

# LA SCIENCE À CONTRE PIED



Le livre événement de la communauté  
des fans de science  
par **40** blogueurs, dessinateurs et youtubeurs

Belin:



**LA  
SCIENCE  
À CONTRE  
PIED**

- Jérôme Cottanceau, *Le choix du meilleur urinoir*, 2016.  
20 délicats problèmes qui prouvent que les maths servent à quelque chose.
- René Cuillierier, *Et si la Terre était plate ?*, 2016.  
Des exercices de pensée étonnants pour aborder les grands principes de la science.
- Jean-Louis Hartenberger, *Depuis quand les cachalots ont le melon ?*, 2016.  
37 chroniques pour plonger dans l'univers étonnant des mammifères.
- John M. Henshaw, *Le théorème de la fourmi géante*, 2016.  
Crème solaire, vitesse de la lumière et arnaques financières : les équations sont partout.
- Thierry Lefebvre, Cécile Raynal, *Médicaments, polémiques et vieilles querelles*, 2016.  
Débats et affaires : 15 récits pour mieux comprendre.
- Jean Le Locuff, *T. rex superstar*, 2016.  
L'irrésistible ascension du roi des dinosaures.
- S. L. Macknik, S.Martinez-Conde, S.Blakeslee, *Ceci n'est pas un lapin*, 2016.  
Quand les neurosciences dévoilent les secrets des magiciens.
- Stéphien Rostain, *Amazonie, les 12 travaux des civilisations précolombiennes*, 2017.  
Les civilisations précolombiennes de Cayenne aux Andes.
- Daniele Vegro, *Anti-dictionnaire de physique*, 2016  
De A comme Âge de l'univers à Z comme Zéro absolu, un regard décalé sur la physique.
- Carl Zimmer, *Planète de virus*, 2016.  
Il y a plus de virus sur la Terre que d'étoiles dans l'Univers.

Tenez-vous informé de nos parutions en vous abonnant à la lettre semestrielle  
et gratuite des « Fous de sciences » : [fousdesciences@editions-belin.fr](mailto:fousdesciences@editions-belin.fr)  
Ou recevez nos différentes newsletters en vous rendant sur notre site  
(rubrique « Restez informés ») : [www.belin-editeur.com](http://www.belin-editeur.com)

Conception couverture : [offparis.fr](http://offparis.fr)

Photographie de la couverture : © Gettyimages/AlexTurton ; atome : © iStockphoto.  
[com/pialhovic](http://com/pialhovic)

Le code de la propriété intellectuelle n'autorise que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » [article L. 122-5] ; il autorise également les courtes citations effectuées dans un but d'exemple ou d'illustration. En revanche « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » [article L. 122-4]. La loi 95-4 du 3 janvier 1994 a confié au C.F.C. (Centre français de l'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), l'exclusivité de la gestion du droit de reprographie. Toute photocopie d'œuvres protégées, exécutée sans son accord préalable, constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

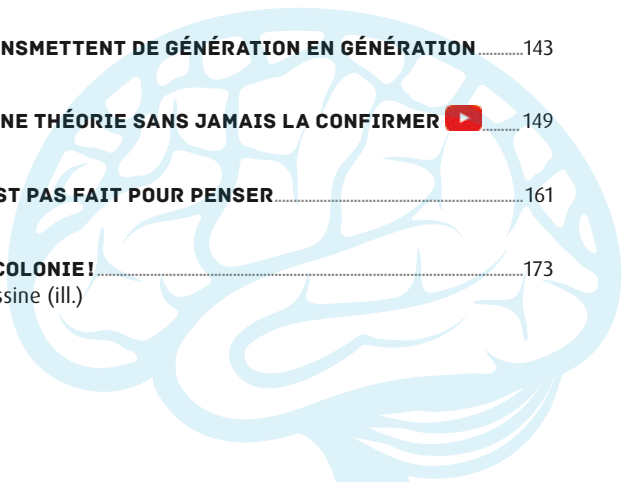
# **LA SCIENCE À CONTRE PIED**



**Belin:**


# SOMMAIRE

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	7
<b>UNE HISTOIRE À ÉVOLUER DEBOUT : TOUS BIPÈDES (OU PRESQUE)</b> .....	13
Martin Dutrait, Pierre Kerner, Mel (ill.), Adrien Demilly (ill.)	
<b>FERMER UNE ROUTE À LA CIRCULATION... POUR RÉDUIRE LES EMBOUTEILLAGES</b> .....	27
Émilie Neveu	
<b>IL FAUT SAUVER LES PARASITES</b> .....	37
Sophie Labaude, Mel (ill.)	
<b>LES ÉCUREUILS SONT DES TUEURS D'ENFANTS ET AUTRES DÉSILLUSIONS SANGLANTES</b>  .....	47
La main baladeuse, Leïla Yassine, Agatha Liévin-Bazin (ill.)	
<b>INTERNET N'EST PAS LA PLUS GRANDE INVENTION DU XXI<sup>E</sup> SIÈCLE</b> .....	57
Nicolas Tupégabet	
<b>LES TALENTS INSOUÇONNÉS DES PLANTES</b> .....	69
Annalisa Plaitano, Mel (ill.), Professeur Seedious (ill.)	
<b>LES SUPER-POUVOIRS ÉLECTRIQUES DU CERVEAU</b>  .....	85
Evinna Sellaiah (BrainWhy)	
<b>LE METAL, ÇA CALME</b> .....	93
Headbanging Science, Phiip (ill.)	
<b>DES CELLULES FŒTALES COLONISENT LE CERVEAU DE LA MÈRE</b> .....	105
Pascale Baugé, Valentin Baugé (ill.)	
<b>DU SANG BLEU POUR SAUVER DES VIES</b> .....	115
Adrien Demilly	
<b>UNE PIN-UP PLAYBOY INSPIRE DES CHERCHEURS EN INFORMATIQUE</b> .....	125
Antoine Blanchard	
<b>MÊME LES HIPPIES SONT VIOLENTS</b>  .....	129
Psynect	
<b>LES PHOBIES SE TRANSMETTENT DE GÉNÉRATION EN GÉNÉRATION</b> .....	143
Vincent Giudice	
<b>COMMENT VALIDER UNE THÉORIE SANS JAMAIS LA CONFIRMER</b>  .....	149
qwrk	
<b>VOTRE CERVEAU N'EST PAS FAIT POUR PENSER</b> .....	161
La Tronche en Biàs	
<b>ANARCHIE DANS LA COLONIE!</b> .....	173
Lydie Blottière, Leïla Yassine (ill.)	





<b>UNE HISTOIRE ÉLECTRIQUE À CONTRE-COURANT</b> .....	187
David Loureiro	
<b>LE CANCER PEUT SE TRANSMETTRE PAR MORSURE (ENFIN, AU MOINS UN)</b> .....	201
Diti	
<b>LES ANIMAUX LES PLUS DANGEREUX POURRAIENT NOUS SAUVER LA VIE!</b> 	211
Matière grise	
<b>LES PLANTES ONT LEUR CHAUDIÈRE PERSONNELLE</b> .....	215
Boris Domenech	
<b>RECRÉER LA VIE EN QUELQUES LIGNES DE CODE</b> 	223
David Medernach, Simon Carrignon	
<b>N'UTILISONS-NOUS RÉELLEMENT QUE 10% DE NOTRE CERVEAU?</b> .....	227
Christophe Rodo	
<b>LES OISEAUX AUSSI EN ONT DANS LE CIBOULOT!</b> .....	237
Agatha Liévin-Bazin	
<b>NOTRE TAILLE CHANGE DEPUIS LA NAISSANCE JUSQU'À LA MORT!</b> 	251
Scilabus	
<b>PI EST FAUX!</b> 	261
Science4All	
<b>ENFERMER LE MONDE DANS UNE BOUTEILLE</b> .....	271
Éric Leeuwerck	
<b>JURASSIC PARK ANDRÉ-CITROËN</b> .....	281
Alain Bénéteau	
<b>REMERCIONS LES VIRUS!</b> 	287
Tania Louis	
<b>LES PLANTES COMMUNIQUENT, ET PAS QU'UN PEU</b> 	297
Goana	
<b>DE LA VIE HORS DE LA «ZONE HABITABLE» DES ÉTOILES</b> .....	303
Ça Se Passe Là-haut	
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	311
<b>PRÉSENTATION DES CONTRIBUTEURS</b> .....	329

 Vidéos accessibles en scannant le QR-code!







## AVANT-PROPOS

### **Il était une fois...**

En 2006, une poignée de passionnés de science ouvraient un blog pour partager leur passion et tenir entre eux des conversations que, pour la plupart, ils ne pouvaient avoir avec leur entourage. Le format blog, interactif et accessible sans maîtriser les technologies du web, atteignait tout juste sa maturité, apportant un bol d'air à des domaines aussi variés que la cuisine et les loisirs culturels... sans oublier la science! Pour se serrer les coudes et explorer ce format, six blogueurs créèrent la communauté du Café des sciences dans une optique d'entraide, mais aussi pour proposer aux lecteurs des contenus sélectionnés. Même si nous nous sentions relativement seuls dans la blogosphère francophone (comme on l'appelait alors), nous savions qu'il n'y aurait pas de retour en arrière. À croire que parler de science, partager la science, c'est une aventure humaine et sociale avant tout! Dix ans plus tard, si certains sont passés à autre chose et ont arrêté de bloguer, le mouvement a continué et la consultation des blogs est devenue chose courante. Dans les laboratoires de recherche, le fait de tenir un blog est également moins regardé de travers; face à la multiplication des fausses nouvelles scientifiques et des effets de foule sur internet, l'importance de se battre à armes égales contre

des mouvements obscurantistes favorisant l'ignorance et le doute est désormais bien comprise.

Certains d'entre nous étaient chercheurs (plutôt débutants), d'autres étudiants, d'autres en poste dans l'industrie: trois profils qu'on retrouve encore aujourd'hui au Café des sciences, en compagnie de quelques enseignants de collège et lycée, et de nombreux (semi-)professionnels de la vulgarisation, ces « passeurs de science » comme les appelle notre camarade Pierre Barthélémy, blogueur associé au quotidien *Le Monde*. Journalistes, médiateurs, vidéastes ont grossi les rangs du Café des sciences. Leur vie n'est pas rose: ces carrières se font et se défont facilement au gré de la précarité des contrats, des dotations sur projet, du hasard des opportunités, de la politique de monétisation (le fait de rémunérer les producteurs de contenu qui acceptent de diffuser de la publicité) des grandes plateformes comme Youtube... et désormais du soutien direct des internautes via le don et le financement participatif. Mais ils ont toujours trouvé du réconfort dans notre communauté, la preuve qu'ils n'étaient pas seuls et que le travail considérable qu'ils investissaient dans leur « petit blog » ou leur « petite chaîne vidéo » n'était pas vain. Aujourd'hui, des vidéastes, des auteurs de BD et des blogueurs à tendance scientifique rencontrent parfois un succès remarquable, voire connaissent une certaine starification.

Dans une blogosphère scientifique et une recherche scientifiques essentiellement anglophones, le Café des sciences a fait office d'un petit village d'irréductibles francophones. Pour certains, expatriés dans des laboratoires anglo-saxons, c'est une chance rare de pouvoir parler de science ou de leurs recherches dans leur langue natale. Pour d'autres, c'est une façon de passer du terrain de la démonstration au terrain de la conversation. Pour tous, enfin, c'est rendre au public ce qui nous a été donné. Très vite des blogueurs suisses, québécois, belges... nous ont rejoints. On peut regretter que les scientifiques d'Afrique francophone

soient encore absents, sans que la raison ne nous en apparaisse nettement. Qu'ils n'hésitent pas à nous rejoindre!

La science réunit des passionnés et nous pensons l'avoir montré, à notre échelle, depuis 10 ans. Qu'avons-nous fait pendant tout ce temps? Nous avons grandi jusqu'à passer la barre de la centaine de membres, membres qui ont produit plus de 10 000 billets de blog et podcasts et plus de 4 000 vidéos. Nous avons créé deux communautés satellites (Strip Science pour la vulgarisation dessinée et VidéoSciences pour les vidéastes) et le blog collectif KidiScience destiné aux petits et grands enfants. Nous avons organisé des événements festifs de vulgarisation scientifique à Paris (festival Vidéosciences), à Lyon (Lyon Science), à Lausanne (notamment des émissions radiodessinées de Podcast Science). Nous avons défendu la vulgarisation scientifique en ligne auprès des organismes de recherche, des institutions de la culture scientifique, du ministère. Nous avons témoigné de cette histoire et de nos motivations dans des publications académiques. Nous les avons représentées devant les médias. Et nous avons réalisé l'ouvrage que vous tenez entre vos mains! Nous espérons que vous continuerez à nous soutenir, à nous lire, à nous regarder... sur <http://www.cafe-sciences.org>!

**ANTOINE BLANCHARD**,  
co-fondateur du Café des sciences,  
en est l'actuel secrétaire et trésorier.

**PIERRE KERNER**  
est le vice-président du Café des sciences,  
qu'il a rejoint en 2009.

**... et ils vulgarisèrent heureux!**

«— *Et si on le faisait enfin, cet ouvrage collectif des membres du Café des sciences?*

— *Ce qui serait chouette, c'est qu'il paraisse en 2016, pour notre dixième anniversaire!*

— *Nos blogs sont très lus, mais comment intéresser le lecteur sur plusieurs centaines de pages?*

— *J'ai une idée folle: et si on faisait un cadavre exquis?*

— *Soyons réalistes, donnons-nous plutôt un thème commun!*

— *Renouvelons l'exercice de l'anthologie annuelle Les meilleurs blogues de science en français, qui a cessé au bout de deux volumes!»*

Le livre que vous tenez entre les mains est triplement hors norme. Hors norme tout d'abord par son nombre de contributeurs: quarante médiateurs scientifiques de tous horizons, chercheurs, enseignants, étudiants, vidéastes, illustrateurs ou simplement amateurs de science se sont réunis pour confectionner cet ouvrage. Tout a été fait de manière collective: du choix du thème jusqu'à la meilleure façon d'héberger les vidéos en ligne, rien n'a été imposé par le haut. Les contributeurs, qui pour beaucoup ne se sont jamais rencontrés dans la vraie vie, se sont aussi relus les uns les autres sur le modèle de «peer-review» utilisé dans le monde de la recherche. Mais ce livre est également hors norme par son mélange des formats (texte, vidéo et illustration), ayant nécessité des collaborations approfondies entre contributeurs aux compétences complémentaires. Nous espérons que vous prendrez le temps d'aller visionner les vidéos, produites spécialement pour ce projet, et qui en font partie intégrante. Enfin, ce livre est hors norme par son thème: nous espérons, précisément parce qu'on y parle de «science à contre-pied», que vous lirez et entendrez des choses qui vous surprendront, et sur lesquelles vous pourriez avoir des idées fausses.

S'il est vrai qu'une telle collaboration facilite l'écriture d'avant-propos enflammés, du type « Regardez ce qu'on peut faire quand on travaille ensemble! », toute personne ayant déjà travaillé en groupe sait que la réalité du travail collectif est souvent moins rose. Entre les problèmes de communication, les problèmes d'inertie et les problèmes d'organisation, cela peut vite tourner au cauchemar. C'est pourquoi nous tenons à remercier chaleureusement les éditions Belin qui ont bien voulu s'engager à nos côtés dans ce projet hors du commun. Nous voulons en particulier remercier Laurent Brasier, qui a su concrétiser une idée de livre de blogueurs qui trottait dans sa tête depuis quelques années, et Nathalie Brousse, qui a su garder le cap dans la tempête d'emails qu'elle recevait, se moquant des retards et faisant fi des cas particuliers (« un expatrié belge vivant en Afrique peut-il signer son contrat d'édition numériquement et sans numéro de sécurité sociale? »).

Avant de laisser la parole à nos contributeurs, je voulais vous encourager à donner vos impressions sur le livre une fois sa lecture terminée. Qu'il vous ait plu ou déplu, nous serons ravis d'entendre ce que vous avez à dire (par exemple sur notre page Facebook [fb.com/cafe.sciences](https://www.facebook.com/cafe.sciences) ou notre compte Twitter [@cafe\\_sciences](https://twitter.com/cafe_sciences)); et, qui sait, si le succès du livre est au rendez-vous, peut-être que vos remarques serviront pour une deuxième édition... Sur ce, je vous souhaite bonne lecture. Bien sûr... attention où vous mettez les pieds!

STÉPHANE DEBOVE,  
président du Café des sciences.





# UNE HISTOIRE À ÉVOLUER **DEBOUT** : TOUS BIPÈDES (OU PRESQUE)



Droits dans leurs bottes, nombre d'humains viennent à songer que la bipédie est le trait ayant accompagné notre inexorable marche vers ce sommet évolutif imaginaire que nous occuperions actuellement. Au-delà de la sempiternelle association erronée «évolution = progrès», c'est s'emmêler les pieds que de penser que nous fûmes les premiers à marcher, voire que la bipédie est réservée aux humains, à la terre ferme, à l'usage des pieds et à la marche... Eh oui, n'en déplaise à ceux qui se sont levés du mauvais pied, chez certains animaux, la bipédie ne sert pas qu'à gambader! Alors bon pied, bon œil, sautons à pieds joints dans le vif du sujet. Ce sera l'opportunité pour nous, Sirtin et Taupo, boute-en-train que nous sommes, de placer un maximum de jeux de mots tirés par... les pieds.

*C'est quoi la bipédie?*

La bipédie consiste à marcher sur deux pieds, non? Il est bien marqué: bi- comme «bis» («deux») et -pédie comme «pied». Il

LE CAFÉ DES SCIENCES  
PRÉSENTE



# BIPÉDIE

L'ÉPOPIED PÉDESTRE

*Featuring : Albatros, Pieuvre, Kangourou, Manakin à cuisse jaune, Lézard Jésus, Raton-laveur, Paradisier superbe, Tamanoir et Gerbille. Réalisateur : La Nature. Producteur: L'évolution.*



faudrait vraiment être bête comme ses pieds pour ne pas saisir le rapport, et encore plus bête pour se contenter de prendre cette étymologie au pied de la lettre. Voyons la définition du *Larousse*: «Locomotion des vertébrés terrestres qui n'utilisent pour progresser que le bipède postérieur.» Cette définition est beaucoup plus restrictive, car elle sous-entend une utilisation systématique et permanente de la bipédie. Nous préférons partir de notre définition, qui a l'avantage d'être plus courte et moins restrictive: «Action de se tenir debout, en prenant appui sur deux membres.» En se grattant les méninges à quatre mains, nous avons exploré plusieurs pistes de réflexion: sur quels membres repose la bipédie? Est-elle permanente ou temporaire? Se résume-t-elle à la marche uniquement? Et surtout, la bipédie, c'est où tu veux et quand tu veux?

Alors, cher bipède arrogant malgré toi, es-tu prêt à repartir de bon pied sur une vision ô combien plus enrichissante de la bipédie, et à donner un bon coup de pied dans la fourmilière des idées reçues? Non? Prends donc tes jambes à ton cou! Oui? Alors c'est parti!

### *La bipédie temporaire*

Si ce n'est pas pour marcher, pour quelle raison farfelue des animaux se tiendraient-ils debout? N'en déplaie au poète, la plupart d'entre eux ne se lèvent pas pour se trouver un peu plus près des étoiles, mais le plus souvent pour une raison terre-à-terre: éviter de se retrouver avec l'estomac dans les talons. Prenez ce ruminant étrange vivant dans la corne de l'Afrique: la gazelle girafe (*Litocranius walleri* ou gérénu), au long cou. Face à la rude compétition entre ruminants pour dévorer les délicieuses feuilles d'acacia, la gazelle girafe refuse de se laisser couper l'herbe sous les pieds: elle se lève donc sur les pointes, telle une ballerine, et

sachant très bien sur quel pied danser, s'étire de toute sa hauteur pour atteindre les plus hautes feuilles, en jouant également de sa longue langue. Si notre gazelle girafe dépasse rarement le mètre de hauteur à quatre pattes, une fois dressée, elle atteint facilement des feuilles situées à 3 mètres au-dessus du sol. Peu de ruminants lui arrivent alors à la cheville. Dans cette position, elle parvient même à esquiver quelques pas de deux pour passer d'une branche à l'autre et continuer son repas.



Sauf que pour se tenir debout sans en avoir plein les sabots, mieux vaut avoir les pieds plats! C'est d'ailleurs le cas des animaux plantigrades, pour qui la station debout est plus confortable puisque leurs pieds (le plus souvent dotés de 5 doigts) s'étalent sur la surface de leur voûte plantaire. Vous ne trouvez pas d'exemple d'animaux plantigrades? Un petit coup de pied alors... pardon, un petit coup de pouce: parmi eux se trouvent les lapins, les rats, les souris, les ratons laveurs, les belettes, les mouffettes, les hérissons ou encore les écureuils. Pour déguster leur pitance, ces derniers se mettent sur leurs deux pieds, littéralement sur

un piédestal (des souches, des roches, etc.), afin de détecter les prédateurs plus tôt, et ainsi éviter de partir les pieds devant. La station debout offre donc un avantage pour les proies faciles : elle élève la tête et augmente le champ de vision. Les plus célèbres de ces vigilants plantigrades sont certainement les suricates (*Suricata suricatta*) : ils organisent des tours de garde où quelques sentinelles surveillent les plaines semi-désertiques sud-africaines pour que le reste du groupe puisse lever le pied et s'adonner à d'autres occupations.

Se tenir debout sur ses deux pieds n'offre pas seulement un avantage en hauteur... Cette station libère en outre les deux pattes antérieures (avant) qui sont alors disponibles pour manipuler des objets et des aliments. Plutôt pratique pour celui qui désire décortiquer patiemment des cônes de pins ou le maniaque qui se sent obligé de trempouiller tous ses aliments avant de les ingérer, tel le raton laveur (*Procyon lotor*), capable, tout comme le castor (*Castor canadensis*), de marcher sur ses deux pieds un bref moment lorsqu'il a les mains occupées. Utile pour ramener victuailles ou mobilier dans son terrier !

Mais les pieds des plantigrades n'offrent pas que des avantages... Par rapport aux onguligrades (qui s'appuient sur leurs sabots) ou aux digitigrades (qui s'appuient sur leurs doigts), les plantigrades traînent les pieds et peinent à aller au pas de course ! Avec des os et des articulations plus nombreux, leurs pattes sont généralement plus courtes, plus lourdes et limitent alors la vitesse qu'ils peuvent atteindre. Pour compenser, mieux vaut être capable de se réfugier rapidement dans un arbre, ou bien être balèze. Dans ce domaine, les plantigrades les plus imposants sont probablement les ours, qui n'ont rien de colosses aux pieds d'argile. En effet, mieux vaut ne pas avoir les jambes en coton si tu désires mettre sur pied une moyenne de 120 kilogrammes de muscle et de gras. Saluons alors l'exploit de Pedals, un ours noir (*Ursus americanus*) sauvage du New Jersey, surpris fréquemment

à gambader nonchalamment sur ses deux pattes arrière. Il s'avère que le pauvre ursidé a les pattes avant brisées. Souhaitons-lui de se remettre rapidement sur pied.

Si les ours se déplacent sur quatre pattes et se mettent debout, à l'instar de la gazelle girafe, pour atteindre des aliments surélevés, ils se dressent également lors des combats contre des mâles rivaux, pour leur infliger le plus de dégâts possible. Tout comme les tamanoirs (*Myrmecophaga tridactyla*) qui ne se débinent pas face à un jaguar (*Panthera onca*) ou à un puma (*Puma concolor*). Leur fière posture debout signifie « Bas les pattes! », et si la traduction ne passe pas, ils emploient leurs griffes (habituellement destinées au creusement des fourmilières et termitières) pour blesser cruellement l'imprudent qui leur ferait un pied de nez.

La station debout offre également d'autres avantages inédits, comme l'illustrent les femelles tamanoirs pour une activité tout aussi sanglante que les combats : l'accouchement ! Comment ? En s'aidant de leur puissante queue pour se maintenir debout et mettre bas. Sitôt sorti, le bébé tamanoir grimpe sur le dos de sa mère où il restera entre 6 et 9 mois, les doigts de pied en éventail. La station debout correspond également à une position du Kamasutra très prisée chez les animaux, notamment chez les porcs-épics qui y trouvent une configuration salutaire lors de leurs parties de jambes en l'air...

La mouffette (*Mephitis mephitis*), bien connue pour les sécrétions puissantes de sa glande anale, est adepte d'un autre type d'acrobatie. Sa botte secrète est redoutable de précision, car elle fait des pieds et des mains pour diriger son arrosoir nauséabond pile vers celui qui lui casse les pieds. À quoi bon se dresser sur les pattes arrière, si c'est pour diriger son anus vers le sol ? La mouffette adopte plutôt la technique du poirier. En équilibre sur ses pattes avant, la mouffette asperge aisément ses victimes, tout en leur offrant une vue imprenable sur les motifs noirs et blancs de



son pelage dorsal. Cette danse d'intimidation est très efficace : les prédateurs tournent les talons dare-dare, queue entre les jambes !

À part l'ours aux pattes cassées, les cas précédents ne traitent pas de locomotion. Et pourtant, rien qu'en se tenant aux mammifères, nous pouvons réaliser la grande variété des espèces capables de bipédie pour se déplacer. Les pangolins (*Manidae*) offrent un exemple de mammifère plantigrade se déplaçant principalement sur ses deux pattes arrière. Cela te fait peut-être une belle jambe, mais cette simple observation démontre que la bipédie a été acquise indépendamment à plusieurs reprises au cours de l'évolution des mammifères : c'est le résultat de ce qu'on appelle la « convergence évolutive ».

Sauf que la locomotion bipède ne se résume pas à la marche à pied. De nombreux animaux pratiquent aussi la course à deux pieds, à l'instar de nombreux lézards comme le lézard à queue de zèbre (*Callisaurus draconoides*) qui limite ainsi le contact avec le sable brûlant du désert ! L'iguane *Ctenosaura similis* peut même se targuer de sprinter plus vite que la plupart des humains, avec un record de 34,6 km/h (Usain Bolt ayant atteint la vitesse de 44,64 km/h au championnat mondial de Berlin en 2009).

*La bipédie aquatique*

À ce propos, pourquoi penser que la bipédie est réservée à la marche ou à la course sur la terre ferme? Les lézards du genre *Basiliscus* n'ont pas à se demander s'ils auront pied dans la mare qu'ils veulent traverser: ils pratiquent en effet la course aquatique les doigts dans le nez. Leur secret repose sur une bonne technique de foulée, décomposée en trois temps: tout d'abord, ils frappent verticalement la surface de l'eau avec leur pied, créant une poche d'air en dessous. Ils effectuent ensuite un mouvement de rame vers l'arrière, ce qui permet l'avancée, puis retirent le pied très rapidement avant que la poche d'eau ne se referme. L'intervalle de temps très court entre les foulées (70 millisecondes environ), leur faible masse (100 grammes à l'âge adulte) et la large surface de contact des pattes arrière (environ 5 cm<sup>2</sup>) autorisent au lézard « Jésus-Christ » la traversée d'un plan d'eau à 5 km/h, ce qui correspond à notre vitesse moyenne de marche humaine. Si nous voulions imiter son exploit, il nous faudrait courir à plus de 100 km/h! Le lézard, resté sec, rejoint ainsi son pied-à-terre sur la rive opposée...

Le fond marin offre également une surface adaptée à une locomotion subaquatique. Existe-t-il alors un animal ayant le pied marin? Les bipèdes ne sont pas légion car la plupart de la faune aquatique est dotée de nombreux appendices locomoteurs, par exemple chez les crustacés, les vers marins, ou les octopodes. C'est paradoxalement chez ces animaux à huit bras que se cache un exemple méconnu de bipédie subaquatique. Les espèces de pieuvres du Pacifique *Octopus marginatus* et *Octopus aculeatus* pratiquent en effet une « marche bipède » en employant deux tentacules pour se mouvoir, tandis que les six autres sont dressés au-dessus de leurs têtes. Les deux espèces observées se déplacent chacune à leur manière: *Octopus marginatus* regroupe six tentacules autour de son corps tandis que *Octopus aculeatus* marche

de façon plus « flamboyante » en tendant quatre tentacules latéraux. Dans les deux cas, il s'agit d'une stratégie de camouflage. La première espèce se fait passer pour une noix de coco dérivant au gré de la houle, et l'autre pour un amas d'algues ballotté par le courant. Elles n'ont plus qu'à détalier en catimini.

### *La bipédie permanente*

À force d'évoquer ces bipédies plus ou moins temporaires, le lecteur va croire que nous lui faisons un pied de nez dans les règles de l'art. Il est vrai que la bipédie évoque quand même le plus souvent une station debout exclusive, sur deux pieds, et destinée à la marche sur la terre ferme. Dans ce cadre-là, les humains ne sont-ils pas champions toute catégorie – et une fois de plus, ne sont-ils pas les plus beaux, les plus forts, les plus intelligents, etc. ? Que nenni !

Prenons un exemple simple et connu : les kangourous. Ils marchent en s'appuyant sur leurs quatre pattes et leur queue. Ils se déplacent également par bonds en détendant leurs pattes postérieures à la manière d'un ressort. Leur vitesse de déplacement est variable : de 20 à 30 km/h en mode croisière, de 50 à 60 km/h en cas de fuite et jusqu'à 90 km/h en vitesse maximale. Leurs bonds sont parfois spectaculaires, jusqu'à 3,5 mètres de haut pour une portée de 13 mètres. Les valeurs dépendent bien sûr des espèces de kangourous, mais ce n'est déjà pas mal, non ? Et surtout il s'agit d'une bipédie permanente, avec déplacement par bonds successifs. En se penchant un peu plus sur l'anatomie du kangourou, nous constatons qu'il est plantigrade comme l'humain : il repose sur la plante des pieds. Or, les pieds des kangourous et des humains sont formés de trois parties : le tarse (talon), métatarse (voûte plantaire) et phalanges (orteils), à la différence près que le métatarse du kangourou est beaucoup plus allongé.

D'accord pour le kangourou, concéderas-tu ; mais il reste une exception, n'est-ce pas ? Oh que non ! Et nous remettons les pieds dans le plat en évoquant la gerboise. Ce petit rongeur appartient à la famille des Dipodidés qui regroupe également les sicistes et les rats sauteurs, d'autres rongeurs ayant une aptitude particulière pour le saut avec leurs longs pieds. Mais c'est la gerboise qui fait le plus penser à un kangourou miniature ! Il en existe une trentaine d'espèces vivant dans les déserts d'Afrique et d'Asie. Concentrons-nous sur la gerboise du désert (*Jaculus jaculus*), également surnommée gerboise des steppes ou gerboise d'Égypte.

Sais-tu que le mot gerboise vient de l'arabe *yerbo*, signifiant « grosses cuisses » ? La gerboise possède de longues pattes postérieures à trois doigts, dues à un allongement important du métatarse (tout comme le kangourou). Le tout lui donne la capacité de bondir à plus de deux mètres. Impressionnant, sachant que son corps ne mesure que 10 à 15 cm ! À la course, elle atteint 24 km/h. Sa longue queue de 15 à 25 cm lui sert de balancier (comme le kang... oui, bon tu as compris), et ses pattes arrière sont recouvertes de « soies » qui empêchent la gerboise de dérapier. Il s'agit bel et bien d'un animal bipède qui se déplace sur ses pattes postérieures, soit en bondissant, soit en courant. Ses pattes avant lui servent pour se nourrir, faire sa toilette ou creuser (vu les conditions qui règnent dans le désert, elle vit principalement la nuit et passe la journée au fond de son terrier dans lequel il fait plus frais, 25 °C). Nous retrouvons même des traces de cet animal du temps de l'ancienne Égypte, 3 000 ans avant notre ère : un hiéroglyphe qui signifie « rapidité » le représente.

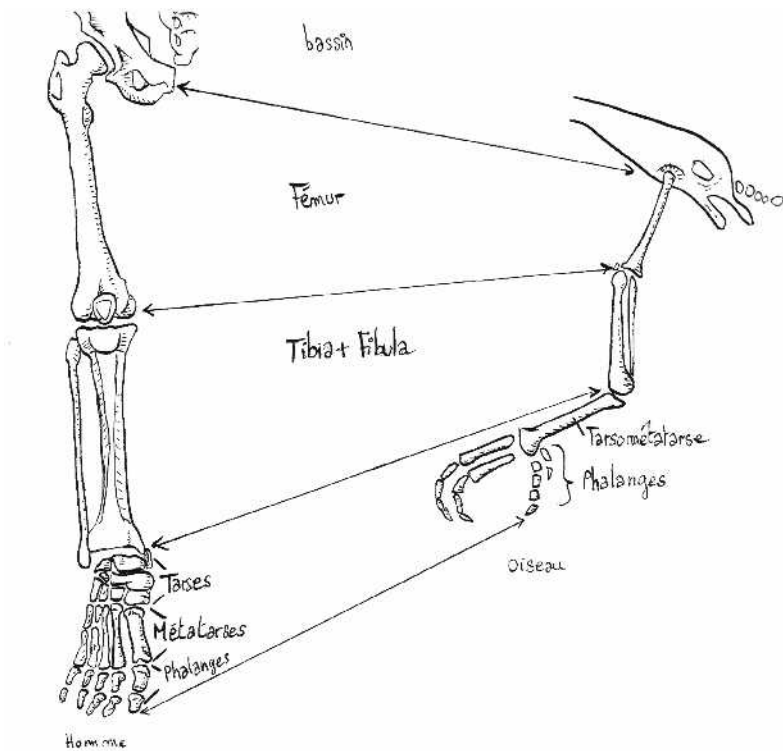
Et maintenant, place aux oiseaux ! Quoi ? Attendez un peu, ils ont des becs, ils s'enfuient à tire d'aile, ils ont un tas de plumes et... ah tiens, oui, ils se tiennent toujours debout sur leurs pattes postérieures (arrière). Nous ne les voyons jamais se déplacer sur leurs quatre pattes, puisque les pattes avant se présentent sous la forme d'ailes. Ailes ne servant d'ailleurs pas toujours au vol,



UNE HISTOIRE À ÉVOLUER DEBOUT: TOUS BIPÈDES (OU PRESQUE)

comme le prouvent les autruches, célèbres oiseaux coureurs à la cuisse légère, ou encore les manchots du pôle Sud, qui sont d'excellents nageurs grâce à leurs « ailes » spécialisées.

Encore mieux: toutes les espèces d'oiseaux, sans exception, se tiennent sur leurs pattes arrière! Et sachant qu'il y a plus de 10 000 espèces d'oiseaux pour un nombre d'individus estimé entre 200 et 400 milliards, cela fait un sacré nombre de bipèdes: 40 à 60 fois plus que d'humains! Bipèdes, certes, mais à leur manière: ils sont digitigrades. Une autre différence tient au fait que chez les oiseaux, le tarse et le métatarse sont soudés pour former un nouvel os que nous ne possédons pas: le tarsométatarse. Ainsi, ce qui semble être le genou des oiseaux



correspond en réalité à leur cheville! Pour être plus précis, leur genou est caché sous leur plumage. Il est toujours fléchi et connecté à l'articulation de la hanche par un petit fémur horizontal. Ensuite, vient le tibia situé entre le genou et la cheville (il correspond à l'équivalent fonctionnel de notre fémur). Et enfin le tarso-métatarse situé entre la cheville et les orteils, et que nous n'avons pas.

Sous nos coups de boutoir répétés, notre fier piédestal de bipède exclusif se fragilise... Et nous l'achevons par ce traître croche-pied: il n'existe pas UNE bipédie chez les oiseaux, mais DES bipédies. Dans le sens du déplacement, s'entend. Si tous les humains savent faire la même chose: marcher, courir, sautiller, la marche des oiseaux est spécialisée selon les espèces. Il suffit de regarder leurs pieds pour s'en convaincre. Beaucoup d'oiseaux terrestres n'ont que trois doigts pointant vers l'avant. Ceux-ci sont courts, larges et bien adaptés à la course. D'autres possèdent quatre longs doigts et de longues pattes, afin de marcher dans des eaux peu profondes ou sur une végétation à fleur d'eau. Et que dire des perroquets spécialisés dans la grimpe des arbres grâce à leurs deux doigts avant et leurs deux doigts arrière? Viennent ensuite les oiseaux nageurs comme les canards aux célèbres pattes palmées; et il ne faudrait pas oublier de citer ceux qui marchent (pigeons), sautent (moineaux, pies), courent (autruches, émeus), etc.

Le plus fort est que la bipédie des oiseaux remonte à plusieurs millions d'années, au niveau de leurs ancêtres: les dinosaures théropodes! Ces derniers forment un groupe de dinosaures majoritairement carnivores. Ses représentants avaient des tailles variées, de 40 cm de long et 150 g pour les maniraptors jusqu'à 12 m de long et 6 tonnes pour les *Tyrannosaurus rex*. Ils étaient tous bipèdes. Leurs membres postérieurs assuraient le soutien du corps et la locomotion, tandis que leurs membres antérieurs étaient de petite taille, bien que dotés de griffes mobiles. Elles étaient probablement employées pour saisir et déchiqueter les proies. Apparus il y a 230 à 225 millions d'années durant le Trias supérieur, les

théropodes ont ensuite conquis tous les continents pendant le Jurassique inférieur, avant d'être mis à mal par la crise biologique du Crétacé–Tertiaire il y a 65 millions d'années. Tous les dinosaures ont disparu, à l'exception de certains descendants des théropodes (certains avancent le nom des maniraptors, mais cela reste à confirmer). Oui oui, tu peux considérer ta poule ou ton canard comme un petit dinosaure en puissance !

### *En guise de conclusion*

Alors, tu as les chevilles qui désenflent ? La bipédie est loin d'être l'apanage des humains. En outre, des études sur les animaux prouvent que certaines espèces savent utiliser des outils, transmettre un savoir ou encore créer un langage plus ou moins élaboré. Oh, certes, nous portons ces capacités à un degré inégalé ; mais nous n'en avons pas le monopole. Ce n'est donc pas la peine de se croire sorti de la cuisse de Jupiter !

Au contraire, nous sommes issus d'une longue histoire au cours de laquelle l'inimaginable est déjà arrivé, et où l'incroyable reste à venir. Nous sommes le résultat d'innombrables interactions entre les êtres vivants et les milieux qui se font et se défont en permanence depuis des millions d'années. Les ignorer, c'est vraiment se tirer une balle dans le pied. Finissons sur ces paroles d'Oscar Wilde, reprises à notre sauce : « L'humanité se prend trop au sérieux. Si l'homme des cavernes avait su se taper la cuisse, le cours de l'histoire eût été changé. »





## FERMER UNE ROUTE À LA CIRCULATION... POUR RÉDUIRE LES

**EMBOUTEILLAGES\***

New York, 22 avril 1990. C'est le « jour de la Terre », célébration mondiale visant à promouvoir la protection de nos écosystèmes. Le délégué aux transports de la ville, Lucius Riccio, veut marquer le coup. Pour faire le bonheur des piétons et cyclistes, il ferme la très fréquentée 42<sup>e</sup> rue à la circulation, en plein Manhattan. Il avouera pourtant plus tard qu'« il n'y avait pas besoin d'être un scientifique de génie ou d'utiliser un algorithme sophistiqué de prévision du trafic routier pour savoir que cela pouvait créer de sérieux problèmes »<sup>1</sup>, autrement dit des embouteillages monstres, très polluants. Alors, simple coup de com' ? Eh bien non ! Lucius Riccio est le premier surpris en constatant que la fermeture de la 42<sup>e</sup> rue n'engendre pas d'embouteillages supplémentaires. La fluidité de la circulation est même améliorée !

---

\* Ce chapitre a été inspiré par un article d'Étienne Ghys publié sur le blog *Images des mathématiques*, <http://images.math.cnrs.fr/Le-prix-de-l-anarchie.html>. Ce site, qui traite de la recherche en mathématiques, est écrit en grande partie par des chercheurs passionnés qui souhaitent transmettre leurs connaissances au grand public.

S'il avait effectivement demandé l'avis d'un scientifique avisé et muni de l'algorithme adéquat, Lucius Riccio aurait été moins surpris... En effet, on savait ce phénomène possible depuis quelques dizaines d'années. C'est une manifestation du paradoxe de Braess, du nom du mathématicien allemand qui l'a formalisé à la fin des années 1960. De quoi s'agit-il?

En 1968, la ville de Stuttgart entreprend d'importants travaux afin de fluidifier la circulation. Il se produit alors une série d'événements étonnants. Tout d'abord, les embouteillages sont plus conséquents. La situation est tellement catastrophique que la municipalité, désespérée, décide de fermer une portion de la route fraîchement inaugurée. Ce qui a pour effet inattendu de décongestionner la circulation! Dietrich Braess, qui a probablement été coincé dans ces bouchons, ne manque pas d'être intrigué lui aussi. Ses travaux<sup>2</sup> viseront à mieux comprendre cet effet que l'on rencontre non seulement dans les embouteillages, mais aussi dans tous les réseaux d'information, ou même pour la circulation des idées au sein d'un groupe.

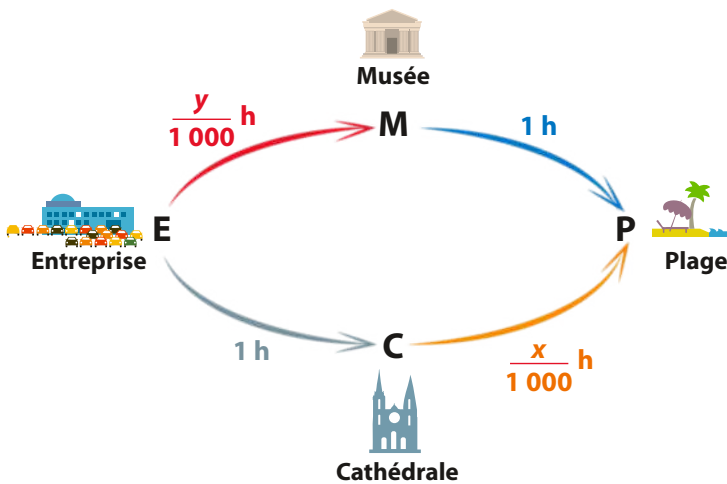
*Le paradoxe de Braess,  
c'est quoi au juste?*

Dans le cas du trafic routier, le paradoxe de Braess tire son origine d'un comportement très humain : lorsqu'un conducteur choisit son trajet sans prendre en compte les autres, il décide d'emprunter le trajet le plus rapide pour lui *a priori*. Comme tous les autres! Et il suffit que les autres soient suffisamment nombreux pour que les bouchons occasionnés, dans certains cas, transforment le présumé trajet rapide en petit aperçu d'éternité. Autrement dit, un ensemble de comportements optimaux à l'échelle des individus peut ne pas être optimal pour l'ensemble des individus.

## FERMER UNE ROUTE À LA CIRCULATION...

Voyons une illustration sur un réseau de transport extrêmement simplifié. Un vendredi après-midi ensoleillé, vous sortez du siège de votre entreprise multinationale installée près de la côte, en E. Pour profiter de cette belle soirée d'été, vous voulez aller à la plage P. Pas de bol, un millier de collègues ont fini leur travail dans le même créneau horaire et se dirigent également vers la mer.

Deux routes relient le parking de l'entreprise à la plage : l'une passe par la cathédrale C, l'autre par le musée M. Vous devez choisir.



Vous savez que le chemin E-C jusqu'à la cathédrale vous prendra une heure, peu importe le nombre d'automobilistes qui l'empruntent en même temps. La route est en effet suffisamment large, sur plusieurs voies, pour que la circulation n'y sature jamais. Passé l'édifice religieux, le chemin devient pittoresque. Il accède à la plage par un court pont romain, bijou des temps anciens, si étroit que les véhicules doivent l'emprunter à la queue-leu-leu, ce qui les ralentit d'autant plus qu'ils sont nombreux. Admettons que le temps de parcours de C à P augmente proportionnellement au

nombre  $x$  de véhicules qui se présentent devant le pont durant un même créneau horaire, et qu'il soit ici égal à  $x/1\ 000$  heure(s)\*. Si un millier de voitures tentent de passer par le pont, chaque automobiliste mettra donc une heure pour aller de C à P ; si 500 voitures seulement y passent, une demi-heure sera nécessaire.

Quant à l'autre parcours, cette fois c'est du parking au musée que la route est étroite et assure le passage de  $y$  automobiles en  $y/1\ 000$  heures, puis elle devient large mais longue jusqu'à la plage et se parcourt en une heure quel que soit le nombre de voitures. Les temps de parcours totaux seront respectivement de  $1 + x/1\ 000$  heure(s) et  $1 + y/1\ 000$  heure(s).

En supposant que chacun de vos collègues effectue son choix de façon aléatoire et indépendante, les temps de parcours sont équivalents, et une voiture prendra le chemin E-C-P une fois sur deux ( $x = y = 500$ ). Vous serez donc cinq cent à choisir de passer par la cathédrale, et cette première colonne de voitures arrivera à la plage en une heure et demie. Votre voisin de bureau Albert, fâché contre vous, passera par le musée avec les quatre cent quatre-vingt dix-neuf collègues restants, et arrivera à la plage une heure et demie après. Le temps de passage d'une heure et demie est optimal. Tout le monde est content, même si vous auriez préféré qu'Albert crève en route.

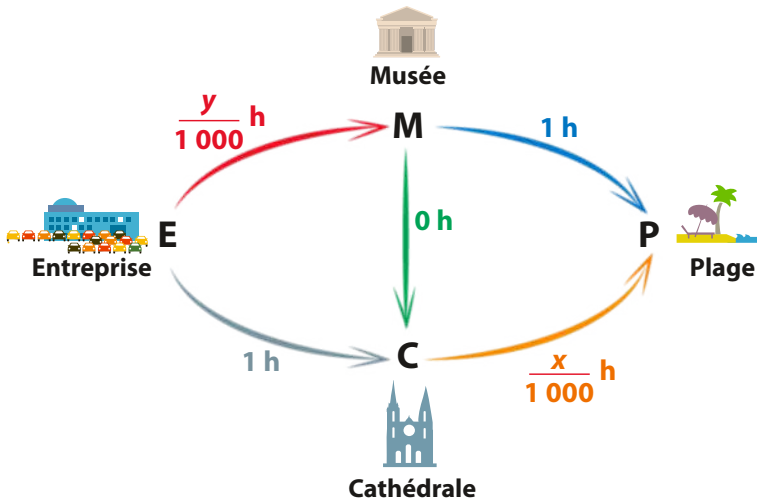
Introduisons une petite modification. La municipalité trouve bien dommage qu'aucune route ne relie le musée et la cathédrale, les bâtiments se trouvant en fait presque côte à côte, séparés par une petite colline. Pendant l'hiver, elle ordonne donc la construction d'un tunnel ultramoderne qui connecte M à C « instantanément » (pour les besoins de la démonstration). Inconvénient léger :

---

\* De manière plus réaliste, il faudrait prendre en compte la congestion provoquée par la réduction soudaine du débit dans le cas où  $x$  est grand ainsi que définir un temps de parcours minimal pour les  $x$  faibles ; mais le but n'est ici que d'expliquer le paradoxe, et nous nous autorisons donc quelques simplifications.



pour éviter de percer un tunnel trop large, la voie aménagée est à sens unique et ne permet d'aller que du musée à la cathédrale.



L'été suivant arrive. Et de nouveau, un vendredi ensoleillé, vous succombez à l'appel de la plage en même temps que vos 999 collègues. Cette fois-ci, un nouveau trajet s'offre à vous: le trajet E-M-C-P, qui se parcourt en  $x/1\,000 + y/1\,000$  heure(s).

Vous avez alors le choix entre trois parcours respectivement de  $1 + x/1\,000$  heure(s),  $1 + y/1\,000$  heure(s) et de  $x/1\,000 + y/1\,000$  heure(s). Sachant que  $x$  et  $y$  sont égaux ou plus petits que mille, vous opterez pour le trajet E-M-C-P passant par le nouveau tunnel, qui sera plus rapide ou au pire de même durée que les deux premiers.

Albert, avec qui vous êtes de plus en plus fâché, fera de même. Ainsi que tous les autres collègues ( $x = y = 1\,000$ ). Vous parviendrez ainsi tous à la plage en  $2 \times 1\,000/1\,000$  heures, soit 2 heures. Non seulement vous vous taperez Albert dans la voiture voisine pendant deux heures, mais vous loupez le coucher de soleil de

PRÉSENTATION DES CONTRIBUTEURS



**ALAIN BÉNÉTEAU** ⇒ p. 281

*Illustrateur spécialisé en paléontologie, artiste peintre et graphiste pour l'édition scientifique.*

<http://dustdevil.deviantart.com/>



**TANIA LOUIS** ⇒ p. 287

*Docteure en biologie, Tania Louis aime trop les sciences pour ne pas les partager... notamment à travers la chaîne vidéo Biologie Tout Compris. Parce que le vivant est fascinant.*

[www.youtube.com/c/TaniaLouisBioTCom](http://www.youtube.com/c/TaniaLouisBioTCom)



**GOANA** ⇒ p. 297

*Goana? C'est notre moyen de partager notre passion, une bibliothèque de vidéos hébergées sur Youtube. On y parle essentiellement de biologie, pour expliquer comment fonctionne le monde vivant – qui est le fruit de milliards d'années d'évolution et d'une suite d'événements plus ou moins hasardeux!*



**ÇA SE PASSE LÀ-HAUT (ÉRIC SIMON)** ⇒ p. 303

*Sur Ça Se Passe Là-Haut, l'Univers se contemple indéfiniment et l'actualité de la recherche en astrophysique se lit et s'écoute donc sans limites...*

[www.ca-se-passe-la-haut.fr](http://www.ca-se-passe-la-haut.fr)

## CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

p. 4-5: [iStockphoto.com/4x6](https://www.iStockphoto.com/4x6); [iStockphoto.com/bubaone](https://www.iStockphoto.com/bubaone); [iStockphoto.com/Adrian-Hillman](https://www.iStockphoto.com/Adrian-Hillman); p. 13: [iStockphoto.com/funnybank](https://www.iStockphoto.com/funnybank); p. 37: [iStockphoto.com/Shimanovskaya](https://www.iStockphoto.com/Shimanovskaya); p. 44: Sophie Labaude; p. 57: [iStockphoto.com/FrankRamspott](https://www.iStockphoto.com/FrankRamspott); p. 59: [iStockphoto.com/SVPhilon](https://www.iStockphoto.com/SVPhilon); p. 69: [iStockphoto.com/Naddiya](https://www.iStockphoto.com/Naddiya); p. 85: [iStockphoto.com/CurvaBezzer](https://www.iStockphoto.com/CurvaBezzer); p. 89 (h): [iStockphoto.com/thewet](https://www.iStockphoto.com/thewet); p. 89 (b): [iStockphoto.com/2kawaiiiness](https://www.iStockphoto.com/2kawaiiiness); p. 105: [iStockphoto.com/Pavel\\_R](https://www.iStockphoto.com/Pavel_R); p. 105, 108, 110 et 111: Valentin Baugé; p. 107: Photo © RMN-Grand Palais (musée du Louvre)/Hervé Lewandowski; p. 125: [iStockphoto.com/Olena\\_Kravchenko](https://www.iStockphoto.com/Olena_Kravchenko); p. 126: Playboy; p. 143: [iStockphoto.com/cisale](https://www.iStockphoto.com/cisale); p. 145: Pellichi; p. 161: [iStockphoto.com/bubaone](https://www.iStockphoto.com/bubaone); p. 187: [iStockphoto.com/Fosin2](https://www.iStockphoto.com/Fosin2); p. 211: [iStockphoto.com/sara\\_winter](https://www.iStockphoto.com/sara_winter); p. 215: [iStockphoto.com/colorcocktail](https://www.iStockphoto.com/colorcocktail); p. 216 et 217: Ivan Domenech – Canis Créations Graphiques; p. 220: Springer, Planta, «What is critical for plant thermogenesis? Differences in mitochondrial activity and protein expression between thermogenic and non-thermogenic skunk cabbages», 231, 2009, p. 121-130, Ito-Inaba, Y., Hida, Y., Inaba, T., «With permission of Springer»; p. 223: [iStockphoto.com/RobinOlimb](https://www.iStockphoto.com/RobinOlimb); p. 227: [iStockphoto.com/NLshop](https://www.iStockphoto.com/NLshop); p. 237: [iStockphoto.com/lilu330](https://www.iStockphoto.com/lilu330); p. 251: [iStockphoto.com/neyro2008](https://www.iStockphoto.com/neyro2008); p. 253: Gilo1969 at English Wikipedia; p. 254: Anne-Laure Ménard; p. 256 (g): OpenStax College; p. 256 (d): Pixabay; p. 259: Gtirouflet; p. 261: [iStockphoto.com/frikota](https://www.iStockphoto.com/frikota); p. 271: [iStockphoto.com/RomoloTavani](https://www.iStockphoto.com/RomoloTavani); p. 272, 273 et 274: Éric Leeuwerck; p. 287: [iStockphoto.com/RichardGalbraith](https://www.iStockphoto.com/RichardGalbraith); p. 297: [iStockphoto.com/pialhovik](https://www.iStockphoto.com/pialhovik); p. 303: [iStockphoto.com/FrankRamspott](https://www.iStockphoto.com/FrankRamspott); p. 307: NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute; p. 309: NASA/JPL-Caltech/SETI Institute/Cynthia Phillips/Marty Valenti.