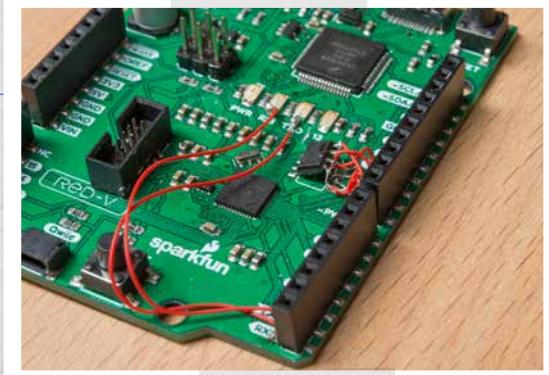


# Trépanation d'un circuit imprimé à pastilles inaccessibles

Nathan Seidle (États-Unis)

De nombreuses entreprises ne reconnaissent jamais leurs erreurs, leur vie est trop courte. Ici, nous ne nous laissons pas abattre par nos échecs, nous les clouons au mur et nous en parlons à tout le monde pour éviter de refaire nos erreurs.



« Tout le monde peut dessiner un circuit imprimé, mais pour en faire un bon, il faut de solides compétences ». C'est avec de telles maximes que je me trouve des excuses quand j'en rate un. Dans notre labo SparkX, nous avons un coin de mur sur lequel nous affichons nos ratés (fig. 1a) qui racontent chacun une histoire. Bien des entreprises ne reconnaissent jamais leurs erreurs, leur vie est trop courte. Ici, nous ne nous laissons pas abattre par nos échecs. Nous les clouons au mur et en parlons à tout le monde, cela nous évite de les refaire.

## Le circuit fonctionne-t-il ?

Je conçois des cartes (et j'en rate) depuis près de deux décennies. J'ai appris de nombreuses astuces, mais la leçon majeure est de m'assurer que, avant de lancer un nouveau lot de cartes et quel que soit le nombre de pistes à couper ou à rajouter, le circuit en cours d'étude fonctionne



Figure 1a: Mur des ratés dans la zone SparkX.

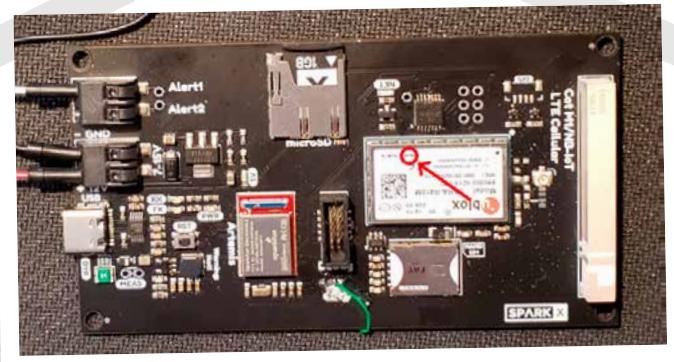


Figure 2 : Comment rajouter une connexion sur cette pastille ?



Figure 3 : La pastille SARA-PWR oubliée.

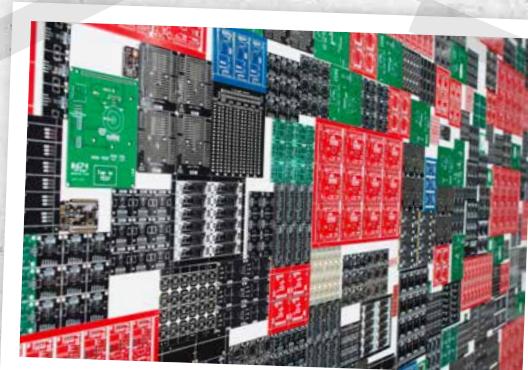


Figure 1b: Admirez quelques-uns de ces mémorables ratés.

à 100 %. Si vous trouvez une erreur et que vous commandez aussitôt de nouvelles cartes, eh bien, vous ne vous serez débarrassé que cette erreur-là. Sur un projet récent, j'ai dû faire une intervention chirurgicale inédite pour moi à un point tel que je voudrais la partager (fig. 2). Le circuit à l'étude était une simple combinaison d'Artemis et de notre module cellulaire LTE. Comme pour la plupart des protos, j'ai commencé avec un ReédBoard Artemis et le bouclier LTE pour m'assurer que tout fonctionnerait. J'ai ensuite dessiné une carte et fait réaliser quelques prototypes. Lors du test des différentes parties de la carte, tout a fonctionné, sauf le cellulaire. Je ne manque pas d'excuses (trop de projets en même temps, manque de temps, etc.), mais j'avais tout bêtement oublié de relier la broche d'alimentation du module SARA à Artemis (fig. 3).

Or, le module cellulaire SARA LTE NB-IoT (fig. 4) offre un incroyable choix de fonctions et, comme de nombreux modules cellulaires, pour qu'il démarre, sa broche d'alimentation doit être maintenue au niveau bas pendant deux ou trois secondes. Il ne restait donc qu'à rajouter cette connexion oubliée. Habituellement les pattes d'un circuit intégré sont accessibles, il est donc facile de souder un fil sur un SOIC ou un TSSOP. Avec un peu de colle (pour maintenir le fil en place), du flux, du fil de câblage et un peu de tresse à dessouder, c'est possible aussi sur un QFN. Les pastilles du module SARA sont disposées sous le module et donc inaccessibles. Heureusement, comparées à celles

d'un QFN, elles sont assez grandes. Que faire ? Corriger le dessin du PCB et en faire graver un nouveau lot, ou tenter d'y percer un trou par l'autre face, en m'arrêtant juste au moment où la mèche atteint la surface de la carte *sous* le module SARA. J'ai opté pour cette intervention consistant à passer un fil *à travers* le circuit imprimé pour le souder sur la pastille de la broche de commande de l'alimentation sous le module SARA.

### Perçage, soudage et collage

Pour localiser l'endroit exact où percer la carte par en dessous, j'ai rajouté sous le dessin du circuit un rond de 1/16" (1,6 mm) à l'endroit où je voulais faire la connexion, en prenant soin qu'il soit à cheval sur la pastille qui m'intéressait et le plan de masse à proximité, pour que le bord droit de celui-ci me serve de repère pour centrer la pastille de commande de l'alimentation (fig. 5).

J'ai imprimé ce dessin à l'échelle 1, découpé le rectangle et l'ai disposé sur le dos du proto. À l'aide d'un pointeau à ressort, j'ai marqué avec précision l'endroit où percer (fig. 6).



Figure 4 : L'avant/arrière du module Ublox SARA.



Figure 5 : Position de la pastille vue de l'arrière (ou du dessous) de la carte.



Figure 7 : Forets standard de la caisse à outils du bricoleur.

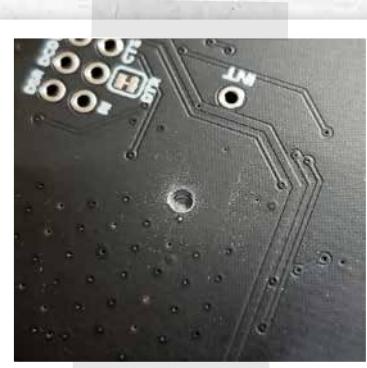


Figure 8 : Perçage initial avec un foret de 1/16".



Figure 6a: Le pointeau à ressort marque l'endroit.

Pour le premier perçage, j'ai utilisé deux tailles de foret standard : 1/16" (1,6 mm) et 3/32" (2,38 mm) (**fig. 7**) et une perceuse à colonne (**fig. 8**). J'ai traversé les couches inférieures de vernis épargne, de cuivre et de verre époxy FR4. Comme il s'agit d'une carte à deux couches, j'ai arrêté de forer à la machine juste avant d'atteindre la couche de cuivre supérieure pour finir à la main (**fig. 9**). Le FR4 se laisse travailler avec une mèche bien affûtée tenue à la main. J'ai arrêté dès que j'ai senti que le foret „accrochait“ la couche de cuivre supérieure.

Je suis ensuite passé au foret 3/32" (2,38 mm) pour agrandir le trou (**fig. 10**) assez pour y passer une sonde de multimètre. J'ai gratté puis testé la continuité entre le bord du fond du trou (où j'espérais établir un contact avec le cuivre du plan de masse supérieur) et une pastille de masse à proximité. Satisfait d'avoir atteint sans dommage la couche de cuivre supérieure, du moins le grand plan de masse, j'ai repris le rognage avec le foret de 1/16" légèrement en biais.

Quand j'ai eu l'idée d'utiliser de l'alcool isopropylique avec un coton-tige pour nettoyer les rognures de fibre de verre du trou, quelle ne fut pas ma surprise de voir apparaître les pastilles (**fig. 11**) ! Le plan de masse était facile à repérer, mais laquelle des deux autres était la pastille de commande de l'alimentation qui m'intéressait ? J'ai vu sur le dessin que c'était celle de gauche (**fig. 12**). L'alcool avait rendu transparente la fibre de verre pendant un moment, mais une fois évaporé, la FR4 est redevenue opaque (**fig. 13**). Il devait donc rester de la fibre de verre au-dessus de la pastille.

Après avoir continué de forer un peu plus à la main, j'ai vu apparaître du brillant. Le trou (**fig. 14a**) était assez grand pour y passer la panne

de mon fer à souder, mais ce n'était pas encore gagné. L'ajout d'un peu de flux a eu deux effets bénéfiques : excellent pour faire couler la soudure là où il faut, il contient aussi un acide léger qui nettoie les contacts oxydés. Juste ce qu'il fallait ici pour enlever assez de FR4 et créer un point soudable sur la pastille.

Après quelques tentatives, j'ai réussi à chauffer suffisamment le fil nu de 30 AWG pour faire fondre la soudure à son extrémité sur la pastille. C'est du bricolage de dingue (**fig. 14b**), mais la soudure résiste bien à une (très légère) traction. Quelques vérifications de continuité supplémentaires au multimètre m'ont rassuré sur l'absence de court-circuit avec le plan de masse.

Le sommet du trou était entièrement encerclé par le plan de masse, avec lequel le fil nu ne devait pas entrer en contact. J'ai immobilisé le fil avec du ruban isolant (**fig. 14c**) pendant que j'ai soudé son autre extrémité au microcontrôleur (l'Artemis). Après une ultime vérification et avec beaucoup de précautions de manipulation du circuit imprimé, le module cellulaire a démarré !

Inquiet de casser la soudure ou de détériorer la pastille, j'ai – après un ultime test électrique – inondé de colle chaude le trou et le fil à proximité (**fig. 14d**), apportant protection et tenue mécanique au fil et à la soudure.

### Un peu de chance, ça aide

Cette méthode n'a évidemment fonctionné (**fig. 15**) que parce que j'ai eu de la chance : la taille des pastilles permettait la soudure manuelle ; il se trouvait sous les pastilles aucune piste vitale qui m'aurait empêché



Figure 9 : Fin de perçage à la main.

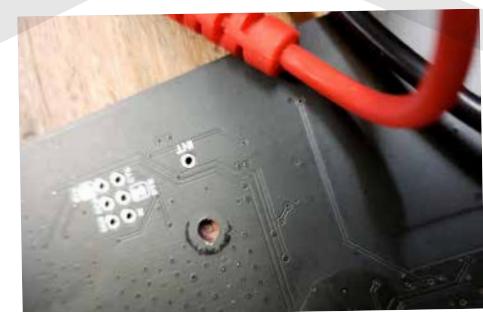


Figure 11 : On voit des pastilles !



Figure 10 : Pas grand-chose à voir.

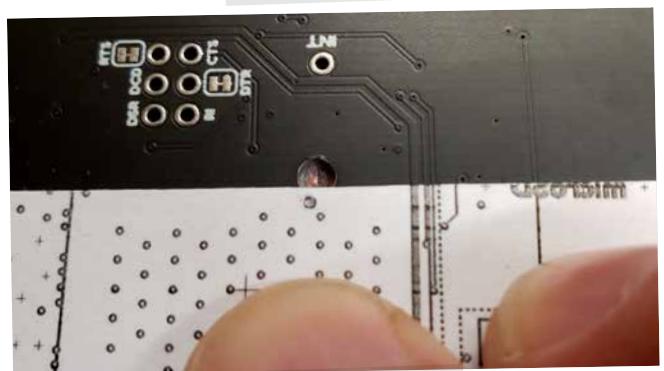


Figure 12 : La pastille d'alimentation est à gauche.

de percer par l'arrière. Une fois trouvé et réglé le problème de la broche d'alimentation, j'ai repris l'examen du circuit et j'ai trouvé d'autres bourdes. Quatre pour être précis, qui seraient passées inaperçues à ce stade si, après avoir corrigé le premier problème, je m'étais lancé aussitôt dans une nouvelle version de la carte. Les quatre autres problèmes auraient fini par se manifester, mais bien plus tard. La prochaine fois que vous travaillerez sur une carte défectueuse, prenez le temps de mener rigoureusement chaque étape de vérification à son terme.

200700-03

Figure 14a : Le trou est assez grand pour y passer la pince de mon fer à souder.

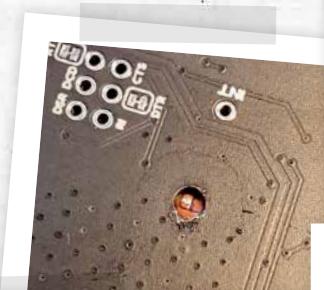


Figure 14b: Pas très joli.

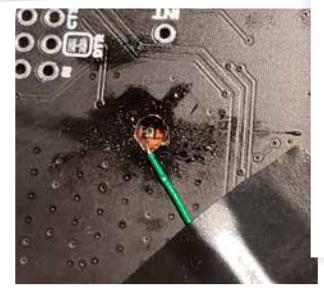
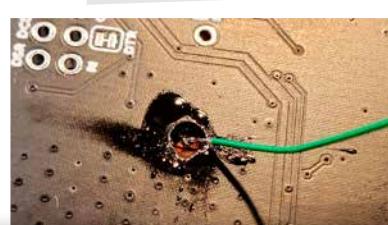


Figure 14c : Le fil a été soudé avec succès à travers le circuit imprimé.

Figure 14d: Trou bouché et fil immobilisé par la colle chaude.



Figure 13 : L'alcool rend le FR4 transparent.



## Accessoires

Voici les principaux accessoires mentionnés dans cet article d'Elektor :

- **Module SparkFun Artemis - Cortex ML BLE de faible puissance-M4F**  
[www.elektormagazine.fr/esfe-en-erroranalysis1](http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-erroranalysis1)
- **SparkFun RedBoard Artemis**  
[www.elektormagazine.fr/esfe-en-erroranalysis2](http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-erroranalysis2)
- **Bouclier SparkFun LTE CAT M1/NB-IoT - SARA-R4**  
[www.elektormagazine.fr/esfe-en-erroranalysis3](http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-erroranalysis3)

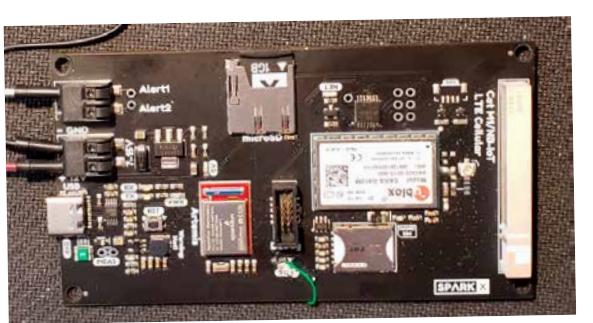


Figure 15 : Et voilà le travail !



## Ad astra per aspera

L'ambition de la série d'articles *Analyse d'erreurs* proposée par Elektor est d'encourager les électroniciens, quel que soit leur niveau, à tirer le plus possible de leçons de leurs propres erreurs en les partageant avec toute la communauté. Ainsi, chaque membre de notre équipe reste à l'affût d'erreurs et de leçons à partager. C'est exactement cet esprit que nous avons reconnu sur le mur des ratés du labo SparkX.