

# Origami pour la biologie

Jean-Jacques Dupas

**Depuis toujours la nature est une source d'inspiration pour les artistes. Pourquoi ne le serait-elle pas pour les scientifiques ?**

C'est cette question que se sont posé les fondateurs du bio-mimétisme. Leur idée est simple et paradoxale : plagier la nature pour innover. En clair, utilisons le travail de millions d'années d'évolutions. Ce travail a créé des solutions optimales pour de nombreux problèmes, il serait dommage de ne pas profiter de ce potentiel ! Par exemple, en remarquant que certaines feuilles hydrophobes restent propres, des équipes ont mis au point des revêtements autonettoyants.

L'industrie du verre pense pouvoir, sur le même principe, produire des vitres autonettoyantes et des pare-brises sans essuie-glaces. Les applications du biomimétisme sont innombrables et touchent des domaines inattendus. Une équipe pluridisciplinaire comprenant des ingénieurs, des mathématiciens, des informaticiens... est allée encore plus loin, en créant une nouvelle discipline faisant la synthèse entre le biomimétisme et l'origami.

**Qu'est-ce que l'Origami ?**

Rappelons que l'Origami est l'art traditionnel du papier plié. Cet art ancestral n'a pas forcément bonne presse en France. Une vision courtelinesque fait de l'origami la principale activité de nos *ronds de cuir*, la confection de *cocottes* en papier dissolvant et le temps et les

dossiers. Lisez ou relisez Courteline, il est hilarant. Mais la réalité est très différente. Nos fonctionnaires ont d'autres chats à fouetter et... pour la plupart ils ne savent pas faire des cocottes en papier. Vous savez-vous faire de l'origami ? Même pour des modèles élémentaires, c'est tout un art ! Cela ne s'improvise pas !

**Mathématiques et Origami**

L'Origami est en elle-même une source d'activité créative s'appuyant sur de profondes théories mathématiques. Par exemple : étant donné un diagramme de plis sur une feuille de papier, la forme finale peut elle être obtenue sans ajouter des plis supplémentaires ? Ce problème s'avère très difficile, les temps de calculs augmentant de façon exponentielle avec le nombre de plis. Les processus biologiques sont eux aussi très profonds. Le Docteur Taketoshi Nojima de l'Université de Kyoto a étudié les schémas de pliages de la nature, comme ceux impliqués dans la croissance des plantes. Avec une simple feuille pliée, il obtient par exemple une pomme de pin où un observateur averti reconnaîtra 8 hélices dans un sens et 13 dans l'autre c'est à dire la présence de termes de la suite de Fibonacci. Toutes ces structures légères inventées par Nojima - que ce soit des cylindres, des cônes, des hélices - sont en plus des formes repliables. Nojima s'est très souvent inspiré de la nature : des fruits, des cornes, des coquillages, des fleurs qui s'ouvrent, des

## Origami pour la biologie

ailes d'insectes qui se replient... Il a aussi puisé dans les mathématiques pures en étudiant les pavages du plan et de l'espace et des solides en forme d'éponges régulières.

### Eponges régulières

Les éponges régulières sont des polyèdres réguliers...infinis ! C'est-à-dire qu'elles sont constituées d'un seul type de polygones réguliers (des carrés ou des hexagones), à chaque sommet concourent le même nombre de polygones ; les sommets, faces et arêtes sont en nombre infini. Les éponges régulières ont été identifiées par Coxeter et Pietri, elles sont au nombre de 3. Ces éponges sont des objets idéaux pour renforcer des structures ultralégères.

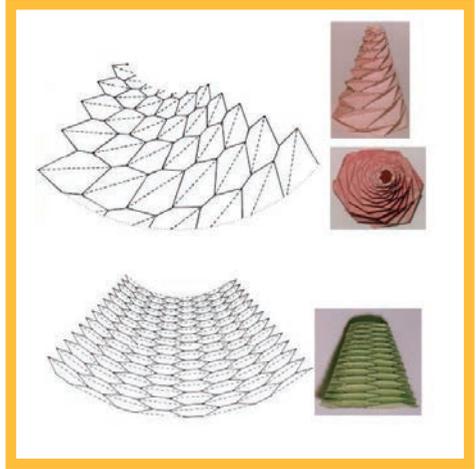
### Des applications universelles

Comme souvent en mathématiques, la théorie est pratique ! Pratique car, pour obtenir nos objets en trois dimensions il suffit de partir d'une simple feuille, conditionnement industriel le plus courant. Quel rêve pour le constructeur de polyèdres qui, comme moi, assemble d'innombrables morceaux pour obtenir un volume !

Pratique car, repliés, les objets se présentent sous une forme plus compacte pour le transport.

Le transport des éponges régulières de Nojima ne présente ainsi aucun problème logistique.

Cette démarche s'inscrit donc dans le cadre du développement durable, puisque les phases de fabrication et de logistique sont optimisées. L'utilisation



de feuilles standardisées peut aussi faciliter le recyclage.

De l'avis même de Nojima, nous ne sommes qu'au tout début d'une nouvelle science, promise à un développement extraordinaire. J'ai pris la liberté de la baptiser **BiOrigami**. Elle pourrait révolutionner notre futur, en s'immerçant dans les objets les plus courants comme les canettes jusqu'aux plus technologiques comme les voiles solaires des prochains vaisseaux interplanétaires.

**Jean-Jacques DUPAS**

Ingénieur-chercheur au CEA

Direction des Applications Militaires de Bruyères-le-Châtel

### Pour en savoir (un peu)plus

-Some assembly needed, Ian Stewart, Nature Vol. 448 du 26 juillet 2007, p.419

-Nojima Taketoshi <http://impact.kuaero.kyoto-u.ac.jp/pdf/Origami.pdf>

-Nojima Taketoshi ,Origami Modelling of Functional Structures based on Organic Patterns

-Nojima Taketoshi, Saito Kazuya, development of newly designed ultra-light core structures, JSME International Journal, Series A, Vol. 49, n°1, 2006

-Courteline, Messieurs les ronds-de-cuir, Garnier-Flammarion

-Coxeter, H.M.S, The Regular Sponges or Skew Polyhedra, Scripta Mathematica Vol.6 (1939), pp.240-244