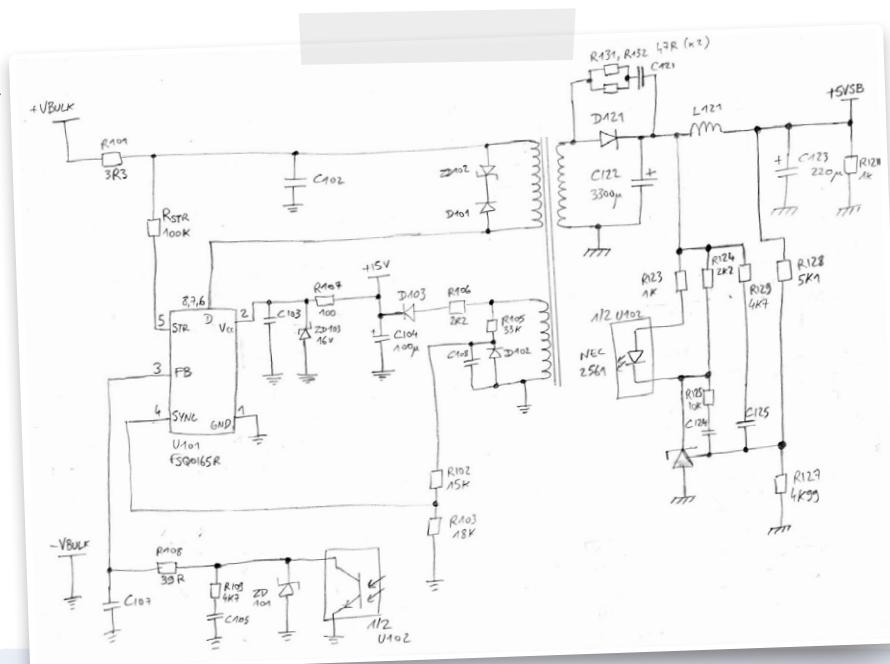
dans le même boîtier (comme le VIPER20 de ST et d'autres) sont fragiles.

**Condensateurs à film plastique :** Perte de capacité. Plus rarement, court-circuit. La perte de capacité est fréquente, surtout lorsque ces condensateurs sont utilisés comme « chute de tension » capacitive, c'est-à-dire pour obtenir une tension de quelques volts afin d'alimenter un circuit logique à partir du secteur. Dans ce cas, un courant alternatif constant traverse en permanence le condensateur qui vieillira prématûrement.

**Transformateurs :** Circuit ouvert ou court-circuit entre les spires (entraînant une surintensité et une surchauffe).

**Résistances traversantes ou CMS :** Parfois visiblement brûlées, parfois en circuit ouvert, non visibles à l'œil nu. Cela peut être facilement vérifié à l'aide d'un ohmmètre : en raison des différents composants en parallèle avec la résistance testée, la résistance mesurée doit toujours être inférieure à la valeur indiquée sur le marquage de la résistance. Si ce n'est pas le cas, la résistance est en circuit ouvert ou a considérablement dérivé vers une valeur plus élevée.

**Condensateurs céramiques CMS :** Parfois court-circuités. Dans ce cas, tout le rail d'alimentation est court-circuité à la masse. Pour le localiser sur la carte, vous pouvez utiliser une alimentation de laboratoire. Réglez la tension à une valeur faible, par exemple 1 V ou 2 V, et le courant maximal à environ 1 A. Branchez-la sur le rail d'alimentation en respectant la polarité. Cela forcera un courant dans le court-circuit. Utilisez ensuite le multimètre en mode millivoltmètre pour vous rapprocher de plus en plus du court-circuit. La tension est la plus faible aux bornes du condensateur court-circuité. Certains recommandent d'utiliser une alimentation plus puissante et de régler le courant à une valeur plus élevée ; cela peut faire chauffer le composant court-circuité, qui peut alors être vu avec une caméra thermique. Si vous utilisez cette technique, soyez prudent, un courant plus élevé peut également brûler certaines pistes. Dans de très rares cas, ces condensateurs peuvent également se retrouver en circuit ouvert – voir l'exemple dans l'encadré.



### Une alimentation qui refuse de coopérer

Celle-ci m'a donné du fil à retordre. J'ai dépanné une alimentation ATX pour PC, une CX400 de Corsair, datant des années 2010. Elle s'éteignait au bout d'un certain temps. Le premier problème était que l'alimentation voulait bien s'allumer dans le PC, mais refusait catégoriquement de démarrer sur mon établi lorsque j'utilisais la technique classique consistant à court-circuiter le fil vert PS\_ON à la masse, ce qui compliquait mon diagnostic. Étant moins expérimenté à l'époque, je n'ai pas immédiatement pensé à connecter une charge résistive supplémentaire sur le rail 5V\_SB (alimentation standby, active lorsque le PC est éteint) pour y remédier.

Ceci étant fait, j'ai constaté une instabilité considérable de la tension 5V\_SB, avec des fluctuations en dents de scie de plusieurs volts d'amplitude. Pourtant, tous les fameux condensateurs électrolytiques étaient en bon état sur la sortie (et sur les autres sorties également). Pour m'aider, j'ai réalisé un schéma rapide, à la main, visible ci-contre. Je vous recommande vivement de faire de même lorsque vous êtes bloqué ; les schémas, même incomplets et dessinés à la main, sont toujours utiles.

En fait, la panne venait d'un petit condensateur céramique CMS, C107 sur le schéma, qui fait partie d'un filtre passe-bas RC, dans la boucle de régulation de tension. Ce condensateur était en circuit ouvert et ne filtrait plus rien, ce qui provoquait l'instabilité. Une défaillance très rare ! Quelques années plus tard, en parcourant un forum, je suis tombé sur quelqu'un qui avait eu le même problème, avec le même composant dans la même alimentation. Il s'agissait probablement d'un défaut de fabrication qui a provoqué la fissuration du condensateur sous l'effet du cyclage thermique.

**Relais :** Leurs contacts peuvent devenir résistifs après un grand nombre d'actionnements. Ceci peut être vérifié avec l'ohmmètre sur les contacts, en alimentant la bobine du relais avec la tension appropriée à partir d'une alimentation de laboratoire. Veillez à utiliser la bonne tension pour la bobine et la bonne polarité afin d'éviter d'endommager le reste du circuit. Le (+) peut généralement être trouvé en cherchant laquelle des deux bornes de la bobine est connectée à la cathode de la diode de roue libre, qui est souvent située à proximité. En cas de doute, dessoudez le relais pour le tester en toute sécurité en dehors du circuit.

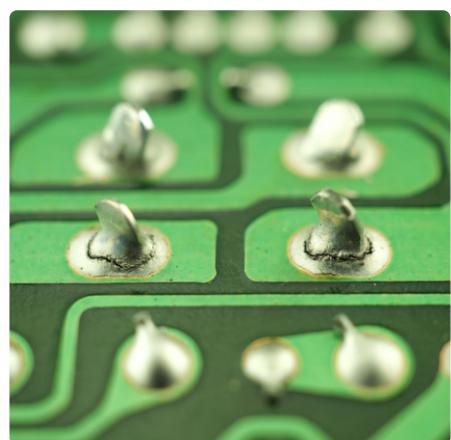


Figure 6. Ces soudures ont connu des jours meilleurs.

## Quelques astuces supplémentaires

- Utilisez des pointes de touche les plus pointues possibles pour vaincre la couche d'oxydation sur les soudures et effectuer des mesures fiables sur les composants sans avoir à appuyer trop fort. Le risque de dérapage est ainsi réduit. Les pointes de touche de multimètre bon marché sont souvent en laiton plaqué et ont tendance à s'émousser rapidement. Pour ma part, j'utilise des pointes en inox Hirschmann PRUEF 2. Elles sont très pointues et je les réaffûte régulièrement avec une petite pierre à aiguiser.
- Lorsque les marquages des composants sont rendus difficiles à lire par un épais vernis transparent, on peut souvent utiliser de l'acétone pour l'enlever et y voir plus clair. Utilisez des coton-tiges et un outil en bois dur, comme une baguette du restaurant japonais, pour gratter. N'utilisez pas d'outil métallique, qui rayerait la surface du composant et rendrait le marquage encore plus difficile à lire.
- Certaines alimentations à découpage nécessitent une charge minimale pour fonctionner. Une résistance de puissance appropriée suffit, mais elle n'est pas toujours présente sur le circuit imprimé lui-même. Pensez-y si l'alimentation que vous dépannez ne veut pas démarrer ou ne parvient pas à réguler correctement sa tension de sortie.
- Parfois, avant d'être soudés à la vague, les composants CMS sont collés avec un point de colle rouge pour les maintenir lorsqu'ils sont à l'envers. Il est difficile de les dessouder sans endommager le composant et les pastilles. Il faut chauffer toutes les bornes en même temps avec une grosse panne et beaucoup de soudure. Pour les petits composants à deux bornes, une panne « couteau » peut faire l'affaire pour chauffer les deux côtés simultanément. Pour les composants plus grands, utilisez deux fers à souder. Pendant que vous chauffez, insérez doucement une lame de scalpel sous le composant pour détacher la colle.
- Attention aux condensateurs chargés ! En particulier, les condensateurs principaux du côté primaire des alimentations à découpage sont souvent chargés à 325 V DC. Il existe parfois une résistance dédiée pour les décharger lorsque l'appareil est éteint, mais ce n'est pas toujours le cas. Avant toute mesure, vérifiez à l'aide d'un voltmètre qu'ils sont complètement déchargés et déchargez-les si nécessaire. J'utilise une paire de sondes de multimètre reliées entre elles par une résistance de 2,7 kΩ / 5 W, visible sur la photo ci-contre. Ne faites pas cela avec un tournevis, cela endommage à la fois le tournevis, la soudure et le condensateur à cause du pic de courant beaucoup trop brutal.
- Pour ouvrir les boîtiers en plastique clipsés, n'utilisez pas de tournevis, car ils laissent des marques sur le plastique. Vous pouvez acheter des spatules spéciales appelées « spudgers » qui sont plus larges, fines et flexibles, afin d'éviter les marques. J'utilise un vieux couteau d'office, que j'ai volontairement désaffûté complètement avec du papier de verre, pour le rendre totalement inoffensif.
- La soudure au plomb est la plus facile à utiliser pour le prototypage et le bricolage en général, et j'essaie de l'utiliser autant que possible. Elle peut cependant être difficile à approvisionner en raison des restrictions imposées par la directive RoHS. Il faut éviter de mélanger de la soudure au plomb et de la soudure sans plomb lors de la réfection d'une soudure ; cela donne de mauvais résultats. Il faut soit acheter un rouleau de chaque et utiliser l'une ou l'autre selon le cas, soit enlever soigneusement la soudure sans plomb avec de la tresse à dessouder avant de refaire la soudure avec l'alliage au plomb. Dans tous les cas, choisissez une bonne marque, telle que Loctite, Kester, Stannol, etc. chez un fournisseur connu ; évitez les marques inconnues d'AliExpress.

**Boutons-poussoirs :** Parfois court-circuités (entraînant un fonctionnement erratique de l'appareil), ou parfois n'établissant plus aucun contact (l'appareil ne répond plus aux pressions sur ce bouton), en particulier lorsqu'ils ont été en contact avec de l'eau.

**Soudures :** Certains alliages sans plomb sont susceptibles de se fissurer avec l'âge, à la suite de cycles thermiques répétés. Ces fissures sont difficiles à voir à l'œil nu, mais une fissure minuscule peut suffire à rompre complètement la continuité. Cela montre l'importance d'inspecter l'ensemble de la carte à la loupe. Un exemple de fissures assez importantes est visible sur la **figure 6**. D'autres, beaucoup plus fines, sont beaucoup plus difficiles à trouver.

**Quartz :** Ils sont généralement fiables, mais peuvent cesser d'osciller après un choc. Si le microcontrôleur auquel un quartz est connecté et actif, avec des LED qui clignotent ou quelque chose qui s'affiche sur l'écran LCD, cela prouve que le quartz fonctionne. Si aucune activité n'est visible, le plus simple est de vérifier l'une de ses bornes à l'aide d'un oscilloscope, par rapport à la masse. Vous devriez trouver une oscillation stable, d'une amplitude d'au moins quelques centaines de millivolts, à la fréquence indiquée sur le quartz. Vérifiez ensuite la deuxième borne. L'un des signaux aura une amplitude plus grande que l'autre, ce qui est normal.

**Remarque :** Il convient d'utiliser une sonde  $\times 10$  pour éviter de trop perturber l'oscillation. Parfois, la capacité d'entrée de la sonde de l'oscilloscope est suffisante pour stopper l'oscillation d'un quartz, même si le quartz est en bon état. Dans ce cas, essayez à nouveau sur la deuxième borne : cette fois, vous devriez voir une oscillation. Les oscillateurs ont souvent un côté d'entrée

avec une impédance élevée, sur lequel ce phénomène peut se produire. Le côté sortie, avec son impédance plus faible, est moins facilement perturbé. Si vous ne voyez rien sur aucune des bornes, soit le microcontrôleur n'est pas sous tension, soit le quartz est défectueux.

**Autres défaillances :** Dans un atelier de réparation d'électronique industrielle, on rencontre des pannes un peu différentes de celles qui affectent l'électronique grand public. Par exemple, les dommages causés par les liquides sont très courants, en raison de la pénétration d'eau lorsque les machines sont lavées. Comme l'équipement est souvent sous tension, avec des tensions élevées (400 V CA) et des disjoncteurs conçus pour des courants importants, les dommages peuvent être sérieux. J'ai souvent rencontré des marques de brûlures, des pistes/fils/connecteurs vaporisés, des thermistances CTN ouvertes, des MOV en court-circuit, ainsi qu'une oxydation importante sur les pistes, les pastilles et les composants. Enfin, on rencontre souvent des connecteurs oxydés ou présentant de mauvais contacts, s'étant desserrés sous l'effet des vibrations. Cela entraîne fréquemment la formation d'arcs électriques entre les broches adjacentes.

### Pour aller plus loin

Vous devriez maintenant pouvoir aborder les réparations avec plus de confiance et de sérénité. Je vous encourage vivement à tenter l'expérience : les résultats et la satisfaction que vous en tirerez en valent la peine. N'hésitez pas à faire un tour sur les forums et sur YouTube, où vous trouverez des contenus très intéressants. Chaque spécialiste de l'électronique sur YouTube a sa propre personnalité et ses propres méthodes, souvent différentes, et c'est ce qui en fait la richesse. Par exemple, pour la réparation des instruments de mesure,

certaines vidéos de The Signal Path, ou Feedback Loop, sont inspirantes ; pour les alimentations à découpage, DiodeGoneWild produit des vidéos riches en informations ; enfin, pour les amateurs d'informatique rétro, jetez un œil aux vidéos de Tony359. Bonne chance pour vos réparations et amusez-vous bien ! 

240069-04

### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (jean-francois.simon@elektor.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

### À propos de l'auteur

Jean-François Simon a une passion de longue date pour l'électronique et s'intéresse à des sujets aussi variés que la conception de circuits, le test et la mesure, le prototypage, la radio logicielle (SDR), etc. Il aime créer, modifier et améliorer ses outils et d'autres systèmes. Il a une formation d'ingénieur et aime aussi la mécanique, l'usinage et tout ce qui est technique. Jean-François a récemment rejoint le laboratoire d'Elektor.



### Produits

- **Multimètre PeakTech 3350**  
[www.elektor.fr/19986](http://www.elektor.fr/19986)
- **UNI-T UPO1102CS Oscilloscope 2-ch (100 MHz)**  
[www.elektor.fr/20495](http://www.elektor.fr/20495)
- **DER EE DE-5000 LCR-mètre (100 kHz)**  
[www.elektor.fr/20675](http://www.elektor.fr/20675)

### LIENS

- [1] Un catalogue de codes de marquage SMD bien connu : <https://smd.yooneed.one>
- [2] Autre catalogue utile de codes de marquage SMD : <http://marsport.org.uk/smd/mainframe.htm>
- [3] Source de l'image du condensateur bombé : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:D865PERL\\_bulge\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:D865PERL_bulge_2.jpg)
- [4] Chaîne YouTube de The Signal Path : <https://youtube.com/@Thesignalpath>
- [5] Chaîne YouTube de Feedback Loop : <https://youtube.com/@feedback-loop>
- [6] Chaîne YouTube de DiodeGoneWild : <https://youtube.com/@DiodeGoneWild>
- [7] Chaîne YouTube de Tony359 : <https://youtube.com/@tony359>