

Voici un résumé du travail de recherche intitulé « **The physical basis of mollusk shell chiral coiling** » (publié en 2021 par Régis Chirat, Alain Goriely et Derek E. Moulton) :

Introduction et problématique

L'étude de la chiralité (l'asymétrie gauche-droite) et de la formation des coquilles en spirale chez les mollusques (comme les escargots et les ammonites) pose des questions fondamentales en biologie du développement.

- **Les gastéropodes (escargots)** possèdent généralement une coquille hélicospirale asymétrique. Bien que l'on comprenne bien les mécanismes cellulaires et génétiques précoces chez les modèles comme le genre *Lymnaea*, le lien direct entre la morphologie du corps et l'enroulement hélicoïdal de la coquille reste difficile à cerner.
- **Les ammonites** (céphalopodes éteints) arboraient à 99 % une coquille planispirale bilatéralement symétrique, diagnostique de leur plan d'organisation corporelle. Cependant, environ 1 % des genres (dits « hétéromorphes ») présentent des coquilles asymétriques, hélicospirales ou en méandres complexes.

Le paradoxe principal réside dans le fait que des animaux dotés d'un corps initialement symétrique (les ammonites) ont pu, dans certains cas, sécréter des coquilles asymétriques et changeant de forme au cours de leur ontogénie.

Le modèle mathématique et mécanique

Les auteurs proposent un **modèle unifié fondé sur la morphomécanique** qui prend en compte l'interaction physique entre le corps mou en croissance et la coquille dure déjà sécrétée :

1. **Incompatibilité de croissance** : Un décalage (mismatch) de taux de croissance entre le corps mou (modélisé par des tiges élastiques dorsale et ventrale) et le tube de la coquille génère des contraintes mécaniques de compression ou de tension.
2. **Torsion corporelle** : Pour soulager ces contraintes mécaniques lorsque le corps est en compression, l'animal se tort/pivote à l'intérieur de sa coquille. Cette torsion modifie l'axe de sécrétion du bord du manteau, brisant ainsi la symétrie bilatérale et engendrant des formes non planaires (hélicospirales ou en méandres).
3. **Types de coquilles par minimisation d'énergie** : En supposant que le corps adopte l'orientation qui minimise son énergie mécanique interne, le modèle démontre qu'une même configuration de base peut produire trois types de coquilles selon le type de torsion :
 - **Planispirale** (pas de torsion, corps symétrique).
 - **Hélicospirale** (torsion constante).
 - **En méandres** (torsion oscillante, comme chez le genre *Nipponites*).

Résultats et implications

- **Validation chez les ammonites** : En cartographiant l'espace des phases morphologiques, les chercheurs ont montré que les paramètres de coiling extraits de spécimens réels d'ammonites hétéromorphes (*Eubostyrchoceras* et *Nipponites*) correspondent précisément aux zones où les formes hélicospirales et méandriques deviennent énergétiquement favorables en présence de contraintes. Les changements de forme au cours de la croissance (ex. : passage d'une forme symétrique à hétéromorphe, puis de nouveau symétrique) s'expliquent par des variations de ces contraintes mécaniques (liées par exemple à la maturation sexuelle).
- **Application aux gastéropodes** : Chez les escargots, l'introduction d'une **torsion intrinsèque** (probablement liée à l'asymétrie développementale du système musculaire et de la columelle) dans le modèle prédit de manière robuste la prédominance quasi-absolue des coquilles hélicospirales. À l'inverse, l'absence de cette torsion mène à des formes symétriques de type patelle (chapeau chinois) ou planispirales chez certaines familles (comme les Planorbidae).

Conclusion

Cette étude démontre que la morphologie des coquilles de mollusques ne dépend pas uniquement des processus locaux se produisant au niveau du bord du manteau (la zone de sécrétion), mais qu'elle est en grande partie **gouvernée par la mécanique globale et les interactions physiques du corps mou à l'intérieur de sa coquille**. Le modèle résout l'énigme des ammonites hétéromorphes, élucide la genèse des formes en méandres de *Nipponites* et met en lumière le rôle structurant de la mécanique dans l'évolution des formes biologiques.