

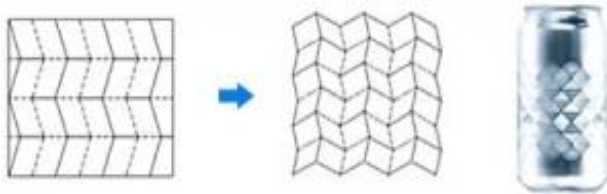
# Origami et innovations technologiques révolutionnaires

« Origami » : l'un des mots japonais connus dans le monde entier. Or, récemment, cette tradition culturelle japonaise a trouvé de nouvelles applications industrielles et artisanales. Développement spatial, mode et textile, et même vaisseaux sanguins artificiels, le concept de l'origami se décline dans divers domaines, dont voici quelques initiatives en cours de développement.

## Origami, sciences et mathématiques

Des champs de recherche également passionnants (pour les spécialistes de l'ingénierie aérospatiale, ou de la mécanique) se cachent dans les structures pliées naturelles, comme la forme des coquillages, les ailes des insectes, ou la disposition des graines de tournesol. En novembre 2014, Saitô Kazuya, professeur adjoint de l'Université de Tokyo a résolu le mystère du pliage des ailes des Staphylinidae, connu pour être le pliage le plus complexe des insectes, et a publié sa découverte dans le Bulletin de l'Académie des Sciences aux États-Unis. Cette étude pourrait exercer une influence sur une vaste variété d'applications : de produits industriels comme les panneaux solaires des satellites artificiels, aux produits d'usages courants comme les parapluies ou les éventails.

## De la canette de boissons aux artères artificielles

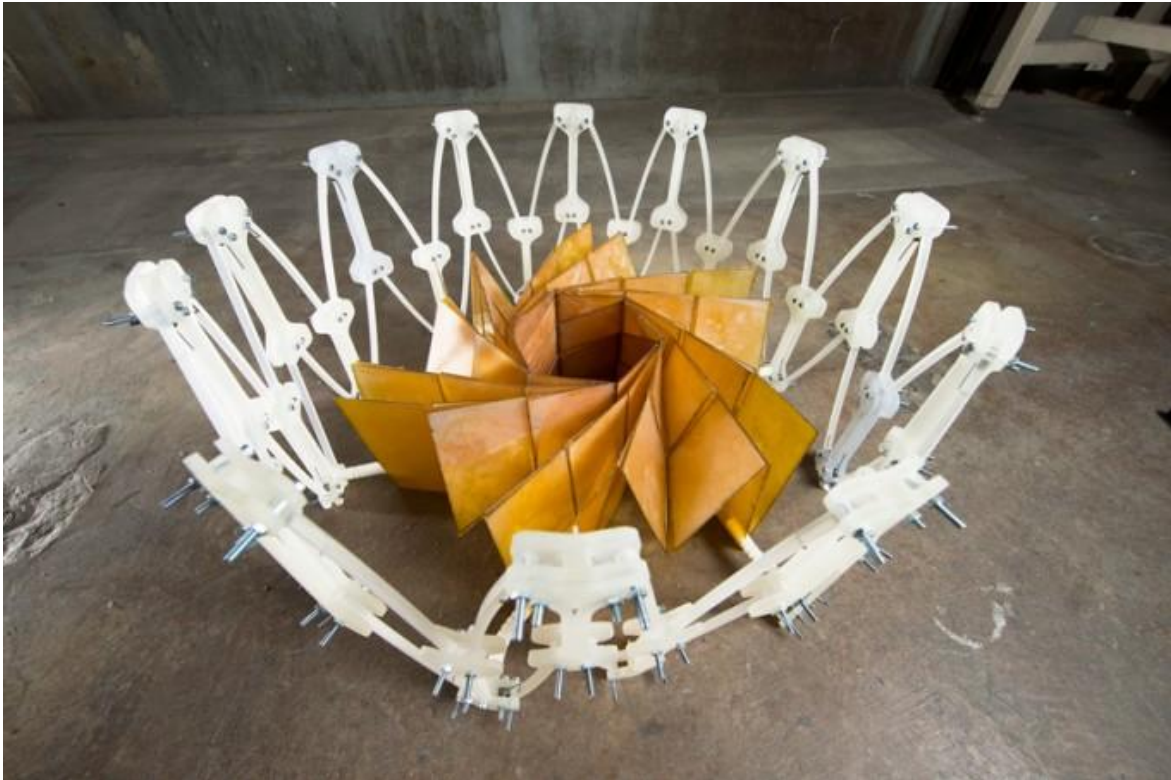


« Pliage de Miura » (à gauche), conçu par Miura Kôryo, chercheur de la JAXA. La structure peut instantanément se déplier ou se replier par simple traction diagonale. Les « motifs Diamants » sur les canettes en aluminium de boissons alcoolisées chûhai (photo de droite) sont une autre application des recherches aérospatiales du Pr Miura.

Dans l'industrie spatiale, tout le monde connaît le pliage des panneaux solaires des satellites, sous le nom de « pliage de Miura ». Plus proche de notre vie quotidienne peut-être, la forme des canettes de boissons connue sous le nom de « design Yoshimura » ou « design en diamant » : quand vous décapsulez votre canette, des motifs de losanges en relief apparaissent sur le corps de la canette.

D'autres applications du principe de l'origami sont très proches de nous : les bouteilles en plastiques faites pour s'écraser facilement, les carrosseries de voitures ou les meubles, plus légers mais rigides, le pliage de l'airbag, etc.

Toutes sortes d'applications sont actuellement à l'étude : dans le domaine de la construction, des panneaux de bois ou d'acier pliables permettant de réaliser des structures en volume, ou dans le domaine médical, la réalisation de stents (supports artériels) par « pliage namako » qui aideraient le traitement de certaines maladies pulmonaires.



La NASA, en collaboration avec les chercheurs du Jet Propulsion Laboratory à l'Université Brigham Young, développe le pliage de panneaux solaires dont la longueur étendue pourrait être de 10 fois sa longueur repliée, à partir d'une application d'origami. (photo : prototype BYU/NASA)



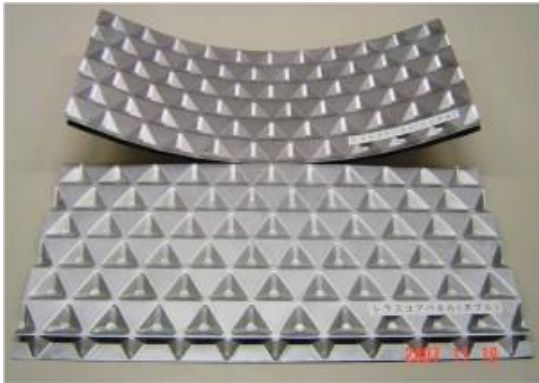
Tachi Tomohiro, professeur adjoint à l'Université de Tokyo, étudie des applications dans le domaine de l'architecture : ici, exemple de design d'un bâtiment pliable.

### **Vers un développement technologique qui mènera à une production de masse**

Bien que le principe technologique de l'origami fasse actuellement l'objet de nombreuses recherches d'application dans quantité de domaines, le transport, la construction, la médecine ou l'aérospatiale, les structures en nid d'abeilles restent à l'heure actuelle la seule application qui ait connu une production de masse.

En novembre 2014, le professeur Saitô a fabriqué avec succès un nouveau type de structure en nid d'abeilles. Alors que les matériaux en nid d'abeilles classiques sont produits par empilements de plusieurs matériaux, ce nouveau type de nid d'abeille est réalisable à partir d'une seule feuille, par application d'un principe d'origami qui permet d'obtenir une structure à trois dimensions. Cette nouvelle technologie facilite la production de matériaux de très haute résistance tout en réduisant les coûts industriels, et rend possible les panneaux courbes, qui étaient extrêmement difficiles à obtenir avec la technologie précédente.

D'autre part, l'équipe du professeur Hagiwara à l'Université Meiji travaille actuellement au développement d'un autre matériau appelé Truss Core (ou Dia Core). Facile à courber lui aussi, et très résistant au feu. Utilisé en sandwich, il offre une résistance mécanique sept à huit fois plus forte que l'équivalent plat, pour un coût de fabrication divisé par trois comparé aux structures en nid d'abeilles classiques. À l'heure actuelle, son application est à l'étude pour les panneaux solaires Heliostat, pour les caissons de piles au lithium, et pour les planchers de voitures de chemin de fer.



Le Truss Core est un panneau formé d'un alignement à structures tétraédriques (pyramides triangulaires). Facile à courber et à press-former, peu coûteux, très résistant au feu.

L'autre objectif sur lequel est concentrée l'équipe du professeur Hagiwara concerne « l'imprimante 3D à origami ». Son principe est absolument l'inverse de l'imprimante 3D à empilement de couches : l'impression d'un patron d'origami obtenu par l'envoi des données volumétriques, qui permet la réalisation de l'objet en économisant l'étape du moule, l'étape la plus coûteuse d'un processus industriel. Dans le moyen terme, l'utilisation combinée de machines industrielles comme une plieuse ou une soudeuse permettra d'obtenir un patron d'origami par façonnage d'autres matériaux que le papier.

Toutes ces recherches sont enracinées sur le concept traditionnel de l'origami, mais celui-ci offre de nouveaux champs de recherche encore inexplorés. On peut être sûr que dans les années qui viennent, de nouvelles idées entièrement nouvelles nées de l'origami, trouveront leur chemin vers l'industrialisation et la commercialisation dans de nombreux pays.

*(Texte établi sur la base d'une entrevue réalisée en janvier 2015 à l'Institut d'études avancées sur les sciences mathématiques / Institut de recherche et de stratégie en propriété intellectuelle de l'Université Meiji)*

Loin de rester cantonné dans le domaine des arts traditionnels, l'origami détient la clé d'une infinité d'innovations technologiques et industrielles.



Les décorations en papier plié de la fête de *Tanabata* ont servi d'idée de départ pour le développement des parois en nid d'abeilles.

L'idée de départ de cette technologie des parois en nid d'abeilles serait apparue à des ingénieurs britanniques, à la fin de la Seconde Guerre mondiale, à partir de décorations de papier de la fête de *Tanabata*, faites d'origami imbriqués. Aujourd'hui, la technologie du nid d'abeilles est très commune, on la côtoie quotidiennement comme matériau d'épaisseur dans cartons d'emballage par exemple. Mais il en existe également de nombreuses applications industrielles, par exemple dans les trains du Shinkansen, des structures en nid d'abeilles en aluminium sont présentes dans les planchers pour amortir les vibrations. En technologie spatiale, des panneaux en nid d'abeilles, sur les parois des fusées, protègent les satellites de la destruction par les ondes acoustiques dues à l'explosion en phase de décollage.

Pour Hagiwara Ichirô, responsable de l'Institut de recherche et de stratégie en propriété intellectuelle de l'Université Meiji, la technologie de l'origami est une véritable mine, susceptible de générer plusieurs milliers de milliards de yens d'activité industrielle. Or, l'application des structures en nid d'abeilles, si elle a bien été inspirée par l'origami, a été développée au Royaume-Uni et non pas au Japon.

À l'origine, Hagiwara Ichirô était chercheur sur les phénomènes de collision chez Nissan. Nommé professeur à l'Université de technologie de Tokyo, il s'est alors consacré à la recherche en ingénierie collaborative (c'est-à-dire les technologies qui placent la vision de l'utilisateur au centre de leur problématique, comme l'ergonomie du confort dans un véhicule). C'est alors qu'une rencontre avec le Dr Nojima Taketoshi de l'Université de Kyoto (aujourd'hui chercheur invité de l'Institut d'études avancées sur les sciences mathématiques de l'Université Meiji) en 2002 lui a fait découvrir les potentiels de l'origami.

Le Dr Nojima affirmait que la solidité et la légèreté, les deux atouts de l'origami, ou encore ses fonctionnalités de contraction et déploiement, pouvaient engendrer d'innombrables applications industrielles. Pour tester cette vision, le professeur Hagiwara a alors mis en place un groupe de recherche sur l'ingénierie de l'origami.

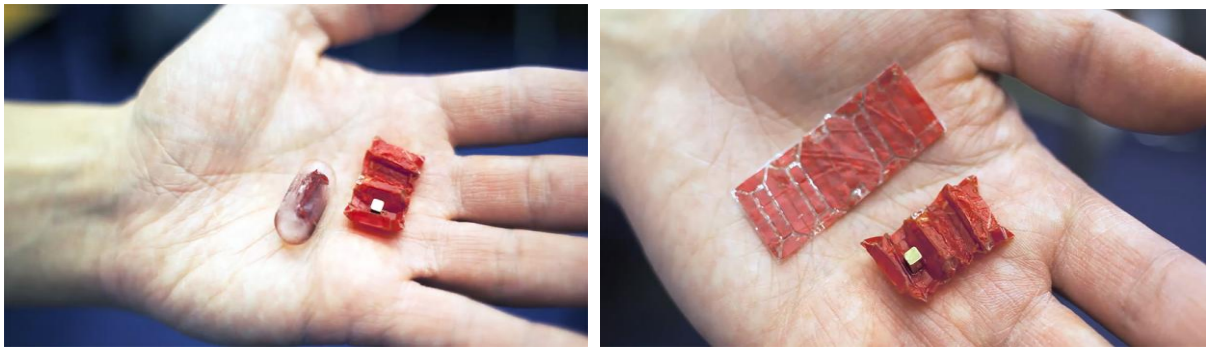
« La sensibilité et le ressenti sont des axes d'évaluation importants dans le domaine de l'ingénierie collaborative. Par exemple, regardez la disposition des graines de tournesol sur une fleur, vous trouverez ça beau. Utiliser un bel objet stimule le cerveau. »

## Le robot origami a les regards tournés vers lui

Au Japon, l'idée commune en est encore à considérer l'origami uniquement comme un art traditionnel. Heureusement, le professeur Hagiwara remarque qu'une grande attention est portée aux technologies de l'origami dans le monde entier. Près de 300 participants, venus de 30 pays, étaient présents à Tokyo en août 2014 pour assister à la « 6<sup>e</sup> Conférence internationale des sciences, mathématiques et éducation sur l'origami ».

En arrière-plan de cette attention récente pour les technologies de l'origami, il y a le développement sur ordinateur, depuis les années 1990, de logiciels de conception et de simulation de formes par pliage, ce qui a permis le développement de la recherche sur « l'origami par calcul ». En 2012, aux États-Unis, la National Science Foundation a investi 16 millions de dollars dans les projets de recherches sur les technologies de l'origami.

Aux États-Unis, le professeur Eric Demaine, chercheur en informatique au Massachusetts Institute of Technology, a publié une thèse sur les « robots origami », créés à partir d'une feuille de polymère à mémoire de forme, qui se déploie et se replie tout seuls. La recherche n'en est qu'à ses débuts mais est extrêmement prometteuse.



Premier prototype de « robot origami », un concept de robot minuscule (1cm de longueur) et pliable. Le but ? Naviguer sans problèmes dans votre corps.

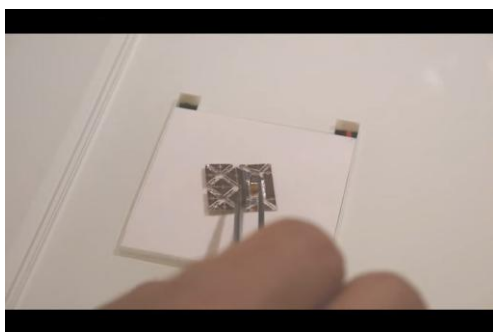
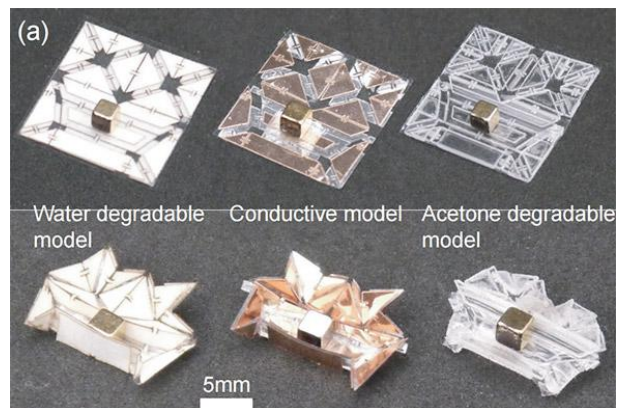
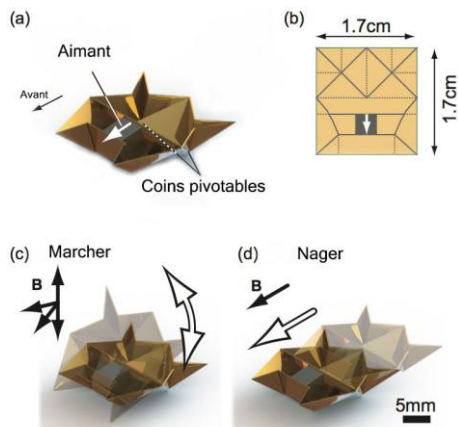
## L'avenir tient dans un origami : ce minuscule robot se façonne lui-même et se déplace grâce à un ingénieux pliage

A l'occasion du l'ICRA 2015 de Seattle, aux Etats-Unis, les chercheurs du MIT (l'Institut de technologie du Massachusetts) ont présenté un nouveau petit bijou de technologie. Petit, c'est le moins que l'on puisse dire puisqu'il s'agit en fait d'une feuille plate de 1,7 cm avec un petit aimant dessus. Pas très impressionnant à première vue, lorsque l'invention se met en marche, c'est une tout autre affaire. En effet, au contact d'une source de chaleur la petite feuille se plie elle-même pour se métamorphoser en un petit origami, incroyable ! Celui-ci tient dans la paume de la main, son poids est inférieur à 1 gramme (plus exactement 0,31 g).

Les chercheurs provenant du MIT, de l'Université de Sheffield, de l'Institut de Technologie de Tokyo, ont démontré que leur minuscule robot origami pouvait être ingurgité dans une capsule avant de se déployer tel un accordéon dans un corps humain. Le robot se déplace en utilisant des champs magnétiques externes.

**Les chercheurs du MIT ne cessent de nous épater avec leurs innovations aussi incroyables les unes que les autres. Aujourd'hui, ils sont très fiers de nous présenter une simple feuille plate. Simple, pas si sûr ! Celle-ci est capable de se plier en un minuscule origami qui tient au creux de la main. Une véritable métamorphose qui dévoile une autre surprise puisque cette petite technologie peut aussi bien marcher que nager.**

Un petit robot qui n'arrête pas là ses exploits, puisqu'il est alors capable de bouger à une vitesse allant jusqu'à 3 cm/s. Comme le montre le schéma ci-dessous, le robot est en fait « alimenté » par deux sortes d'aimants : l'un intégré en lui, l'aimant néodyme, et les autres qui sont des bobines électromagnétiques, servant à repousser ou attirer le petit robot. L'innovation est que ce robot n'est pas seulement un aimant positionnable, il est aussi capable de nager et de marcher ! Grâce au champ magnétique, on peut le faire osciller dans la direction souhaitée, dans l'eau comme sur terre.



Ces petits robots sont capables de marcher, de grimper, de nager et de porter des charges deux fois plus lourdes qu'eux. Tout cela grâce à un ingénieux système de contrôle magnétique.

Ce petit robot semble fantastique mais à quoi peut-il bien servir ? Les chercheurs sont très optimistes sur son utilité. C'est une invention très prometteuse qui pourrait exécuter efficacement des tâches comme le déplacement d'objets ou creuser. Il peut également flotter. De plus, la feuille pliable va sûrement révolutionner certains domaines, elle pourrait peut-être se métamorphoser, pas seulement en origami, mais en d'autres objets utiles au quotidien. Les scientifiques envisageraient même de s'en servir en médecine, pour insérer ce robot miniature dans notre organisme...