**L'actualité vue par un mathématicien**

**Septembre 2008**

**Les mathématiques et le centre national de natation de Pékin**

par Hugo Drouin-Vaillancourt

Si vous êtes observateur et vous avez regardé les jeux Olympiques de Pékin, vous avez sans doute remarqué l’architecture particulière du bâtiment dans lequel les épreuves de natation avaient lieu. Nombreux sont ceux à avoir remarqué que la conception du centre national de natation de Pékin est basée sur un jeu de modules géométriques. Ce que la plupart des gens ignorent, c’est que ces modules sont la meilleure solution connue à un problème d’optimisation mathématique vieux de presque 150 ans!

Quand une équipe d’architecte aborde la conception d’un édifice, elle cogite afin de formuler un concept qui sera en lien avec le contexte du bâtiment. Quand les architectes australiens de la firme PTW ont remporté le concours pour le centre national de natation de Pékin, ils n’ont pas pensé aux mathématiques dès le départ. Ils se sont plutôt remués les méninges pour trouver un concept lié à l’eau. C’est en poursuivant une recherche sur la forme des bulles dans la mousse qu’ils ont appris l’existence d’un objet mathématique unique découvert en 1993 : le solide de Weaire-Phelan.

Mais qu’est-ce que ça mange en hiver un solide de Weaire-Phelan ? Il s’agit en effet de la meilleure solution connue à une question mathématique qu’on appelle « le problème de Kelvin » et qui se résume comme suit : Quel est le solide contenu dans un cube qui a le plus grand volume tout en ayant la surface plus petite ? En d’autres mots, quel solide a le rapport volume/surface le plus élevé ? Prenez l’exemple d’un cube : son volume est maximal (c’est pourquoi la plupart des pièces de nos bâtiments ont cette forme !), mais le total des aires de ses surfaces est également très élevée. D’un autre côté, la sphère est le solide qui a l’aire la plus petite, mais son volume est également assez petit (en d’autres mots, si on construisait des pièces en forme de sphère, il y aurait beaucoup d’espace inutilisé entre les murs !) Le solide qui répond au critère de Kelvin se situe donc à quelque part entre le cube et la sphère.

Quand Lord Kelvin a formulé ce problème en 1887, il a affirmé (sans le prouver) que la solution était l’octaèdre tronqué à 14 faces, un solide dont 6 faces sont de forme carrée et dont les 8 autres faces sont des octogones légèrement courbées. Aucun contre-exemple n’a été découvert jusqu’en 1993, lorsque Weaire et Phelan, des physiciens irlandais, ont trouvé un pavage de l’espace dont la surface est de 0.3% moins élevée que la structure de Kelvin.

Sans entrer dans les détails, la structure de Weaire-Phelan, utilisée comme module de base du centre national de natation de Pekin, est composée de 2 types de polyèdres différents, dont les faces sont des pentagones et des hexagones (encore légèrement courbées.)

Vous vous demandez probablement qu’est-ce que tout ça a à voir les bulles de savon ? Et avec l’architecture ? La réponse est simple ! Les équations de la physique nous apprennent que la tension de surface, ou l’énergie, d’une bulle de savon est proportionnelle à l’aire de sa surface. Comme les systèmes naturels aiment bien être dans un état d’énergie minimal, les bulles de savon cherchent à avoir la surface la plus petite possible. Les mathématiciens appellent ce genre d’objet des «surfaces minimales.» Les bons architectes adhèrent également à ce principe d’énergie minimale, ils veulent construire de grands espaces en utilisant le moins de matériaux possible. En d’autres mots, ils veulent de grands volumes avec de petites surfaces et c’est ce principe que les architectes du centre national de Pékin ont mis en évidence dans leur architecture.

*Hugo Drouin-Vaillancourt est étudiant au baccalauréat en mathématiques et physique et est un membre actif de l'équipe SMAC.*

**Pour en savoir plus:**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Weaire-Phelan_structure>

-----------------------------------------------------------------------

**Notes :**

Explosion architecturale à Beijing dans le cadre des Jeux Olympiques

The outer wall is based on the [Weaire-Phelan structure](http://en.wikipedia.org/wiki/Weaire-Phelan_structure), a structure devised from the natural formation of [bubbles](http://en.wikipedia.org/wiki/Soap_bubbles) in [soap](http://en.wikipedia.org/wiki/Soap) [foam](http://en.wikipedia.org/wiki/Foam).[[8]](http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_National_Aquatics_Centre#cite_note-7) The complex Weaire-Phelan pattern was developed by slicing through bubbles in soap foam, resulting in more irregular, organic patterns than foam bubble structures proposed earlier by the scientist [Kelvin](http://en.wikipedia.org/wiki/William_Thomson,_1st_Baron_Kelvin).[[6]](http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_National_Aquatics_Centre#cite_note-Welcome-5) Using the Weaire-Phelan [geometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Geometry), the Water Cube's exterior cladding is made of 4,000 ETFE bubbles, some as large as 9.14 meters (30 feet) across, with seven different sizes for the roof and 15 for the walls.[[9]](http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_National_Aquatics_Centre#cite_note-Pearson-8)

Concept :

* Idée évoquant l’eau
* Forme des bulles dans la mousse

Enveloppe, structure = 1 seule entité

Problème d’optimisation mathématique :

* Maximiser le ratio espace / surface
* Exemple : sphères et cube : pas optimaux
* Solution proposée par Kelvin (conjecture de Kelvin) et rafinée par machin-chose.
* Résultat : 2 types de polyèdres à plusieurs faces.

Autres type de mathématiques dans le milieu bâti :

* Truc de Le Corbusier pour l’expo universel
* Milieu bâti = géométrie et matériaux -> intrinsèquement lié aux math et à la physique.