

Défauts topologiques (plis) dans les structures cellulaires. De la mue du crabe au croisement de plis en géologie.

Nicolas Rivier

IPCMS, Université de Strasbourg
nick@fresnel.u-strasbg.fr

La cuticule (épiderme) du crabe est une mousse topologique, un pavage désordonné bidimensionnel constitué de cellules en contact. Deux cellules sont séparées par une arête, et trois cellules et trois arêtes sont incidentes sur un sommet. Les cellules sont hexagonales en moyenne. Un dipole $5/7$ constitue une dislocation. La division d'une cellule hexagonale crée deux dislocations en tête-bêche, $7\setminus 5/5\setminus 7$, et la division d'une cellule heptagonale permet à une dislocation de monter par rapport à l'autre, laissant derrière elle une rangée de nouvelles cellules, qui esquisse aussi un pli sur un tissu plat. C'est le mécanisme de croissance d'un tissu biologique. La dislocation (dipole de disclinaisons $5/7$) et le pli (matière ajoutée, bornée par deux dislocations) sont des défauts topologiques, que l'on peut identifier en les entourant d'un contour fermé, comme les charges et les courants en électromagnétisme. Avant de muer, le crabe se construit par le mécanisme ci-dessus une nouvelle cuticule à l'intérieur de la première, copie conforme, mais plus grande et toute plissée. Il se met alors à l'abri, mue, et attend que sa cuticule gonfle et se minéralise en une carapace [1]. Les plis sont aléatoires et se croisent, sinon la nouvelle cuticule ressemblerait à un accordéon, et le crabe serait soit très long, soit très gras. Tout défaut topologique coûte une énergie élastique que le tissu cherche à minimiser. Un pli peut être une vallée (en V) ou une crête (en Λ). Le croisement d'un V et d'un Λ est un col (selle de cheval), coûteux en énergie et visible (cellule de 7 ou de 8 côtés). En fait, deux plis se croisant constituent une selle pour singe (trois V pour les jambes et la queue et trois Λ), sans signature topologique locale et moins coûteuse en énergie. Ce que l'on peut constater en géologie (Figure : Croisement de deux plis en selle de singe, Big Sur State Park, CA).

Références

- [1] Rivier N., Miri M.F., Oguey C. Plasticity and topological defects in cellular structures : Extra matter, folds and crab moulting. *Coloids and Surfaces A : Physicochem. Eng. Aspects* **263**, 39–45 (2005).