

> nous appelons la pesanteur est la résultante des deux. La direction que définit un fil à plomb n'est donc pas tout à fait celle de la force de gravitation terrestre.

Troisièmement, l'accélération de Coriolis paraît très faible par rapport aux valeurs précédentes. À la vitesse d'un TGV, elle n'atteint, sous nos latitudes, que $0,01 \text{ m/s}^2$ en raison de la faible vitesse angulaire de rotation de la Terre ($4,2$ millidegrés par seconde). L'accélération de Coriolis se manifesterait-elle donc uniquement sous la forme de corrections à des mouvements contrôlés par d'autres forces ?

Pas lors des phénomènes météorologiques que sont les anticyclones et les dépressions, régions où la pression est respectivement plus élevée ou plus basse que la pression atmosphérique moyenne. La différence de pression entre le centre et la périphérie provoque en effet un mouvement d'air radial, équivalent à celui de la balle dans nos manèges inertiels.

Estimons l'accélération engendrée par les variations de pression. Comme la pression varie typiquement d'une cinquantaine d'hectopascals sur un millier de kilomètres, soit 5 millipascals par mètre, cela conduit, en divisant cette valeur par la masse volumique de l'air (environ 1 kg/m^3), à une accélération de l'air de $0,005 \text{ m/s}^2$. Or c'est la valeur de l'accélération de Coriolis pour des vents de 50 mètres par seconde. Ces deux accélérations sont donc comparables et, comme dans le manège, l'accélération de Coriolis se traduit, dans l'hémisphère Nord, par une déviation vers la droite du mouvement.

LE VENT TOURNE!

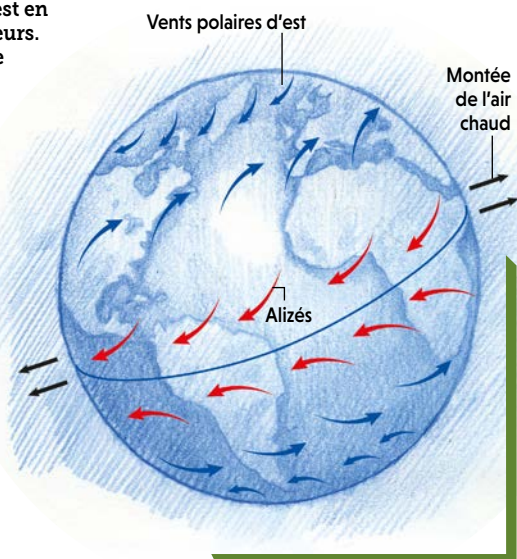
Dans cet hémisphère, pour un anticyclone où l'air circule du centre vers la périphérie, cette déviation entraîne un mouvement de rotation des vents autour du centre dans le sens horaire. Dans une dépression, en revanche, où l'air s'engouffre vers le centre, la rotation des vents est de sens antihoraire. Les sens sont inversés dans l'hémisphère Sud.

C'est aussi l'accélération de Coriolis qui détermine le sens des alizés. Au niveau de l'équateur, l'air, plus chaud qu'ailleurs, est moins dense et s'élève. Il s'ensuit une aspiration d'air depuis les zones de faibles latitudes vers l'équateur. Ce mouvement est dévié vers la droite et les vents vont donc d'est en ouest au voisinage de l'équateur, dans l'hémisphère Nord comme dans l'hémisphère Sud.

La déviation de Coriolis agit aussi sur les courants marins. Dans la Manche, par

ROTATION DE LA TERRE ET VENTS DOMINANTS

Au niveau de l'équateur, l'air est en moyenne plus chaud qu'ailleurs. Cet air est donc moins dense et tend à s'élever, par poussée d'Archimède. Il en résulte des mouvements d'air des latitudes voisines en direction de l'équateur : les alizés. En raison de l'accélération de Coriolis, ces vents sont déviés vers leur droite dans l'hémisphère Nord, et vers leur gauche dans l'hémisphère Sud : dans les deux cas, ce sont donc des vents soufflant vers l'ouest. De façon analogue, les pôles, où l'air est plus froid, sont la source de vents dirigés vers les latitudes moins élevées.



exemple, lorsque la mer monte, l'onde de marée remonte ce canal naturel vers le nord-est. L'accélération de Coriolis déporte l'onde vers la droite, donc vers la France; on peut en effet constater qu'au-delà de l'effet majeur de la physionomie des côtes, l'eau monte beaucoup plus à Dunkerque qu'à Portland, et inversement lors de la marée basse.

Revenons pour finir à l'évier qui se vide de son eau. Évaluons les accélérations. La forme de la surface liquide indique la présence d'une dépression au centre. Le dénivelé de la hauteur d'eau étant de l'ordre de 1 centimètre, on en déduit que la variation de pression au fond de l'évier est de 100 pascals sur une distance d'environ 1 centimètre, soit $10\,000$ pascals par mètre, d'où une accélération de 10 m/s^2 . Cette accélération vers le trou est largement compensée par l'accélération centrifuge due au mouvement circulaire de l'eau sur un rayon de quelques centimètres, mouvement dont la vitesse est de quelques centimètres par seconde.

En revanche, l'accélération de Coriolis, produite de cette vitesse par celle de la rotation de la Terre, vaut quelque 10^{-5} m/s^2 . Ainsi, en étant un million de fois plus faible que les autres accélérations mises en jeu, elle peut être masquée par la moindre petite perturbation. Le sens de rotation de l'eau lorsqu'elle s'évacue est donc dû soit aux très faibles mouvements initiaux de l'eau, soit à la forme de l'évier (ou de la baignoire). ■

BIBLIOGRAPHIE

A. Moatti, **Le Mystère Coriolis**, CNRS Éditions, 2014 (sur Gaspard-Gustave de Coriolis et son œuvre).

A. Persson, **How do we understand the Coriolis force ?**, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 79(7), pp. 1373-1385, 1998.

T. Gourieux, **Cours de dynamique du point**, dans *Mécanique du point*, université de Lorraine, sur <http://physique.dep.univ-lorraine.fr/>

ABONNEZ-VOUS À POUR LA SCIENCE

OFFRE D'ABONNEMENT

**DURÉE
LIBRE**

3 FORMULES
AU CHOIX

	FORMULE DÉCOUVERTE	FORMULE PAPIER + HORS-SÉRIE	FORMULE INTÉGRALE
Le magazine papier (12 numéros par an)	✓	✓	✓
Le hors-série papier (4 numéros par an)		✓	✓
L'accès en ligne illimité à pourlascience.fr			✓
L'édition numérique du magazine (12 numéros par an)			✓
L'édition numérique du hors-série (4 numéros par an)			✓
L'accès aux archives numériques depuis 1996			✓
VOTRE TARIF D'ABONNEMENT	4,90€ PAR MOIS	6,50€ PAR MOIS	8,20€ PAR MOIS
	29 % de réduction *	31 % de réduction *	43 % de réduction *

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email: pourlascience@abopress.fr

☒ **OUI, je m'abonne à Pour la Science en prélèvement automatique**

PAG19STD

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher) et je complète l'autorisation de prélèvement ci-dessous.

☐ FORMULE DÉCOUVERTE • 12 n° du magazine papier 4,90€ PAR MOIS -29 % DPV4E90	☐ FORMULE PAPIER + HORS SÉRIE • 12 n° du magazine papier • 4 Hors-série papier 6,50€ PAR MOIS -31 % PPV6E50	☐ FORMULE INTÉGRALE • 12 n° du magazine papier • 4 Hors-série papier • Accès illimité aux contenus en ligne 8,20€ PAR MOIS -43 % IPV8E20
---	---	---

2 / Mes coordonnées

Nom :
 Prénom :
 Adresse :
 Code postal [] [] [] [] Ville :
 Tél. : [] [] [] [] [] [] [] []
 E-mail :@.....
 (indispensable pour la formule intégrale)
 J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement: 1 an. Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/12/2019 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pourlascience.fr>. Photos non contractuelles.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante: <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

Groupe Pour la Science - Siège social: 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris cedex 14 – Sarl au capital de 32 000€ – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

3 / Mandat de prélèvement SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : Prénom :
 Adresse :
 Code postal [] [] [] [] Ville :

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) [] [] [] [] [] [] [] []
 IBAN [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []
 (Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom :
 Adresse :
 Code postal [] [] [] [] Ville :

Date et signature

Organisme Créancier: Pour la Science
 170 bis, bd. du Montparnasse – 75014 Paris
 N° ICS FR92ZZZ426900
 N° de référence unique de mandat (RUM)

**4 / MERCI DE JOINDRE
IMPÉRATIVEMENT UN RIB**

Partie réservée au service abonnements. Ne rien inscrire

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne
Université, à Paris

LE LEGO DE LA COAGULATION SANGUINE

Chez les vertébrés, la coagulation sanguine est finement régulée par une série d'enzymes agissant en cascade. Ces enzymes, distinctes, ont toutes une fonction précise. Pourtant, elles se ressemblent étrangement... Ou comment l'évolution joue au Lego.

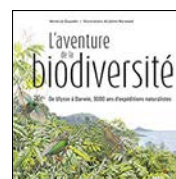
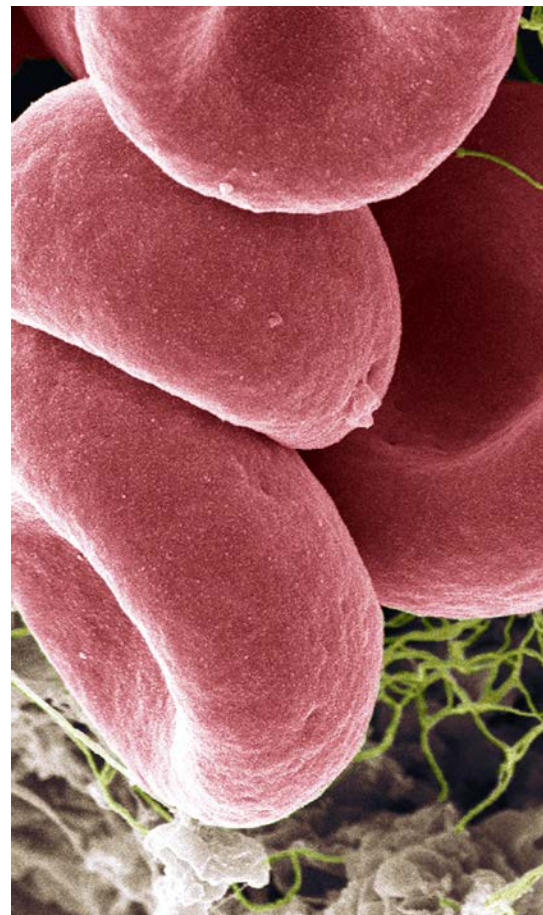
Aux États-Unis, le «*design intelligent*» (*intelligent design*), une version plus sophistiquée du créationnisme, affirme que les «complexes irréductibles» ne peuvent être le résultat d'évolutions biologiques: «Ils ne peuvent être produits directement [...] par de petites modifications successives, puisque tout précurseur d'un complexe irréductible dont il manque une partie est par définition non fonctionnel.» (*Darwin's Black Box*, Michael Behe, 1996). À l'appui, les adeptes du *design intelligent* citent souvent le flagelle bactérien, le cil de la cellule eucaryote, l'explosion cambrienne... et la coagulation sanguine chez les vertébrés. Pas de chance, les évolutionnistes ont largement décortiqué ces exemples, et ont notamment prouvé que le système de la coagulation sanguine est loin d'être irréductible.

On ne compte que peu de groupes d'animaux dont le système sanguin est clos, c'est-à-dire dont le sang ne sort pas du système cardiovasculaire. Parmi eux, les annélides, les céphalopodes, les

némertes, les échinodermes et, bien sûr, les vertébrés. On y voit des avantages, en particulier la possibilité de mettre le liquide sanguin sous pression et de le faire circuler rapidement. Mais ce système a un gros inconvénient, sa fragilité: une hémorragie peut avoir des conséquences tragiques. Un tel système n'est donc pas viable sans un mécanisme efficace qui colmate les brèches. Ce mécanisme, la formation d'un caillot, nécessite de plus un contrôle parfait, car autant l'absence d'un caillot lors d'une hémorragie peut être catastrophique, autant sa formation imprévue dans le circuit clos peut amener de lourds dommages.

UNE CASCADE D'ENZYMES

Chez les vertébrés, lors d'une hémorragie, l'hémostase se réalise en deux étapes. En premier lieu, un clou plaquettaire se forme par adhésion de plaquettes sanguines circulant dans le sang. En second lieu, le fibrinogène, une glycoprotéine soluble du plasma sanguin, se transforme en fibrine, une protéine insoluble qui polymérise en formant un filet autour



Hervé Le Guyader
a récemment publié:
L'aventure de la biodiversité,
(Belin, 2018).