

> compte qu'elle est corrélée à d'autres pathologies plus graves: des cancers précoces de l'enfant. Une première analyse de la fin du siècle dernier montre que 33% des nourrissons atteints d'un neuroblastome présentent des côtes surnuméraires. C'est pourquoi, en 1999, une équipe médicale néerlandaise a radiographié systématiquement les nouveau-nés et les fœtus décédés à l'hôpital d'Amsterdam. Les résultats sont implacables: 78% des fœtus pour lesquels des côtes surnuméraires avaient été détectées sont morts avant la naissance, et 83% avant l'âge de un an. De plus, 25% des cas portant des côtes surnuméraires avaient développé des tumeurs. De leurs données, les chercheurs ont déduit que des enfants avec des côtes surnuméraires ont 12% de risque de développer un cancer, soit 120 fois plus que la population générale.

UN GÈNE, PLUSIEURS TRAITS

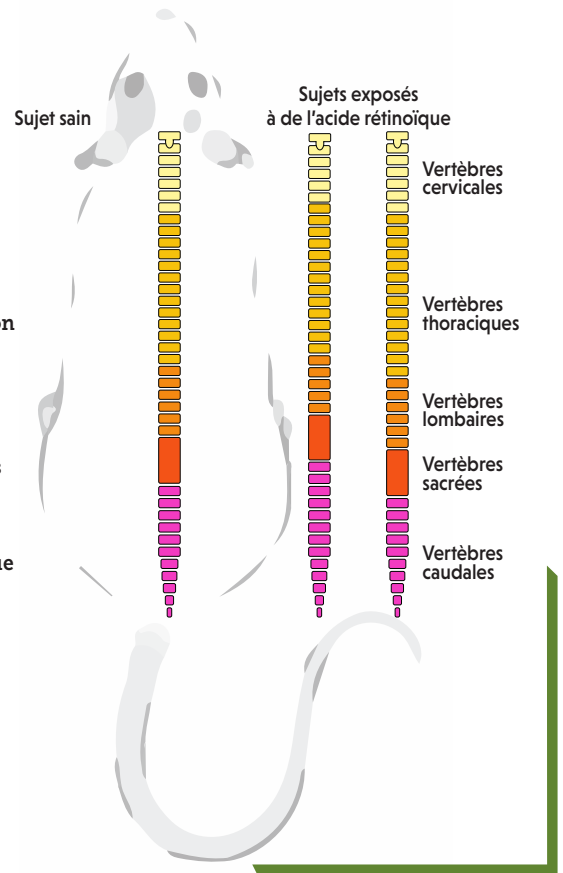
Cette étude montre où est la sélection: elle ne porte pas sur le nombre de vertèbres, mais sur la susceptibilité aux cancers précoces. Il s'agit maintenant de comprendre comment ces deux caractères *a priori* indépendants se trouvent corrélés. C'est ici que l'analyse de Bateson est fondamentale: une paire de côtes supplémentaire, c'est une transformation homéotique. Or la génétique du développement de ces dernières décennies a montré qu'une telle transformation est le résultat d'une mutation de gènes que l'on a qualifiés pour cela d'homéotiques, les gènes *Hox*. En effet, on sait depuis plus de vingt ans que l'ordonnance du corps d'un animal à symétrie bilatérale suivant son axe antéropostérieur dépend du profil d'expression de différents gènes *Hox* (voir l'encadré ci-dessus).

Par ailleurs, dans les années 1990, diverses études ont montré que les gènes *Hox* sont aussi impliqués dans la prolifération de lignées cellulaires chez l'homme et la souris: pas moins de 20 gènes *Hox* interviennent ainsi dans la prolifération et la différenciation de cellules souches sanguines. De plus, des changements dans l'expression de certains de ces gènes sont corrélés à l'apparition de différents types de cancer, en particulier des neuroblastomes et des leucémies.

On a ici affaire à un cas de «pléiotropie», une caractéristique génétique connue depuis bien longtemps. Forcé en 1910 par le zoologiste allemand Ludwig Plate, ce terme désigne le fait qu'un gène peut déterminer plusieurs caractères, qui apparaissent alors corrélés – dans notre

DES GÈNES HOX AUX VERTÈBRES

En 1991, des chercheurs de l'institut Max-Planck de Göttingen ont réussi à changer les limites d'expression de certains gènes *Hox* en exposant des embryons de souris à des doses massives d'acide rétinolique. Ces modifications étaient accompagnées, quelques jours plus tard, de transformations homéotiques: chez certains embryons, par exemple, une vertèbre cervicale était devenue thoracique, et le changement s'était répercuté jusqu'à la queue (au centre); chez d'autres, une lombaire s'était transformée en thoracique, et la modification s'était aussi répercutée (à droite). D'autres travaux ont ensuite confirmé que c'est bien la combinaison de gènes *Hox* activés qui spécifie le phénotype des vertèbres.



cas le nombre de vertèbres cervicales et le risque de développer un cancer.

On retrouve un thème cher de l'évolutionniste américain Stephen Jay Gould. Par le terme «programme adaptatif», il raillait ses collègues qui cherchaient obstinément la sélection ayant amené à tel ou tel caractère qui aurait contribué à une meilleure adaptation d'un organisme donné. En fait, il est inutile de chercher une adaptation derrière ce nombre mythique de 7 cervicales.

Pourquoi n'a-t-on pas l'équivalent chez les oiseaux? L'incidence des cancers y est bien moindre, pour des raisons encore obscures. Mais on sait que les cancers aviens sont surtout dus à des virus, l'exemple le plus connu étant celui du sarcome de Rous.

Naturellement, il convient aussi d'expliquer les exceptions. Une hypothèse est proposée pour les paresseux et les lamantins: ces derniers présentent un métabolisme basal très bas, allié à une activité réduite comparée à celle des autres mammifères. L'oxydation qui s'ensuit dans les cellules, altérant l'ADN, s'en trouverait diminuée, entraînant une faible susceptibilité aux cancers, ce que des études épidémiologiques semblent corroborer. Il n'y a pas d'études sur les paresseux, mais, sur 800 lamantins de la Caraïbe autopsiés, pas un seul n'a développé un cancer. ■

BIBLIOGRAPHIE

I. Varela-Lasheras *et al.*, **Breaking evolutionary and pleiotropic constraints in mammals: On sloths, manatees and homeotic mutations**, *EvoDevo*, vol. 2, article 11, 2011.

F. Galis *et al.*, **Extreme selection in humans against homeotic transformations of cervical vertebrae**, *Evolution*, vol. 60(12), pp. 2643-2654, 2006.

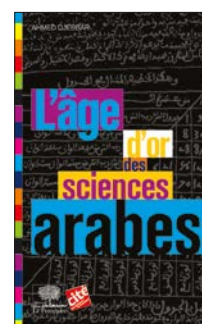
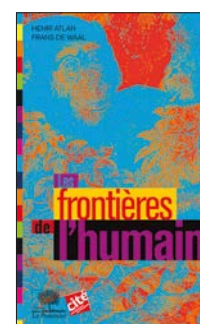
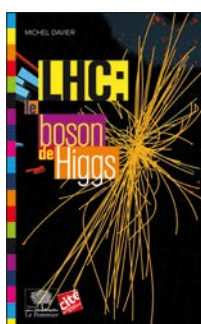
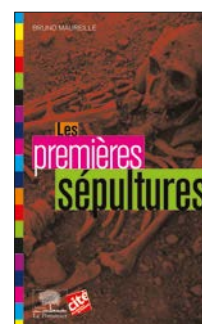
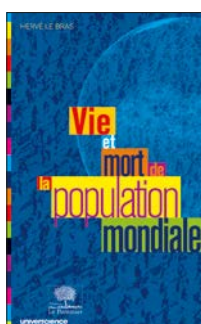
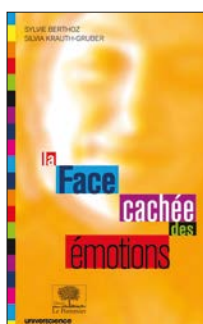
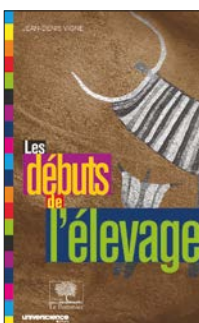
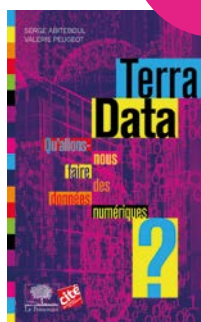
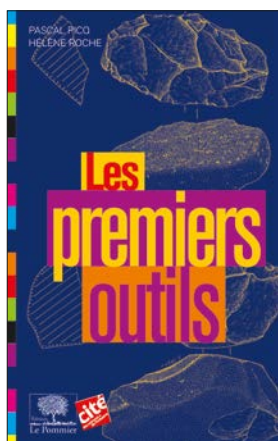
Y. Narita et S. Kuratani, **Evolution of the vertebral formulae in mammals: A perspective on developmental constraints**, *J. Exp. Zool.*, vol. 304B, pp. 91-106, 2005.

F. Galis, **Why do almost all mammals have seven cervical vertebrae? Developmental constraints, Hox genes, and cancer**, *J. Exp. Zool.*, vol. 285, pp. 19-26, 1999.

Les chercheurs d'aujourd'hui nous livrent l'état de leurs savoirs.

Une coédition
Le Pommier / Cité des sciences

Nouveautés
2017



Retrouvez toutes nos nouveautés www.editions-lepommier.fr
et le catalogue d'Universcience universcience.fr/editions

L'AUTEUR



HERVÉ THIS
physicochimiste,
directeur du Centre
international de
gastronomie moléculaire
AgroParisTech-Inra, à Paris.

FEUILLETAGES ÉVANESCENTS

Un peu de combinatoire permet de faire des pâtes feuilletées variées, plus ou moins diaphanes, qui sont ajustées au goût de chacun et à la préparation désirée.

Classiquement, les pâtes feuilletées se font avec six repliements en trois, ce que l'on nomme des «tours simples», mais les pâtisseries utilisent parfois aussi des «tours doubles», où l'on replie en quatre, comme un portefeuille. Quelles pâtes peut-on obtenir en mêlant ces tours? Et peut-on faire plus croustillant qu'une pâte feuilletée classique?

Examinons la pâte classique directe à six tours simples. On part de farine de blé, à laquelle on ajoute de l'eau, afin de faire une pâte lisse et qui ne colle pas... On étale la boule de pâte sur un plan de travail fariné, puis on dépose, au centre de cette galette de pâte, du beurre, environ la même masse que de farine. On replie la pâte sur le beurre, afin de faire comme une enveloppe contenant une lettre.

On obtient ainsi une couche de beurre entre deux couches de pâte. Vient alors le premier tour simple: on étend ce système de sorte qu'il soit trois fois plus long que large, et l'on replie en trois. Repos, puis un deuxième tour simple: on tourne le pâton d'un quart de tour, et l'on étend trois fois plus long que large, avant de replier en trois. Nouveau repos, au frais s'il fait chaud, puis deux autres tours. Et encore deux autres tours. On comptera facilement que l'on obtient ainsi 730 couches de pâte intercalées de 729 couches de beurre. Au fait, pourquoi ne pas avoir plié seulement en deux? Parce que le nombre de feuilles aurait augmenté plus lentement: après six tours, on n'aurait que 64 feuilles.

On peut aller plus vite avec des tours doubles (on étend quatre fois plus long que large, et on replie les extrémités jusqu'au milieu, avant de replier en deux). C'est

Un premier
«tour simple»
produit 4 couches
de pâte, séparées
par 3 couches
de beurre.



notamment ce qu'on fait pour la «pâte feuilletée inversée» où, cette fois, le pâton de farine est posé sur une couche de beurre.

Pourquoi s'arrêter à six tours simples, et ne pas poursuivre jusqu'à sept ou huit tours simples? Nous avons testé cela... avec un résultat inattendu. Tout d'abord, l'épaisseur des pâtes feuilletées augmente avec le nombre de tours, c'est-à-dire avec le nombre de feuilles. Pourquoi, alors, l'empirisme s'est-il arrêté aux six tours classiques? La dégustation l'explique: avec des feuilletages à un, deux, trois ou quatre tours simples, la pâte est plus croquante que croustillante, difficile à couper. Puis, avec cinq ou six tours, la crouillance s'impose. Et avec sept tours, elle est parfaite... mais seulement pour les premiers mouvements de mastication, car, bientôt, la salive élimine la sensation crouillante des feuilles très minces.

D'un petit mal, faisons un bien, en se souvenant de ces «cristaux de vents», des sortes de meringues que j'ai proposé de produire à partir d'une mousse de blanc d'œuf additionnée de liquide. Quand on augmente beaucoup la quantité de liquide, on obtient des objets qui s'effondrent en bouche et ne laissent que le goût du liquide.

Il y a une sorte de «diaphanéité» dans ces objets... et c'est ce que l'on peut obtenir en ne s'arrêtant pas à sept tours, mais en poursuivant jusqu'à huit ou neuf.

Pourquoi se limiter aux seuls tours simples, ou aux seuls tours doubles? Avec des mélanges de repliement en deux, de tours simples et de tours doubles, on obtient une grande variété de nombres de feuilles: 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 27, 32, 36, 48, 54, 64, 72, 81, 96, 108, 128, 144, 162, 192, 216, 243, 256, 288, 324, etc. À chacun de choisir sa combinaison, pour les sensations gustatives qu'il doit produire, dans un environnement culinaire déterminé: pour une tarte aux abricots, on fera sans doute différemment que pour une bouchée à la reine ou un feuilleté au fromage. ■

LA RECETTE



- 1 À 200 grammes de farine, ajouter du sel et de l'eau, en travaillant jusqu'à obtenir une pâte qui ne soit pas collante.
- 2 L'étaler en galette carrée de un centimètre d'épaisseur.
- 3 Déposer dessus 150 grammes de beurre malaxé, en galette carrée plus petite, tournée d'un huitième de tour.
- 4 Replier la pâte sur le beurre pour faire une enveloppe.
- 5 Sept fois de suite, sur un plan de travail fariné, étendre trois fois plus long que large (en faisant bien attention à appuyer très régulièrement) et replier en trois.
- 6 Abaisser selon les besoins culinaires, couper les bords à l'aide d'un couteau très tranchant (pour ne pas souder les feuilletés) et cuire à 180 °C pendant environ 30 minutes.

DÉCOUVREZ LES ARCHIVES DE **POUR LA SCIENCE**



RETROUVEZ TOUS
LES NUMÉROS
DEPUIS 1996

COMPLÉTEZ
VOTRE COLLECTION
SUR www.pourlascience.fr



A

PICORER



Retrouvez tous
nos articles sur
www.pourlascience.fr

P.54

E. T.

Pour détecter une vie extraterrestre évoluée, cherchons un signal infrarouge, a proposé le physicien Freeman Dyson dans les années 1960, imaginant qu'elle exploiterait l'énergie de son étoile en l'entourant de panneaux solaires géants. On cherche toujours...

P.92

COU RELATIF

Comme la plupart des mammifères, dont l'homme, la girafe ne compte que 7 vertèbres cervicales, pour un cou de 2,4 mètres environ, ce qui explique la raideur de ce dernier. Chaque vertèbre mesure environ 40 centimètres, soit à peu près la longueur totale du cou du héron pourpré... ou de l'éléphant.

P.7

« Quand l'OMS a voulu, dans les années 1950-1960, éradiquer le paludisme à grand renfort de DDT, on a juste réussi à sélectionner des moustiques résistants à cet insecticide. »

FRÉDÉRIC DARRIET
entomologiste médical à l'IRD de Montpellier

P.17

2D

Des aimants constitués d'une seule couche d'atomes ont été fabriqués à partir de triiodure de chrome (CrI₃).

P.62

570 HZ, 200 DB

Telles sont les caractéristiques du bruit que produisent les crevettes pistolets dans l'eau. Un peu comme si elles jouaient un ré aigu plus fort que *fortissimo* au piano. Ces sons aident les larves de certains poissons à s'orienter vers les récifs coralliens. La mer, un havre de silence ?

P.80

LAPINS

Un homme met un couple de bébés lapins dans un lieu isolé de tous côtés par un mur. Combien de couples obtient-on en un an si chaque couple engendre tous les mois un nouveau couple à compter du troisième mois de son existence ? 144, répond Leonardo Fibonacci !

P.70

100 M

C'est la hauteur maximale des arbres, tiraillés entre leur besoin de pomper l'eau jusqu'aux plus hautes feuilles par transpiration foliaire et la gravité, qui tire l'eau vers le bas. La compétition de ces deux mécanismes conditionne cette limite...

**IMAGINÉE PAR LES ÉCRIVAINS,
RÉALISÉE PAR LES PLUS GRANDES NATIONS ...**

LA CONQUÊTE DE L'ESPACE FAIT TOUJOURS RÊVER

Jean-François Clervoy, astronaute,
et **Frank Lehot**, médecin et instructeur des vols
en apesanteur, racontent ici l'histoire fantastique
de l'homme dans l'espace, ponctuée d'anecdotes
originales et de témoignages inédits sur le
quotidien des astronautes.
Hôtels en orbite, conquête de Mars, exploitation
des ressources extraterrestres, ascenseur
spatial... L'aventure ne fait que commencer !

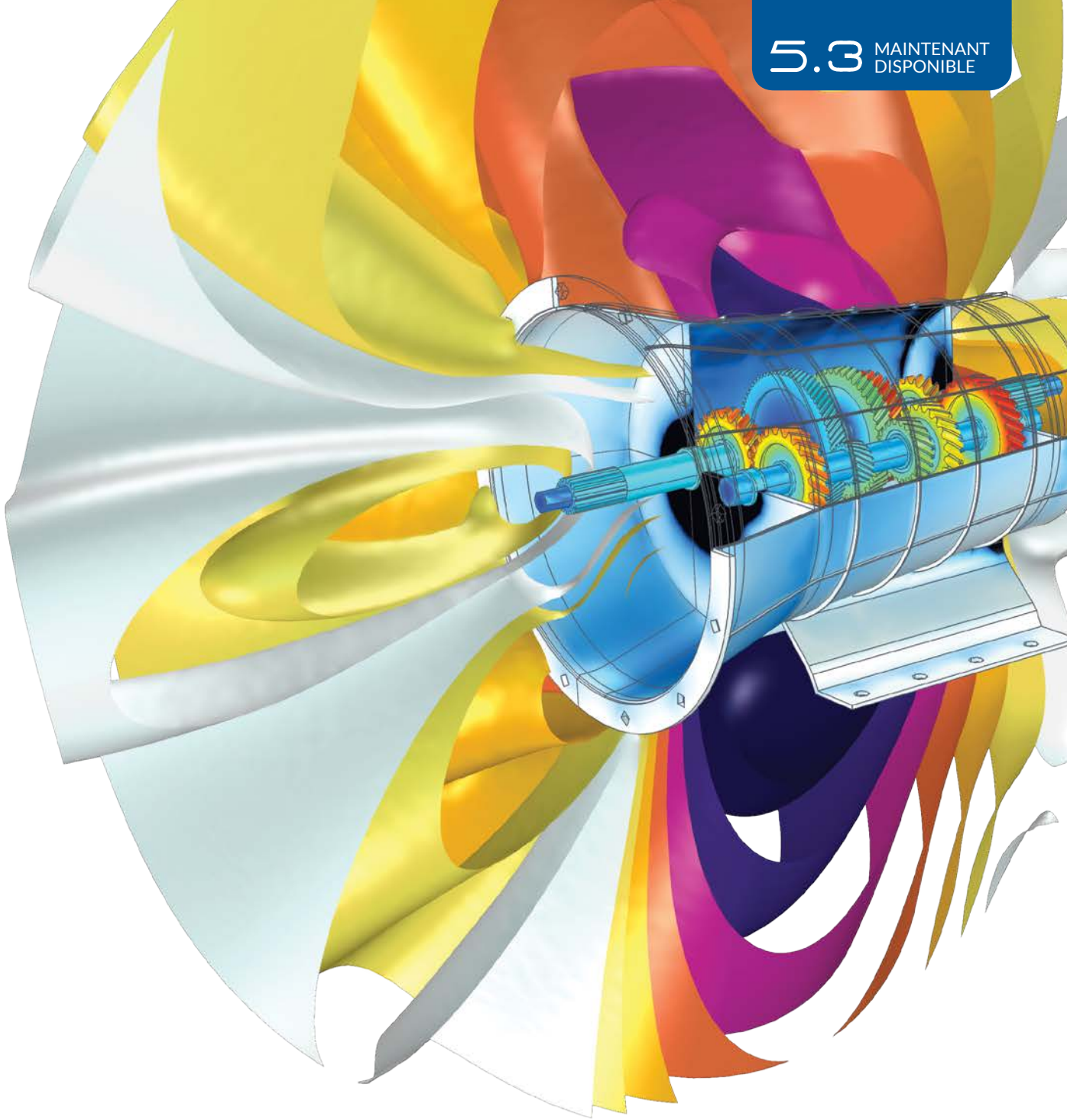


ISBN 9782807315105 - 2^e éd. 2017 - 224 pages - 25 €

Superbe iconographie tout en couleurs



© Illustration de Adrian Mann



LA MULTIPHYSIQUE POUR TOUS

avec COMSOL Multiphysics®

Les outils de simulation numérique
viennent de franchir une étape majeure.

Dépassez les défis de la conception avec COMSOL Multiphysics®. Avec ses puissants outils de modélisation et de résolution, obtenez des résultats de simulation précis et complets.

Développez des applications personnalisées à l'aide de l'Application Builder, et déployez-les au sein de votre organisation et auprès de vos clients partout dans le monde, avec une installation locale de COMSOL Server™.

N'attendez plus. Bénéficiez de la puissance des simulations multiphysiques.

comsol.fr/products