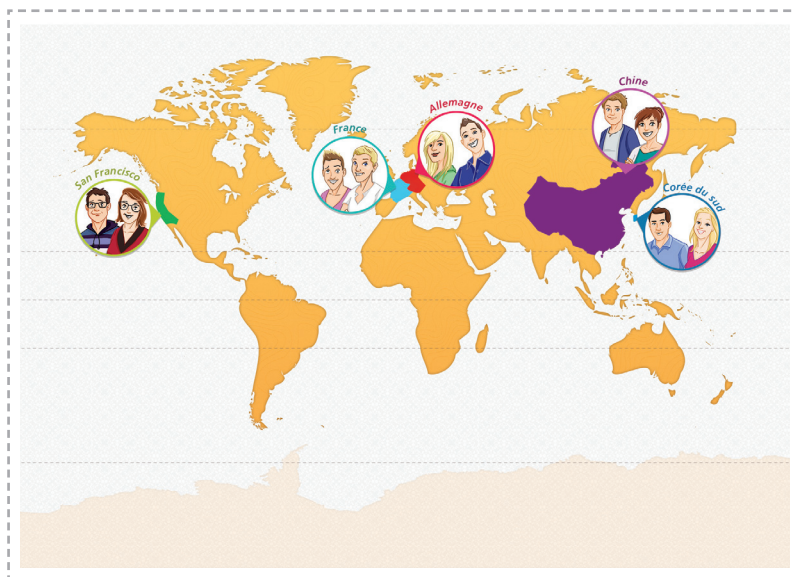


DES CHIMISTES AU SERVICE DES NOUVEAUX OBJETS INTELLIGENTS



En 2013, cinq couples d'étudiants journalistes et chimistes sont partis camera au poing, autour du monde, explorer la contribution des chimistes à la réalisation des nouveaux objets intelligents.

Leurs vidéos sont accessibles sur http://actions.maisondelachimie.com/world_tour_reportages_video_2013.html

Nous allons vous raconter leurs aventures et vous comprendrez que lorsque vous possédez une tablette ou un smartphone résistant muni d'un écran tactile performant, c'est grâce à la chimie.



Les montres smartphones (qui apparaissent déjà sur le marché) et les écrans de télévision ou de tablettes qui se déroulent ne font plus partie du domaine de la science-fiction et que c'est aussi grâce à la chimie.

Vous découvrirez, comme eux, que derrière toute cette haute technologie, travaillent des professionnels exerçant des métiers d'avenir passionnants.

La molécule des écrans tactiles

Destination Chine : Anthony (étudiant journaliste) et Thyphanie (élève ingénieur) partent à la découverte de cette molécule appelé LiTFSi.

Les nombreux atomes de Fluor de LiTFSi attirent les électrons et permettent leur dispersion (*Figure 1*).

Cette molécule est incorporée dans le film plastique qui protège les écrans, elle est indispensable pour la fabrication des écrans tactiles.



Sans traitement particulier de l'écran, les électrons, présents partout, viennent s'y accumuler et être **en surcharge**.

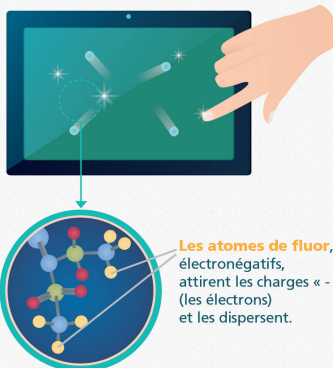
Au contact de ton doigt, **ce serait la décharge électrique assurée !**

électrons



Avec un traitement de l'écran contenant la molécule de LiTFSi, les électrons sont dispersés, ne s'accumulent pas.

Au contact de ton doigt, **les charges sont équilibrées : pas de décharge électrique !**



Remarque

La molécule LiTFSi empêche l'accumulation des charges électriques qui détériorent rapidement les écrans plats.

Figure 1

Dispersion des électrons par les atomes de fluor de LiTFSi.



Pourquoi cette molécule est-elle si importante ?

La molécule LiTFSi a les mêmes propriétés antistatiques que d'autres molécules, mais c'est l'une des rares molécules qui soit transparente.

Elle a été découverte au centre de recherche SOLVAY de LYON. Elle est difficile à préparer car elle absorbe très vite l'humidité ambiante et devient liquide et inutilisable.

Pour qu'elle ne se dégrade pas, les ingénieurs du centre de recherche ont mis au point la fabrication de LiTFSi en atmosphère contrôlée (*Figure 2*).

Figure 2

La fabrication sous atmosphère contrôlée au centre de recherche de LiTFSi.



De Lyon à la conquête du marché asiatique

Anthony et Thyphanie ont retrouvé la molécule LiTFSi à l'usine SOLVAY de Suzhou (à 100 km de Shanghai) où elle est fabriquée (*Figure 5*) en grosse quantité (plus de 100 tonnes/an) pour les clients asiatiques.

Figure 3

L'atelier de fabrication de LiTFSi.





Avec le responsable de l'assistance client de l'usine, nos étudiants ont suivi la molécule chez le client « Blue Star Silicone » qui incorpore LiTFSi dans des films de silicone (*Figure 4*) pour fabriquer des centaines de mètres carrés de film antistatique (*Figure 5*).

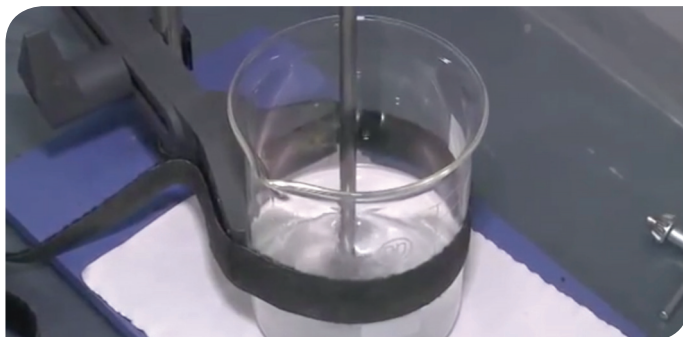


Figure 4

L'incorporation de LiTFSi dans un film de silicone.

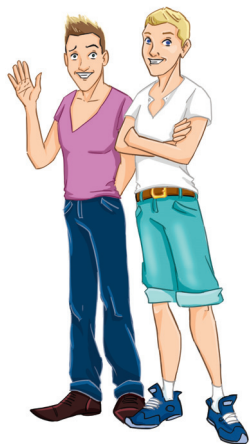


Figure 5

La fabrication des film antistatiques.

Conclusion

Grâce à la chimie, des centaines de mètres carrés d'écrans de tablettes, de smartphones et d'ordinateurs sont protégés de l'accumulation des charges électriques et peuvent donc être utilisés comme écrans tactiles.



Les nano-pochoirs pour la nano-électronique

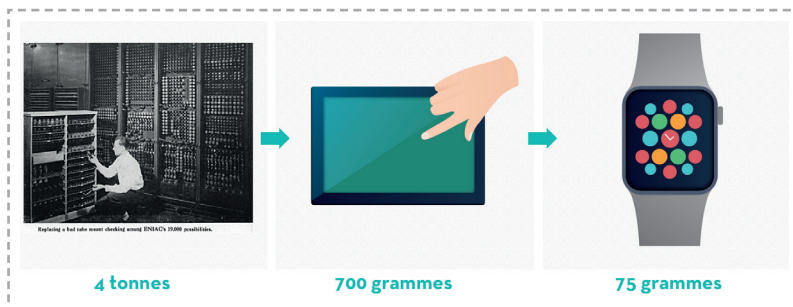
Destination France : Quentin (étudiant en BTS de chimie) et Philibert (étudiant journaliste) sont partis à la rencontre des équipes françaises dans les laboratoires Arkema à Pau à ceux du CEA à Grenoble.

De l'ordinateur à la montre connectée : la course à la miniaturisation

Les nouvelles montres ordinateurs vont nous permettre de faire les mêmes actions qu'une tablette de 700 g qui elle-même fait pareillement voire beaucoup plus et beaucoup plus vite que les premiers ordinateurs de quatre tonnes (*Figure 1*).

Figure 1

La miniaturisation et les mêmes performances !



Comment en est-on arrivé là ?



Un processeur est un composant de l'ordinateur qui exécute les instructions machines. Dans le microprocesseur, tous les composants ont été miniaturisés pour tenir dans un unique boîtier lui-même très petit.

La chimie des polymères conducteurs permet grâce à la nanolithographie de graver de plus en plus d'informations sur des plaques de silicium de plus en plus petites (voir le chapitre « Toujours plus petit »).

La nanolithographie grave des circuits électroniques de taille inférieure à 40 nanomètres, c'est-à-dire plus fins qu'un dix-millième de cheveu, en fabriquant des pochoirs munis de petits trous ou de petites lamelles arrangées périodiquement et qui sont les deux structures de base des microprocesseurs.



Les COPO ou la chimie des nano-pochoirs

C'est dans les laboratoires de recherches d'Arkema à Pau que tout commence avec la fabrication des copolymères à bloc appelés COPO (voir chapitre la « chimie des écrans souples »).

Sur la *figure 2*, un ingénieur de recherche montre les deux flacons de molécules de polymères A et B, qui mélangées, vont s'accrocher les unes aux autres pour donner la poudre de copolymère à bloc C.



Figure 2

La fabrication des COPO en laboratoire.

La *figure 3* montre l'atelier de production des COPO.

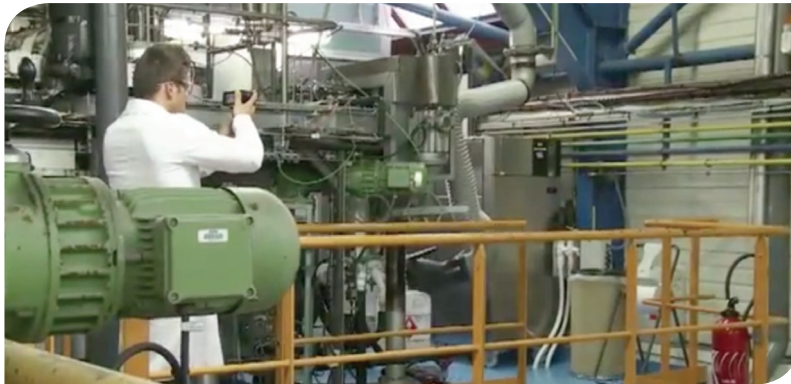


Figure 3

L'atelier de production des COPO.

La fabrication des pochoirs

C'est au LETI (laboratoire de recherche du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) à Grenoble que nous allons suivre la fabrication du pochoir qui servira à réaliser les nano-composants électroniques.



1 nanomètre =
1/1 000 000 000 mètre.
Les nano-composants
ont des dimensions de l'ordre de
1 nanomètre.

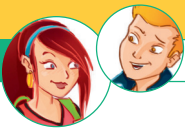


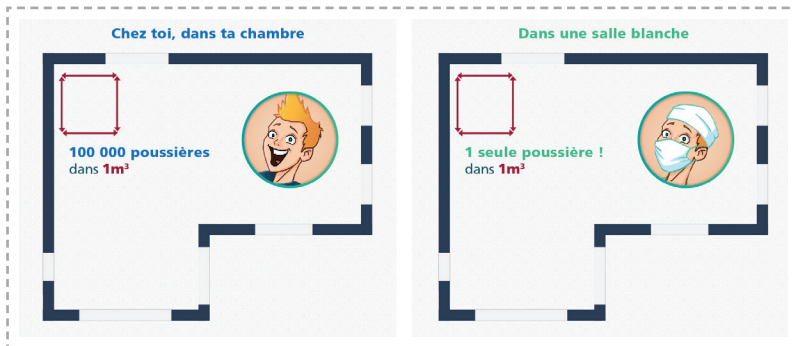
Figure 4

Une salle blanche est une salle sans poussière



Remarque

Attention, la poussière est l'ennemi de l'électronique, et tout doit être extrêmement propre dans les laboratoires de recherche comme dans l'atelier de production (Figure 4). On ne doit pas y trouver plus d'une poussière par mètre cube, on appelle ce type de lieux une salle blanche.



La figure 5A représente le dessin d'une molécule de COPO avec les deux couleurs différentes des polymères A et B qui y sont associés.

L'ingénieur de recherche montre à Quentin et Philibert sur un microscope électronique l'aspect, à l'échelle du nanomètre, de la structure d'une fine tranche de COPO (Figure 5B).

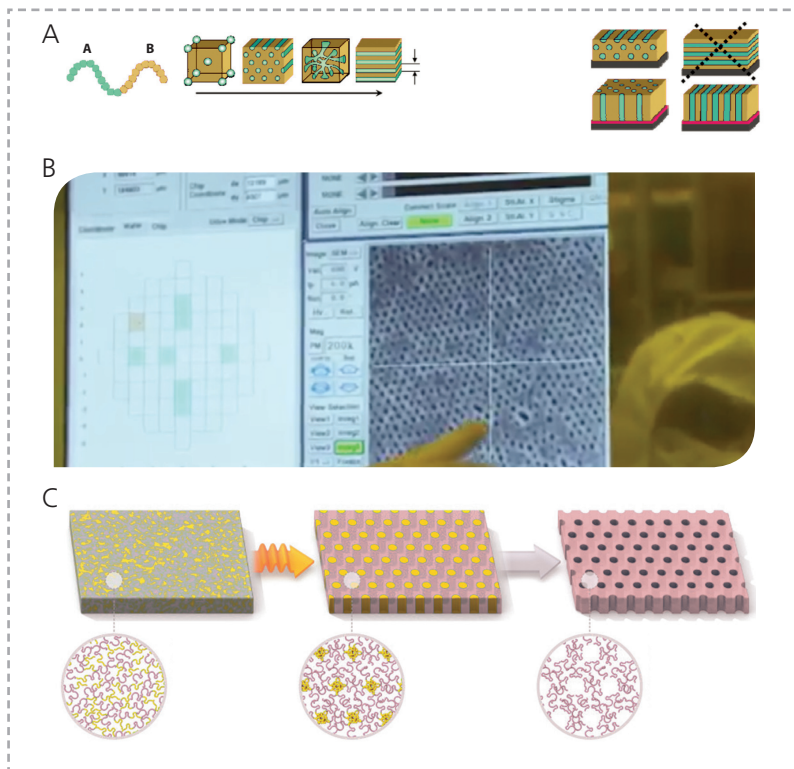


Figure 5

Du COPO à une structure à trous : **A)** un mélange de COPO a deux composants (jaune et vert) conduisant à deux types de structures à trous ou à lamelles ; **B)** image de microscopie électronique d'une fine tranche de COPO ; **C)** le polymère jaune, orienté vers l'extérieur par chauffage est enlevé par décapage et laisse une matrice avec des petits trous noirs.



Le copolymère noir est ensuite éliminé par décapage chimique, ce qui conduit à une matrice constituée de trous de la taille de quelques nanomètres (*Figure 5C*).

Ceci implique que le COPO soit sans défaut, ce qui n'est pas le cas sur l'échantillon où l'on voit quelques trous irréguliers.

On peut, de la même façon, créer des structures lamellaires (*Figure 5A*).

Après destruction du polymère noir (trous ou lamelles), les bons échantillons de COPO sont déposés sur des puces de silicium et utilisés comme un pochoir pour créer des circuits intégrés.

Dans l'atelier de nanolithographie (*Figure 6*), on opère par étape : on réalise d'abord, par des procédés de lithographie classique, des puces de 120 nm que l'on remplit ensuite de copolymère à bloc pour créer des puces de diamètres inférieurs (de l'ordre de 15 nanomètres).



Remarque

Pour que les nano-circuits fonctionnent bien, il faut que tous les trous soient rigoureusement identiques.

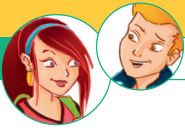


Figure 6

Un atelier de nanolithographie, un exemple de salle blanche.

Conclusion

Les designers de microélectronique peuvent ainsi libérer leur imagination pour concevoir de nouveaux circuits en sachant qu'on saura les fabriquer.



Les écrans flexibles

Destination Allemagne : Marion (étudiante journaliste) et Mickael (élève ingénieur) sont partis en Allemagne visiter le laboratoire d'innovation de l'université de Heidelberg.

De jeunes chercheurs de ce laboratoire collaborent avec des ingénieurs de recherche de BASF pour fabriquer les prototypes des écrans de demain (Figure 2) : des écrans souples et incassables destinés aux télévisions, portables et tablettes.



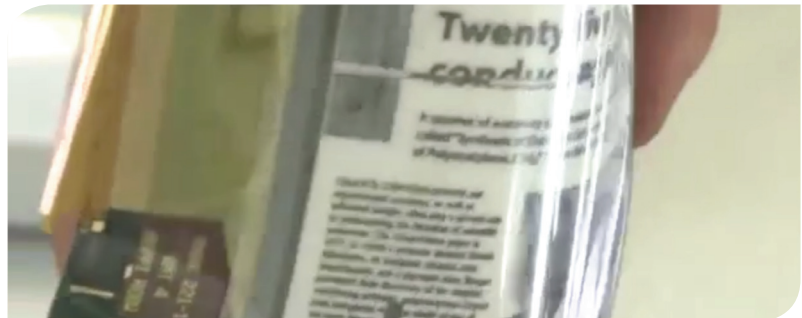
Figure 1

Dans le futur, des écrans flexibles et incassables.



Figure 2

Prototype d'écran flexible.





Quand le journal de Harry Potter devient réalité

L'une des applications de l'électronique organique imprimée de ces futurs écrans est expliquée dans le chapitre « La chimie des écrans souples ».

Actuellement, dans les écrans portables, chacune des informations données par les pixels est contrôlée par des transistors en silicium déposé sur du silicone rigide. Dans les écrans de demain, les transistors seront réalisés en polymères organiques déposés sous forme d'encres imprimées sur des feuilles de plastique souples et incassables.



Pixel : unité de base qui permet de définir une image.



Transistor : composant électronique actif.

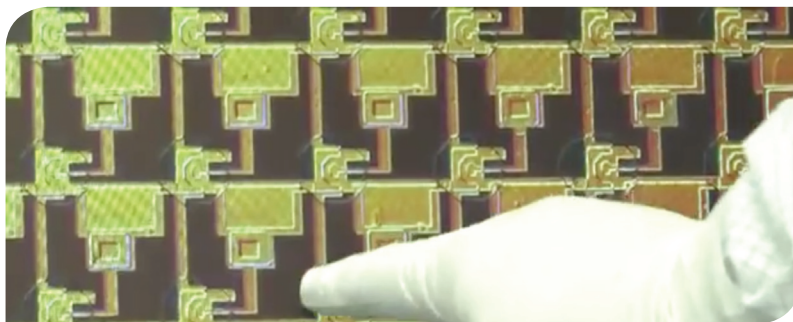


Figure 3

Image de microscopie électronique de transistors organiques imprimés.

La *figure 3* montre l'image en microscopie électronique de ces millions de transistors.

Dans le futur, ces nouveaux transistors seront imprimés en grande quantité par des imprimantes 3D comme celles que l'on voit sur la *figure 4*, avec des encres en pot (*figure 5*).



Figure 4

Imprimante 3D : les techniques de l'impression ont été transposées pour l'électronique organique.

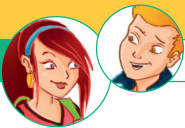


Figure 5

Un Pot d'encre constituée de polymères organiques conducteurs.



Remarque

Les chimistes savent maintenant produire à basse température des encres conductrices, semi-conductrices, isolantes et électro-actives.

Conclusion

À quand les écrans flexibles pour tous ?

Probablement dans cinq à dix ans car à l'heure actuelle, des défauts subsistent. Entre autres, l'impression de tous les transistors à l'identique et en grande quantité n'est pas encore au point ; mais c'est pour demain !

Les écrans vibreurs

Destination San Francisco : Agathe (élève ingénieur) et Stéphane (élève journaliste).

Ils ont allés visiter le salon qui présente l'avant-garde des technologies nomades avant de partir découvrir dans la Silicon Valley, la fabrication des écrans qui transforment le son en vibration.

Au salon, ils ont joué à un jeu vidéo durant lequel ils ressentait les explosions dans leurs doigts ainsi qu'à un jeu de flipper vidéo transmettant les chocs sur le trajet des billes.





Comment ça marche ?

De San Francisco à la Silicon Valley, partons à la découverte des polymères électro-actifs (PEA) à l'origine de ces nouveaux écrans.

Le président directeur général de la société Vivi Touch, filiale du groupe Bayer, où ont été mis au point les polymères électro-actifs après dix ans de recherche (*Figure 2*) accueille Agathe et Stéphane.



Figure 2

Le président directeur général présente les polymères électro-actifs.

Ce n'est pas difficile à comprendre explique le chercheur du laboratoire matériaux : c'est comme dans un cookie quand on presse la crème blanche contenue à l'intérieur. Ici, la crème blanche est en PEA et le biscuit est en carbone conducteur de l'électricité : grâce à des signaux électriques, on fait dilater ou se contracter la crème blanche de PEA (*Figure 3*).

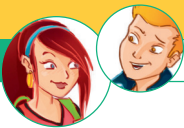
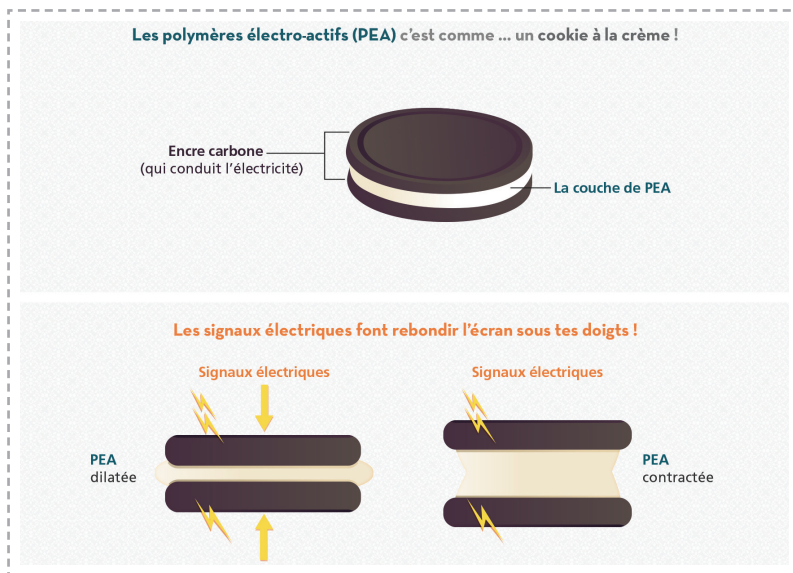


Figure 3

Les polymères électro-actifs identiques au cookie à la crème.



La fabrication d'un cookie électronique

La *figure 4* montre qu'après un passage au four, on peut facilement étendre la crème de PEA sous forme de film.

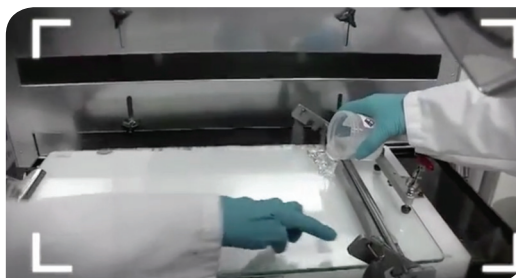


Remarque

La recette du mélange de molécules chimiques qui permet de faire la crème blanche de PEA est un secret industriel jalousement gardé.

Figure 4

Le polymère électro-actif est étendu en film à la sortie du four.



La *figure 5* montre la fabrication des cookies électroniques.

Sur les films de PEA, au-dessus et au-dessous, on dépose par sérigraphie des encres à base de carbone qui est le matériau conduisant les signaux électriques.



Figure 5

Fabrication des cookies électroniques obtenus par dépôts d'encres de carbone.

Regarder et écouter un concert comme si on y était

L'ingénieur mécanicien de Vivi Touch qui collabore à ce programme explique que l'on peut aussi avec ce type d'écran couplé avec le son transmettre *via* un casque, la sensation de mouvement à travers les os de l'oreille et ressentir ainsi les mêmes sensations que lorsque l'on assiste (*figure 6*) à un concert.



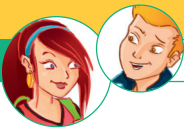
Figure 6

Rencontre avec l'ingénieur mécanicien : comme au concert, le casque transmet les vibrations de l'écran aux oreilles.

Il suffit que les signaux envoyés aux PEA soient couplés avec la musique.

Conclusion

Tous ces résultats sont le fruit de la coopération d'une belle équipe qui réunit chimistes, mécaniciens et électroniciens.



La colle conductrice des tablettes et smartphones

Destination Corée du Sud : Amélie (élève ingénieur) et Pierre (étudiant journaliste).

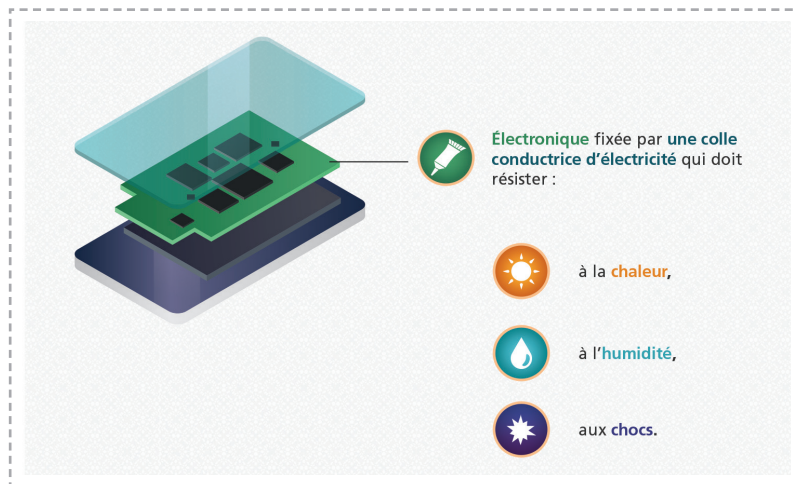
Ils sont partis à la découverte de la colle miracle dans la filiale créée depuis 20 ans de l'entreprise française PROTAVIC-Protex international.

Les milliers de composants électroniques des smartphones et des tablettes sont liés par une colle qui doit non seulement être conductrice de l'électricité mais doit aussi résister :

- à la chaleur libérée lors de l'envoi des images, ou sur le téléphone laissé au soleil ;
- à l'humidité ;
- aux chocs.

Figure 1

Les différentes propriétés indispensables de la colle utilisée en électronique.



Malheureusement les colles époxy classiques résistent mal à la chaleur.

La colle miracle

Amélie et Pierre ont rencontré le vice-président du département recherche et développement de l'entreprise française dont les laboratoires sont à l'origine de cette colle miracle qui possède toutes les propriétés requises.

L'idée originale qui a conduit à cette application innovante a été de mélanger une résine appelée bismaléimide (polymère qui résiste à des températures élevées et est utilisé dans les freins automobiles) avec de la benzoaxine (molécule employée comme retardateur de feu en aéronautique) (*Figure 2*).

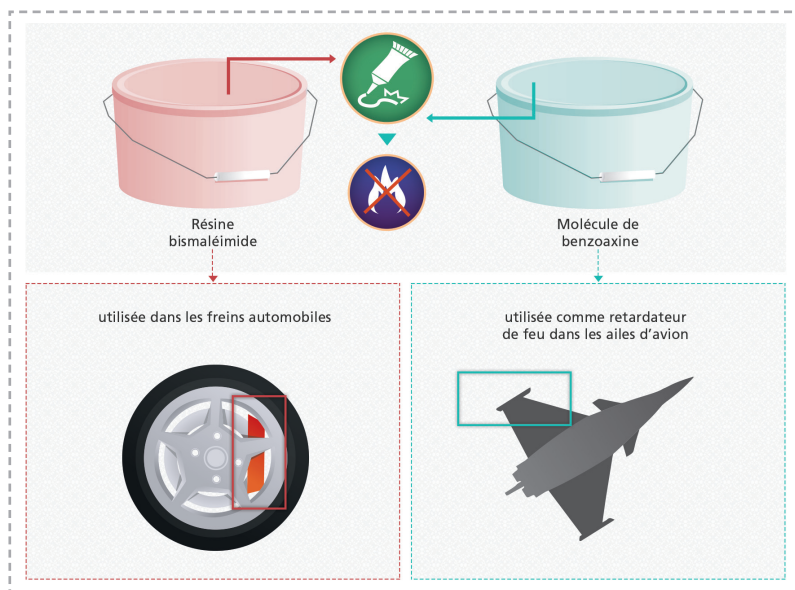


Figure 2

La recette de la colle miracle.



Remarque

Ces deux produits ont de plus l'avantage de ne pas contenir des chlorures toxiques donc d'être meilleurs pour la santé et l'environnement.

La *figure 3* montre le laboratoire où sont testées les propriétés de cette nouvelle colle qui résiste à tout dans des conditions où les colles classiques deviennent défectueuses : température, humidité, et pression de collage d'un petit morceau de silicone sur du métal.

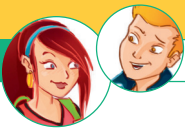


Figure 3

Les propriétés de la colle sont testées au laboratoire.



Le directeur commercial est radieux quand il explique à Amélie et Pierre que la clientèle concernée s'élargit maintenant aux fabricants de semi-conducteurs et de LED. De plus, les débouchés de cette colle, issue de la chimie, qui offre de nouvelles possibilités d'assemblage par collage et qui prolonge la vie des appareils, sont en pleine expansion non seulement sur le marché asiatique mais dans le reste du monde.