

Morpho-élasticité des systèmes vivants par l'exemple : les feuilles et l'embryon de *C.elegans*

Martine Ben Amar
ENS & Sorbonne Université

Au cours de la morphogenèse et de l'embryogenèse, la forme des espèces vivantes résulte de la croissance, du relâchement des contraintes et du remodelage. Dans cette présentation deux systèmes seront évoqués : les feuilles des arbres et l'embryon de *C. elegans*.

Lorsque la croissance ne génère aucune contrainte, la forme du corps ne fait que refléter la densité de croissance. En deux dimensions, nous montrons que les configurations sans contrainte sont simplement déterminées par l'évolution temporelle d'un mapping conforme qui concerne non seulement la frontière mais aussi le champ de déplacement. L'application de ce modèle à des feuilles planes démontre qu'elles ne présentent pas de contrainte résiduelle et que leur forme peut être facilement représentée. Le facteur de croissance, isotrope ou anisotrope, est lié à la métrique entre les mappings conformes. En ajustant la fonction mathématique de forme, les principales caractéristiques des feuilles telles que les pointes (convexes ou concaves ou à pointes acérées), les bordures ondulées et les nervures peuvent être déterminées mathématiquement en bon accord avec les observations.

Le ver *C. elegans*, système modèle en biologie, présente des phases de transformation à masse constante dans son œuf, avant l'éclosion. Dans les 4 heures précédant l'éclosion, il va s'allonger en deux étapes : une première étape de contraction circonférentielle due au réseau acto-myosine, et une deuxième étape de contractions musculaires cycliques à gauche et à droite par rapport à un axe vertical. Comme les muscles sont contractiles, l'interprétation de cette forte élongation n'est pas intuitive. En considérant les éléments « actifs » tels la myosine ou les muscles, comme des pre-contraintes élastiques, on peut montrer quantitativement que les cycles de contractions latérales peuvent conduire à une élongation globale de l'ordre de 300% en accord avec les résultats expérimentaux.

1) "Minimizing the Elastic Energy of Growing Leaves by Conformal Mapping", Anna Dai and MBA, Phys.Rev.Lett. 2022

2) "Cyclic muscle contractions reinforce the acto-myosin motors and mediate the full elongation of C-elegans embryo", Anna Dai and MBA, preprint 2023

