

Les liens entre PHYSIQUE/ CHIMIE et ORIGAMI et théorie du Chaos

Après 20 années de travail sur le pli, il m'est apparu que je m'éloignais de la technique, formes structurées intransigeantes de précision, pour me diriger vers une vision artistique issue de ma conception du monde, que j'ai par la suite comparé au principe de l'esthétique japonaise qui met l'accent sur la beauté trouvée dans l'imperfection : le WABI-SABI (*).

Puis m'est revenu un échange avec un grand artiste, Vincent Floderer sur l'idée qu'un lien pourrait émerger et coexister entre mes études de Chimie de laboratoire (la technique, le réel) et mon travail du pliage de papier (l'artistique, le spirituel)

Le tangible :

En comparant les plis en origami à une forme de structure atomique, maille moléculaire, peut on y découvrir un lien dans les structures ?

Un exemple historique :

En 1970, Koryo Miura, astrophysicien, conçoit ce qui deviendra l'une des structures de plis les plus connus et les mieux étudiés de l'origami: le « Miura-ori ».

Le motif de plis forme une mosaïque de parallélogrammes, et la structure entière s'effondre et se déploie en un seul mouvement - fournissant une façon élégante de plier une carte. Il s'est également avéré être un moyen efficace d'emballer un panneau solaire pour un vaisseau spatial, une idée proposée par Miura en 1985 et qui est ensuite devenue réalité sur le satellite japonais Space Flyer Unit en 1995.

Sur Terre, le « Miura-ori » a continué de trouver plus d'utilisations. Le pli exploite une simple feuille, alliant souplesse et rigidité, ce qui en fait un « métamatériau », c'est-à-dire un matériau dont les propriétés ne dépendent pas de sa composition mais de sa structure. Le « Miura-ori » est aussi unique par son coefficient de Poisson négatif (voir auxétisme). Lorsque vous poussez sur ses extrémités, le haut et le bas se contracte en même temps, ce qui n'est pas le cas pour la plupart des objets. Essayez par exemple de presser une banane et un joli gâchis jaillira de ses extrémités.

Les chercheurs ont exploré comment utiliser « Miura-ori » pour construire des tubes, des courbes et d'autres structures, qui selon eux pourraient avoir des applications dans la robotique, l'aérospatiale et l'architecture. Même les créateurs de mode ont été inspirés pour intégrer « Miura-ori » dans des robes et des foulards.

En 2014, une équipe de chercheurs a étudié ce qui arrive à « Miura-ori » lorsque l'on ajoute quelques défauts. Les chercheurs ont montré qu'en inversant quelques plis, en poussant sur un segment convexe pour le rendre concave et vice versa, ils pourraient rendre la structure plus rigide. Au lieu d'être un défaut, ils ont trouvé que les défauts pourraient devenir une caractéristique. Juste en ajoutant ou en soustrayant des défauts, vous pouvez configurer un « Miura-ori » pour qu'il soit aussi rigide que vous le souhaitez.

Personne n'a vraiment pensé aux défauts avant.

Le défaut ne serait il que chaos pour celui qui ne prend pas le recul nécessaire ?

Un outil conceptuel :

La mécanique statistique essaie de donner un sens aux propriétés et aux comportements émergents découlant de particules, comme un gaz ou les molécules d'eau dans un glaçon en établissant des liens entre les grandeurs physiques macroscopiques et d'autres grandeurs microscopiques caractérisant les constituants élémentaires (atomes ou molécules) du système matériel.

A juste titre, les schémas de plis sont aussi des réseaux, pas de particules, mais de plis.

Dans un cristal, les atomes sont liés par des liaisons chimiques. En origami, les sommets sont liés par des plis.

Une expertise en mécanique statistique s'appliquerait elle à un modèle en structure moléculaire comme « Miura-ori » ?

Les défauts apparaissent dans les cristaux lorsque vous augmentez la température. Dans un cube de glace, par exemple, la chaleur brise les liaisons entre les molécules d'eau, formant des défauts dans la structure du réseau. Finalement, la structure moléculaire se décompose complètement et la glace fond.

Si pour une structure moléculaire, une température plus élevée provoque l'apparition de défauts, dans l'analyse de l'origami « Miura-ori », le défaut ne se réfère pas à la chaleur ou au froid; au lieu de cela, il représente l'énergie du système. Par exemple, en ouvrant et en fermant plusieurs fois un « Miura-ori », vous injectez de l'énergie dans le réseau et, en termes de mécanique statistique, vous augmentez sa température. Cela provoque des défauts car le pliage et le dépliage constants peuvent entraîner une inversion de l'un des plis.

Pour comprendre comment les défauts se développent, il faut se rendre compte qu'il est préférable de ne pas voir chaque sommet comme une particule, mais plutôt comme un point de départ d'un défaut potentiel. Avec cette image, les défauts potentiels se comportent comme des particules de gaz flottant librement. Ainsi on peut même calculer la densité et la pression pour décrire ces défauts.

À des températures relativement basses, les défauts se comportent de manière ordonnée. Et à des températures suffisamment élevées, lorsque les défauts recouvrent toute la structure, le « Miura-ori », devient relativement uniforme.

Entre le « Miura-ori » originel, état stable, et un autre « Miura-ori », en transition, le modèle d'origami trapézoïdal semble passer par un changement brusque d'un état à l'autre - ce que les physiciens appelleraient une transition de phase, une transformation du système étudié provoquée par la variation d'un paramètre extérieur particulier (température, champ magnétique...).

L'origami peut avoir une transition de phase !

Il a toutes les complexités des matériaux du monde réel.

Sans expérience, il est difficile de dire exactement comment l'origami change à ce point de transition. Mais à mesure que les défauts se multiplient, la structure devient de plus en plus désordonnée. Au-delà du point de transition, il y a tellement de défauts que toute la structure de l'origami devient chaotique.

Le spirituel :

Peut-on en déduire un lien entre le chaos et la structure ? Existe-t-il une structure dans la recherche de l'imperfection ?

J'habite Fécamp, une commune française située en région Normandie. Donc en bord de mer !

J'ai eu le loisir de me promener sur ce bord de plage où la mer est rythmée par les marées ainsi que des courants parmi les plus importants du monde. En période de tempête, ici la mer est sauvage, tout peut se passer très vite, les plis provoqués par les vagues incessantes sont telle une feuille froissée, vous vous sentez dans le chaos !

Puis le lendemain vint une balade sur les hautes falaises de craie, bien loin au dessus du niveau de la plage, même temps, une mer agitée. Cependant ce n'était plus le chaos, les vagues avaient une direction spécifique, les plis étaient organisés. L'apparent chaos n'en était plus un observé d'un autre point de vue.

Si l'on approfondit le spirituel c'est pour s'élever, or, si je m'élève j'observe d'un autre point de vue que la vision de mon travail est une contradiction :

- les pieds sur les galets j'ai visé le « Wabi-Sabi », la beauté dans l'imperfection, j'ai travaillé en cherchant le lâcher prise d'une précision vers une unicité dans la finalité, une personnalité propre à chaque œuvre pour imager le monde à travers mon regard.

- mes pieds sur la falaise de craie m'amène à penser que le chaos recherché, le défaut qui ferait toute la différence, observé avec recul, ne serait donc pas !

Mon travail ne devrait il pas s'en trouver plus beau ?

Le comportement chaotique est à la base de nombreux systèmes naturels, tels que la météo ou le climat. Ce comportement peut être étudié grâce à l'analyse par de modèles mathématiques chaotiques, ou par des techniques analytiques de récurrence et d'applications de Poincaré. La théorie du chaos est une véritable théorie scientifique qui a des applications en météorologie, sociologie, physique, informatique, ingénierie, économie, biologie et philosophie.

Elle repose sur la représentation des solutions des équations différentielles dans l'espace de phases associées : représenter les solutions sous forme de trajectoire dans l'espace plutôt que l'une des variables en fonction du temps permet de révéler la structure sous-jacente : c'est ce qui conduit à affirmer que la théorie du chaos contribue à **«trouver de l'ordre caché sous un désordre apparent.»**

A noter qu'il existe une dimension « fractale » dans cette théorie, la boucle est bouclée.

Il apparaît finalement un ordre dans le désordre. Une perfection dans l'imperfection. En mon sens cela illustre parfaitement le débat entre le destin et l'existence d'un hasard, parmi les éternelles questions, essence fondamentale de nos êtres, qui nous font être en équilibre instable permanent.

La question qui reste en suspens pour moi est celle-ci : la notion d'imperfection existe elle donc ?

J'espère que cette réflexion personnelle incitera davantage de gens à réfléchir au chaos en prêtant un examen attentif aux défauts qui les entourent, à partir d'un autre point de vue.

(*)Déf :

Wabi-Sabi, principe de l'esthétique japonaise qui met l'accent sur la beauté trouvée dans l'imperfection

Wabi-sabi représente l'esthétique japonaise et une vision du monde japonaise centrée sur l'acceptation de la transitoire et de l'imperfection. L'esthétique est parfois décrite comme une «beauté imparfaite, impermanente et incomplète». C'est un concept dérivé de l'enseignement bouddhiste des trois marques de l'existence, en particulier l'impermanence, la souffrance et le vide ou l'absence de soi-même.

Les caractéristiques de l'esthétique wabi-sabi comprennent l'asymétrie, l'aspérité (rugosité ou irrégularité), la simplicité, l'économie, l'austérité, la modestie, l'intimité et l'appréciation de l'intégrité ingénieuse des objets et procédés naturels.