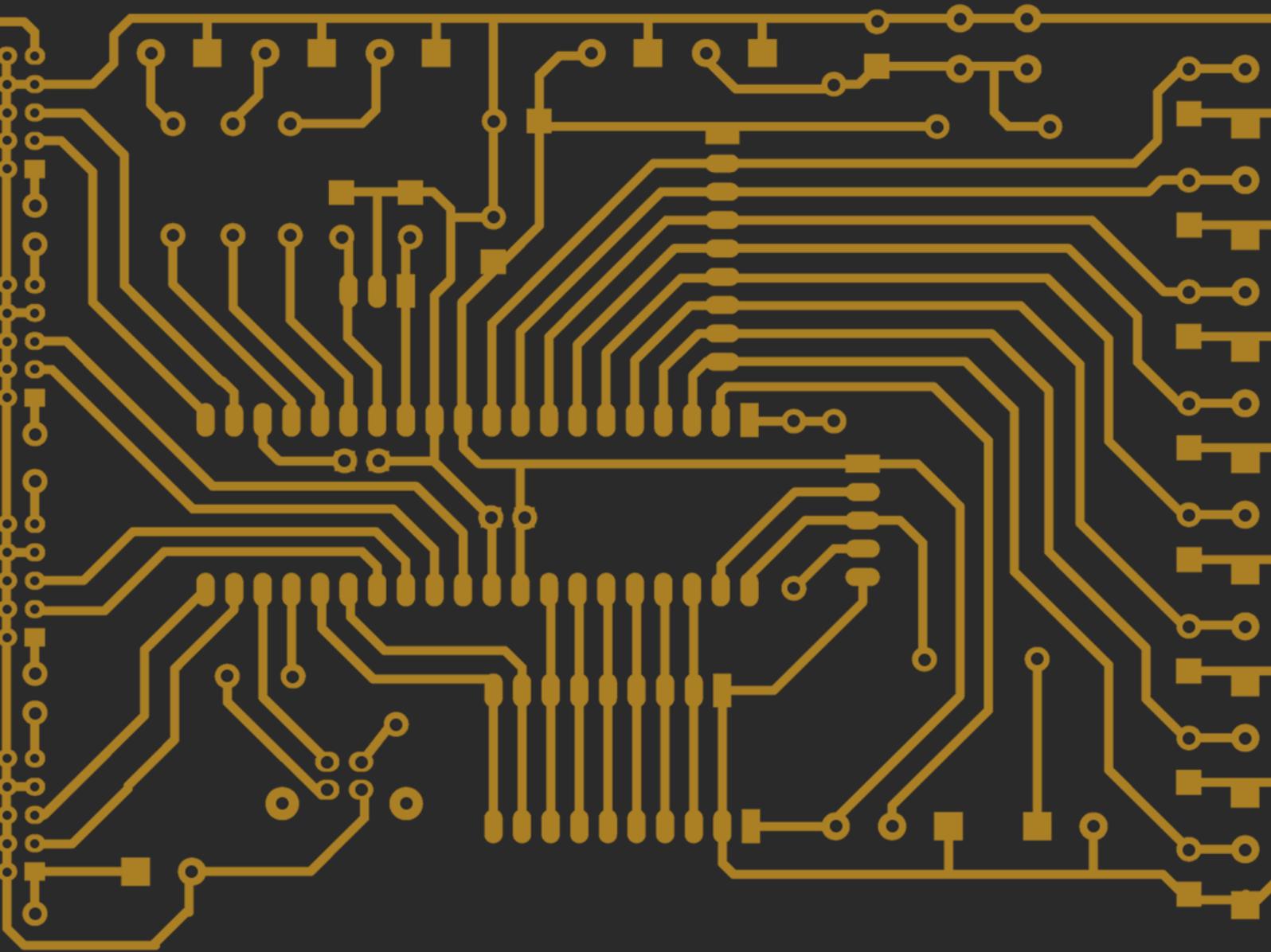


**Altium**<sup>®</sup>

# Surmonter les difficultés dans le domaine des dispositifs portables



Mark Forbes

Director of Marketing Content

# SURMONTER LES DIFFICULTÉS DANS LE DOMAINE DES DISPOSITIFS PORTABLES

C'est une évidence: les appareils électroniques portables sont des « produits tendance ». Le marché des appareils portables est évalué à 30 milliards de dollars (USD) en 2016 et devrait atteindre les 150 milliards de dollars en 2026 [1]. La plupart de ces appareils ne sont tout simplement pas concevables sans la technologie des circuits imprimés flex-rigides. C'est pourquoi les ingénieurs et les concepteurs de circuits imprimés doivent devenir des experts dans les domaines de la conception, des tests et de la fabrication de ces circuits, dans un monde où tout doit être portable et « pliable ».

Les produits les plus connus sont probablement les montres intelligentes, qui se connectent aux smartphones, et les trackers de fitness, également portés au poignet. Mais au-delà de ces produits de grande consommation, les objets portables ont fait d'énormes progrès dans le domaine des dispositifs médicaux et des applications militaires. Aujourd'hui, les vêtements intelligents font leur apparition: il est pratiquement impossible d'y incorporer des circuits imprimés rigides. Ce livre blanc étudie le caractère unique des dispositifs portables et explique comment réussir la conception de circuits imprimés flexibles et flex-rigides.

## QUI DIT FONCTIONNALITÉS COMPLEXES, DIT CIRCUITS IMPRIMÉS COMPLEXES

Tout appareil portable doit évidemment être petit et pratiquement imperceptible pour celui qui le porte. Dans le cas des dispositifs médicaux portables, les utilisateurs souhaitent généralement qu'ils ne soient pas remarqués par les autres non plus. Il n'y a pas si longtemps, les « dispositifs médicaux portables » étaient plutôt imposants et souvent fixés à une ceinture ou une bandoulière.

Aujourd'hui, les appareils portables sont partout, et les trackers de fitness sous forme de bracelet deviennent l'un des dispositifs portables les plus répandus. Ces dispositifs sont équipés de capteurs destinés à surveiller et calculer différents paramètres liés à la condition physique de l'utilisateur. Mais ils sont très petits, et une telle sophistication nécessite l'utilisation de circuits imprimés flexibles. Les montres intelligentes offrent aux concepteurs un peu plus d'espace, mais les fonctionnalités devenant de plus en plus complexes, cet espace est rapidement utilisé.



*Figure 1: les dispositifs médicaux portables ont évolué et il n'est plus seulement question de tailles de pansements : ils intègrent désormais d'immenses capacités d'intelligence et de mémoire. Des dispositifs comme celui-ci utilisent une quantité considérable de circuits imprimés flex-rigides en 3D. Crédit photo: MC10, Inc.*

Les dispositifs médicaux portables ont évolué et se présentent désormais sous la forme de petits « patchs » discrets que l'utilisateur porte pour surveiller une zone précise de son anatomie. Ces dispositifs sont totalement autonomes, dotés d'électrodes, d'adhésif, d'une batterie rechargeable et d'une intelligence à faible empreinte, comme le montre l'exemple de la figure 1.

## LA CONCEPTION D'UN CIRCUIT IMPRIMÉ FLEX-RIGIDE

Les appareils portables qui se fixent au corps humain d'une manière ou d'une autre nécessitent obligatoirement des circuits flexibles et des routages très denses. De plus, le circuit imprimé est souvent de forme ronde, elliptique ou encore plus rare. Pour un concepteur, ces projets requièrent une stratégie de placement et de routage bien pensée. Lors de la conception d'un circuit imprimé aussi petit et d'une telle densité, un outil optimisé pour les conceptions flex-rigides facilite grandement la manipulation des formes de circuits non conventionnelles.

La majorité des circuits imprimés d'aujourd'hui sont sous forme de plaques essentiellement rigides sur lesquelles sont connectés les circuits. Mais les appareils portables présentent un certain nombre de difficultés pour les concepteurs de circuits

# SURMONTER LES DIFFICULTÉS DANS LE DOMAINE DES DISPOSITIFS PORTABLES

imprimés, et les circuits rigides ne permettent pas de les surmonter. Voici quelques-uns de ces problèmes ainsi que les solutions que les concepteurs peuvent adopter pour y remédier.

## Conception en trois dimensions

L'un des principaux avantages d'une conception flex-rigide, c'est que les circuits souples sont pliables : l'électronique peut donc s'adapter en fonction des besoins à l'intérieur d'un espace en trois dimensions. Les circuits flexibles permettent de courber voire plier complètement tout l'assemblage afin de l'insérer dans le boîtier. La figure 2 représente un exemple typique de produit flex-rigide. Trois cartes rigides sont reliées entre elles par des circuits flexibles. Les circuits flexibles sont ensuite pliés pour permettre aux circuits imprimés rigides d'entrer dans le boîtier du produit tout en occupant un espace minimal.

Pour concevoir un circuit imprimé flexible, il ne suffit pas de connecter des cartes rigides entre elles. Les plis doivent être conçus avec précision de façon à ce que les cartes s'alignent correctement là où elles doivent s'insérer, sans exercer de pression sur les points de connexion. Jusqu'à récemment, les ingénieurs utilisaient carrément des modèles de type « poupée en papier » pour simuler l'assemblage des circuits imprimés. Aujourd'hui, ils disposent d'outils de conception conçus pour la modélisation en 3D de l'assemblage flex-rigide, ce qui permet d'accélérer la phase de conception et d'obtenir une bien meilleure précision, comme le montre la figure 3.

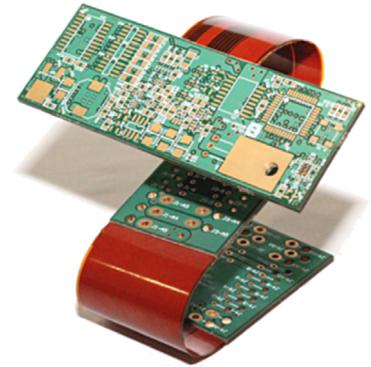


Figure 2: en général, les composants d'un circuit flex-rigide sont fixés sur des cartes rigides interconnectées par des circuits flexibles. Les circuits flexibles permettent à l'assemblage de se plier pour s'adapter au boîtier du produit.

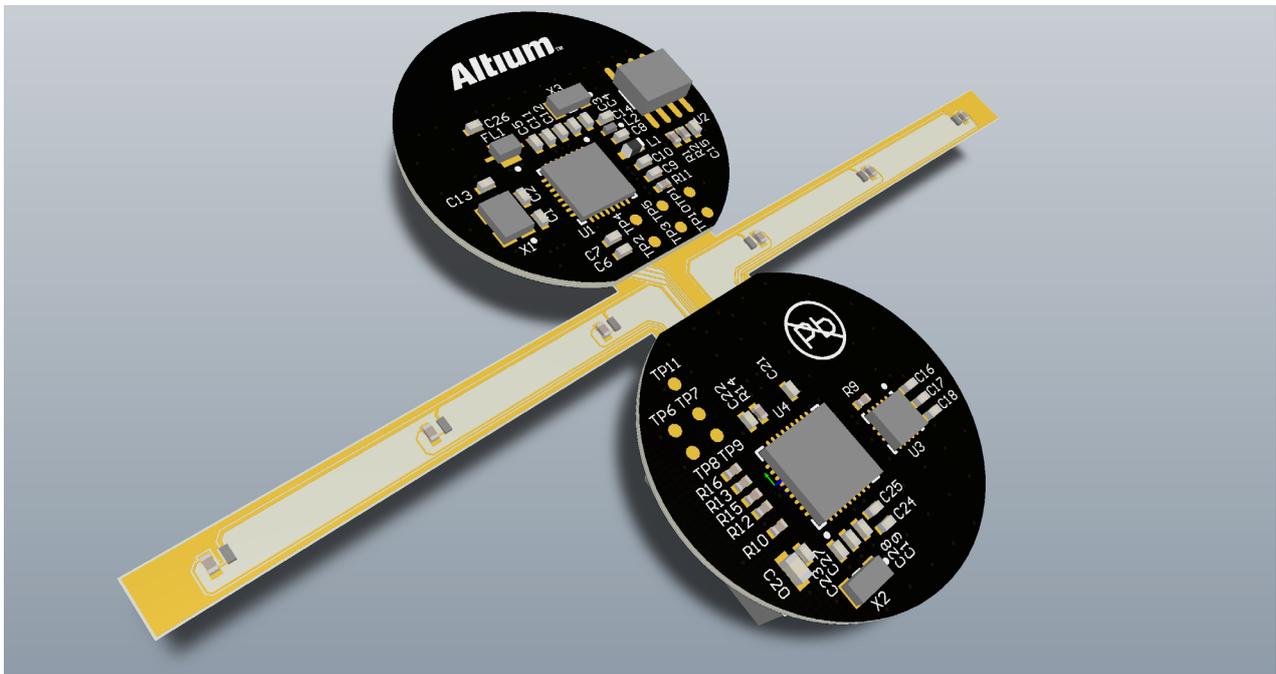


Figure 3: ce logiciel de conception de circuits imprimés doté de fonctionnalités de modélisation en 3D permet aux concepteurs de voir exactement comment l'assemblage de circuits imprimés sera effectué.

## Conception de l'empilage d'un circuit flex-rigide

L'empilage d'un circuit imprimé se présente sous la forme d'une carte des couches de la carte de circuit imprimé. L'empilage est essentiel pour la conception de tout circuit imprimé, mais plus encore lors de la conception de circuits flex-rigides. Les meilleurs outils de conception de circuits imprimés flex-rigides vous permettent de concevoir votre empilage en intégrant les composants rigides et les composants flexibles à l'assemblage, à l'image du produit final. Avec des circuits flexibles, la zone de pliage doit être conçue en vue de minimiser la pression exercée sur les traces et les pastilles.

# SURMONTER LES DIFFICULTÉS DANS LE DOMAINE DES DISPOSITIFS PORTABLES

La figure 4 montre un empilage complet, avec des cartes rigides à gauche et à droite et flexibles entre les deux. Le nombre de couches et de matériaux utilisés pour ces couches complexifie la conception. Il est très important de concevoir l'empilage avec précaution à l'aide d'un logiciel de conception de circuits imprimés capable de gérer des assemblages à la fois flexibles et rigides.

## Gestion de la flexion du circuit flexible

La capacité à concevoir l'assemblage final de circuits imprimés rigides et flexibles, conçus pour s'adapter au boîtier d'un produit, constitue l'avantage principal des circuits flexibles. Bien sûr, cette technique comporte un certain nombre de problèmes que l'on ne rencontre jamais avec les circuits imprimés rigides, car le pliage des circuits flexibles implique des contraintes qui n'existent pas sur les circuits rigides.

Voici quatre astuces à mettre en pratique lors de la conception de votre prochain circuit flex-rigide :

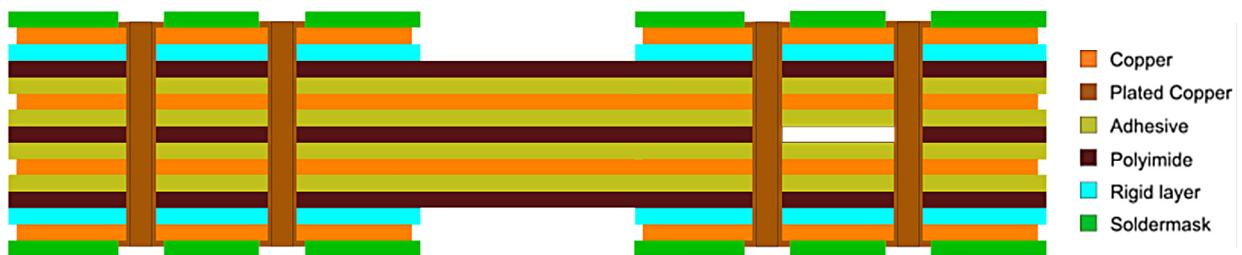


Figure 4: le logiciel de conception de circuits imprimés permet de travailler sur l'assemblage dans son intégralité. Ici, les circuits imprimés rigides sont placés à chaque extrémité et reliés par un circuit flexible à double couche.

**1. Augmenter la fiabilité des traces:** la flexion subie par les circuits flexibles entraîne un risque de délamination du cuivre plus élevé que sur un circuit rigide. L'adhérence du cuivre au substrat est également inférieure à celle d'un circuit imprimé FR4. La plupart des fabricants de circuits imprimés recommandent d'utiliser des trous de passage métallisés et des points d'ancrage pour les pastilles de montage SMT, et de réduire les ouvertures de vernis épargne autant que possible.

**2. Renforcez les traces et les vias avec des larmes de jonction pistes/pastilles (« teardrops »):** si elle n'est pas contrôlée, la flexion du substrat peut entraîner une délamination et une défaillance du produit. Les traces et les vias peuvent cependant être renforcés pour éviter la délamination. Remplacez les pastilles circulaire par des pastilles de larmes de jonction ou « teardrops » (figure 5). Ces teardrops ajoutent un matériau supplémentaire, renforçant ainsi la pastille pour éviter la délamination. L'utilisation de teardrops peut également contribuer à un meilleur rendement dans la fabrication grâce à une meilleure tolérance lors du forage.

**3. Répartissez les traces sur les circuits flexibles à double face:** aligner les traces les unes sur les autres sur les circuits flexibles à double face peut entraîner des problèmes de répartition du courant, en particulier au niveau du pli. Pour équilibrer les tensions et optimiser la flexibilité de la carte, répartissez les traces sur le circuit flexible à double face.

**4. Évitez les angles droits sur les traces:** les angles des traces sont soumis à plus de pression lors de la flexion que les chemins rectilignes. Au fil du temps, les angles peuvent subir des effets de délamination, provoquant la défaillance du produit. Évitez les problèmes de délamination en utilisant des chemins rectilignes. Lorsque les traces doivent changer de direction, utilisez des courbes ou des courbes linéaires segmentées et évitez tout angle qui s'approcherait des 90°.

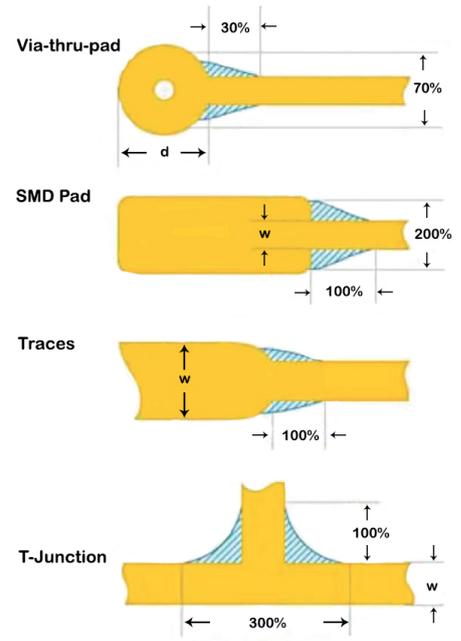


Figure 5: les « teardrops » augmentent la résistance des traces et améliorent le rendement.

# SURMONTER LES DIFFICULTÉS DANS LE DOMAINE DES DISPOSITIFS PORTABLES

---

## FABRICATION

Collaborer avec plusieurs fabricants est une exigence dans la plupart des entreprises, mais établir une collaboration avec des fabricants de circuits flex-rigides est un peu plus compliquée qu'avec des fabricants de circuits imprimés rigides standard. Évaluer les fabricants et communiquer clairement ses attentes en matière de conception sont deux points essentiels pour s'assurer que l'assemblage flex-rigide sera correctement fabriqué.

La meilleure façon de suivre les étapes de fabrication est de le s'y impliquer dès le début de la conception. Cela vous permettra de communiquer avec les fabricants et de vous assurer ainsi que votre conception correspond à leurs règles à tout moment lors de la conception. Vous pouvez également intégrer leurs règles dans les processus de conception pour la fabrication (DFM) et de vérification des règles de conception (DRC) que vous utilisez. Plus important encore, utilisez des normes de conception, telles que la norme IPC-2223, pour communiquer avec vos fabricants.

Le paquet de données pour la conception finale doit être assemblé puis transféré à votre fabricant. Les formats Gerber peuvent fonctionner pour les circuits imprimés rigides, mais avec la complexité supplémentaire que représente l'assemblage d'un circuit imprimé flex-rigide, les fournisseurs d'outils logiciels de conception de circuits imprimés ainsi que les fabricants recommandent l'utilisation d'un format d'échange de données intelligent. Les deux formats intelligents les plus populaires sont ODB++ (version 7 ou ultérieure) et IPC-2581, car ils vous permettent de spécifier clairement les règles de chaque couche.

## DEVENEZ UN EXPERT EN CIRCUITS FLEX-RIGIDES

Les appareils portables exigent ce que les circuits imprimés traditionnels ne peuvent offrir : pouvoir être pliés, étirés et déplacés lorsqu'ils sont portés ou rattachés au corps humain. Des circuits imprimés rigides contenant la plupart ou la totalité des composants sont assemblés avec des circuits flexibles capables de suivre les mouvements du corps, tout en permettant aux concepteurs de réaliser leurs conceptions pliables en 3D.

La conception de circuits flexibles est bien plus complexe que la conception de circuits rigides. La conception de l'empilage est d'une importance capitale : ce processus doit être correctement effectué pour que le circuit soit fonctionnel et fiable sur le long terme. La flexibilité entraînant une pression plus importante sur le cuivre, il est primordial de renforcer les traces et les pastilles afin d'assurer une bonne adhérence. Enfin, vous devez vous montrer plus vigilant dans le choix et la communication avec les fabricants de circuits flex-rigides.

Altium Designer® offre la suite d'outils la plus complète pour la conception de circuits flex-rigides. Les empilages peuvent être entièrement mappés puis modélisés en 3D. Les larmes de jonction pistes/pastilles et autres techniques d'amélioration de la fiabilité sont simples et rapides à utiliser. De plus, vous pouvez opter pour le format ODB++ ou IPC-2581 pour vos données de sortie destinées à la fabrication afin d'assurer une communication complète.

## RÉFÉRENCES

[1] [Technologies portables 2016-2026](#); James Hayward, Dr. Guillaume Chansin, Harry Zervos; IDTechEx.

[En savoir plus sur la gestion de l'empilage de couches](#)

[En savoir plus sur la modification en 3D native](#)

[Visualisation de votre conception flex-rigide avant le prototypage](#)