



Une tranche de passé alsacien

Un crâne d'enfant oblong, des anneaux d'ambre et des centaines d'autres objets ont été exhumés lors de fouilles près de Strasbourg. [PAGE 2](#)



Le cerveau en partage

Des neuroscientifiques veulent partager les données d'imageries cérébrales pour mieux reproduire les résultats et accélérer les connaissances. [PAGE 3](#)



Un moraliste chez les primates

Frans de Waal étudie les singes depuis plus de quarante ans, à la recherche des fondements du sens politique et moral d'*Homo sapiens*. Portrait. [PAGE 7](#)

Wallace, géographe de l'évolution

Il y a tout juste un siècle mourait l'explorateur et naturaliste britannique Alfred Wallace. Moins célèbre que Charles Darwin, c'est pourtant lui qui a poussé son ainé à publier sa théorie de l'évolution par la sélection naturelle en proposant des idées similaires. La biogéographie – l'étude de la répartition spatiale des espèces – dont il fut l'un des maîtres reste une discipline active en écologie.

PAGES 4-5



JEAN-LUC NAVETTE



Nicolas Gompel,
Benjamin
Prud'homme

Généticiens,
LMU de Munich, Institut
de biologie du développement
de Marseille-Luminy (CNRS)

(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Cahier du « Monde » N° 21399 daté Mercredi 6 novembre 2013 - Ne peut être vendu séparément

Relier anatomie et fonctions cérébrales

Comprendre le fonctionnement du cerveau est l'un des horizons de la science. L'enjeu est d'identifier comment les informations de l'environnement (une odeur, une image...) sont perçues, circulent dans les circuits de neurones et engendrent des comportements, des émotions, et la pensée. Cette dissection structurelle et fonctionnelle du cerveau s'apparente au décodage du fonctionnement du circuit électrique d'un ordinateur. Vaste tâche, dont la complexité augmente de manière exponentielle avec le nombre de neurones.

Le cerveau humain, avec ses 100 milliards de neurones, est à ce titre un extrême, dont l'étude expérimentale est en outre limitée. Même avec des animaux de laboratoire pourvus de moins de neurones et mieux adaptés aux approches expérimentales, le projet reste dantesque. Pratiquement, aucun laboratoire public au monde n'a les ressources pour aborder seul cette question, tant les moyens logistiques et financiers requis, sur un temps long, et sans espoir de résultats rapides, sont importants.

Pour répondre au défi posé par le cerveau humain, l'Union européenne vient de lancer le Human Brain Project (HBP). D'un montant prévu d'un milliard d'euros, celui-ci financerà, sur dix ans, des collaborations entre 120 laboratoires, dans une vingtaine de pays. Le but est de constituer un modèle global du cerveau humain, et de descendre progressivement vers les niveaux d'organisation inférieurs (les circuits, puis les neurones et enfin les molécules) pour explorer leurs rôles. La crainte, avec une telle approche, c'est que le modèle soit aussi complexe à comprendre que l'original !

De son côté, le Howard Hughes Medical Institute, fondation américaine privée à but non lucratif, s'est également lancé, il y a sept ans, dans la course à la compréhension du cerveau en construisant, près de Washington, le Janelia Farm Research Campus. Véritable monastère scientifique, ce centre regroupe de petites équipes de recherche qui travaillent en osmose technique et intellectuelle à la cartographie de l'ensemble des connexions neurales. Les chercheurs veulent manipuler et mesurer l'activité de tous les neurones, idéale-

ment un par un. Non pas chez l'humain, jugé trop complexe, mais chez des organismes modèles plus simples, essentiellement la souris et la drosophile. Cette approche de bas en haut (des neurones au cerveau entier), sur des animaux manipulables expérimentalement, est complémentaire à celle du HBP.

Au-delà des objectifs scientifiques, tout est fait à Janelia Farm pour favoriser les collaborations entre chercheurs : les projets y sont largement interdisciplinaires, et la configuration ouverte des lieux est propice aux interactions informelles, véritable terreau de la science. Enfin, les chercheurs sont largement dédouanés des contraintes financières et temporelles propres aux systèmes universitaires traditionnels. Ils explorent à leur gré de nouvelles solutions techniques, et produisent des ressources et des connaissances fondamentales qui serviront à toute la communauté scientifique.

Ces initiatives ambitieuses atteindront-elles leur objectif ? Il est trop tôt pour le dire. Néanmoins, la perspective d'une image intégrée du fonctionnement du cerveau se dégage peu à peu. ■

Six mille ans d'histoires alsaciennes

ARCHÉOLOGIE | L'Inrap a dévoilé les résultats d'une fouille exceptionnelle effectuée à Obernai, dans l'est de la France, couvrant une période allant du néolithique au Moyen Age

VIVIANE THIVENT

Strasbourg (Bas-Rhin), envoyée spéciale

Né-o-li-thi-que, articule l'archéologue Philippe Lefranc. Le néolithique débute il y a 8 000 ans lorsque des populations du Proche-Orient introduisent l'agriculture et l'élevage en Europe. Les chasseurs-cueilleurs se sédentarisent alors, la poterie apparaît. » L'affaire expédiée, Philippe Lefranc commence avec passion la description minutieuse de chaque objet placé face à lui. En arrière-plan, d'autres archéologues, chacun spécialiste d'une période particulière de l'histoire ou de la préhistoire, attendent leur tour.

Nous sommes à l'Institut national des recherches archéologiques préventives (Inrap) de Strasbourg, dans une salle quelconque où, sur des tables banales, une somme hétéroclite d'objets a été étalée à la va-vite. Il y a là des perles pla-

Il y a là des perles plates, des épingle vertes, des céramiques, des bouts de boucliers, de mosaïque et, dans un coin, un crâne étrange, anormalement haut de front

tes, des épingles vertes, des céramiques, des bouts de boucliers, de mosaïque, et, dans un coin, un crâne étrange, au front anormalement haut. Six mille ans séparent les pièces les plus récentes des plus anciennes. Pour autant, tous proviennent d'un même endroit, de 7,5 hectares de fouilles préventives effectuées par l'Inrap à Obernai, à 20 kilomètres de Strasbourg, dans des terres agricoles qui, d'ici quelques mois, accueilleront une zone commerciale.

« A cet endroit, les terres sont riches, propices à l'agriculture, et nous nous attendions à y trouver des vestiges archéologiques, explique Frédéric Séara, conservateur régional de l'archéologie. Nous avons donc sondé les 15 hectares concernés par l'aménagement et décidé d'en fouiller un peu plus de la moitié. » Sur cette zone, une pelleuse a retiré de 50 à 80 centimètres de terre, laissant apparaître 1 500 taches de terre plus sombres, « les stigmates d'installations humaines datant du néolithique mais aussi des périodes galloise, romaine et mérovingienne », explique Eric Boës, adjoint scientifique et technique à l'Inrap d'Alsace. La richesse du site est telle que dix archéologues ont été monopolisés à temps



Parmi les pièces mises au jour dans la nécropole du V^e siècle découverte sur le site d'Obernai : un crâne volontairement déformé d'un enfant de 12 ans, une perle en ambre que l'on portait à la ceinture et un peigne en bois de cerf orné de têtes de chevaux.

DENIS GLIKSMAN/INRAP

plein, dans le plus grand secret, entre le 2 avril et le 18 octobre, date à laquelle le site a été définitivement remblayé.

« Concernant la période néolithique, une nécropole contenant une vingtaine d'individus et datant de 4 900 à 4 750 avant notre ère a été découverte », rappel Philippe Lefranc. La plupart des squelettes étaient ornés de bracelets ou d'anneaux-disques en pierre « qui se portent au-dessus du coude », précise l'archéologue. « Ici, vous avez aussi des pointes en silex... ce qui est très intéressant puisque cette région, alluviale, ne recèle pas de tels matériaux. Ces silex ont donc été acheminés jusqu'ici... ce qui laisse supposer que, dès le néolithique, des échanges existaient entre les populations. » Ainsi, l'un des silex taillés proviendrait du Bassin parisien.

En outre, les parures appartiennent à deux groupes pourtant distincts de Rubanés, une peuplade venue d'Europe de l'Est et qui doit son nom aux rubans qui ornaient les poteries. « Cette mixité dans les parures indique qu'Obernai se trouvait à la frontière entre deux populations distinctes, chacune ayant des connexions géographiques propres avec le reste de l'Europe, précise-t-il. En somme, au néolithique, cette région d'Alsace était déjà une zone frontalière ! »

Un grand gaillard flegmatique s'avance : « Passons à l'âge de fer, aux Gaulois, entre 150 et

300 avant notre ère. » Clément Féliu, spécialiste de cette période et responsable scientifique des fouilles, s'approche d'une table où reposent des épingle, des bouts de verre ou encore des sortes de casques à la Don Quichotte, presque aussi rouillés que cabossés : « Il s'agit de la partie centrale de boucliers. Ils portent la marque de coups, comme cet instrument à vent brisé, les armes ou les bouts de crânes retrouvés sur place. » Ceci trahit des gestes cultuels, voire la présence d'un petit sanctuaire.

Non loin, les archéologues ont aussi découvert les traces d'une ferme aristocratique de 8 000 mètres carrés contenant des monnaies gauloises ou des parures en quantité. « Cet enclos est inhabituel par sa forme dissymétrique, par la présence d'un porche monumental mais aussi par les imposants fossés - 3,5 mètres de large et 2,5 mètres de profondeur - qui l'entourent. » Assurément riches, les propriétaires avaient en outre un goût certain pour la mise en scène, ce qui pose la question du statut exact de cette ferme. Clément Féliu avance ensuite de quelques siècles dans l'histoire, passant à une table recouverte d'objets gallo-romains, dont un bout de mosaïque bleue et une clé de porte métallique.

Puis il cède la place à Eric Boës, qui s'approche enfin de la table portant l'étrange crâne déformé. « Nous voici au début du Moyen Age. Sur le

site, 18 sépultures orientées est-ouest et datant du V^e siècle ont été découvertes. » Fait étonnant, ces corps n'appartiennent pas à des locaux. Il s'agit d'Alains ou de Sarmates, des peuples nomades d'origine iranienne. Pour preuve, un petit miroir rond en argent, des parures en ambre et un peigne sculpté en bois de cerf retrouvés sur place ainsi qu'un crâne volontairement déformé, celui d'un enfant de 12 ans.

« Destinée à une élite, cette pratique, qui existait aussi chez les Huns et qui consistait à allonger le crâne en y apposant, dès le plus jeune âge, des planchettes et des liens, nécessitait une grande connaissance anatomique, explique Eric Boës. Car si la croissance crânienne n'est pas symétrique, des troubles ou retards mentaux peuvent apparaître. » La découverte, dans la même nécropole, d'un crâne appartenant à un individu ayant survécu à une trepanation confirme les compétences de ce peuple en la matière. D'après les archéologues, ces individus auraient été incorporés dans l'armée romaine, lors des grandes invasions.

A ce stade, difficile toutefois d'en dire davantage : d'après Clément Féliu, deux ans seront nécessaires pour étudier l'intégralité des pièces découvertes dans cette fouille hors norme, dont le seul examen donne à voir six mille ans d'histoire. ■

Infarctus : vers un nouvel anticoagulant pour les urgentistes ?

Un vaste essai européen suggère qu'une molécule pourrait réduire les risques de saignement après une crise cardiaque

FLORENCE ROSIER

Publié le 30 octobre dans la revue *New England Journal of Medicine* (NEJM), une vaste étude européenne suggère l'intérêt d'un médicament anticoagulant, la bivalirudine, dans la prise en charge très précoce de l'infarctus du myocarde par les équipes mobiles d'urgence. Il réduit les risques hémorragiques inhérents à ce type de traitement, mais sans démontrer de bénéfice sur la mortalité. Et au prix d'un risque accru d'obstruction d'une artère (thrombose).

La bivalirudine est déjà très utilisée depuis une dizaine d'années aux Etats-Unis pour traiter les patients ayant fait un infarctus, dans un cadre strictement hospitalier. « Les Etats-Unis n'ont pas la culture d'un traitement pré-hospitalier de l'infarctus, contrairement à de nombreux pays d'Europe. Cette prise en charge précoce de l'infarctus, grâce aux équipes mobiles d'urgentistes, est un indéniable progrès, avant l'orienta-

tion du patient vers un service hospitalier très spécialisé, où l'on procède à la dilatation de l'artère obstruée (angioplastie), explique le docteur Patrick Goldstein, chef du pôle de l'urgence au CHRU de Lille et l'un des auteurs de cette étude. L'infarctus peut être vu comme un sablier : chaque grain qui s'écoule est une cellule cardiaque qui meurt. La première heure de prise en charge du patient conditionne son avenir. » Or la bivalirudine n'avait jamais été évaluée dans le cadre d'un traitement pré-hospitalier, qui est la règle en France.

Education de la population

Pilotée par le professeur Gabriel Steg, cardiologue à l'hôpital Bichat (Inserm, Paris), l'étude Euromax a donc été conçue pour comparer l'intérêt de la bivalirudine à celui d'un anticoagulant classique, l'héparine, quand ces médicaments sont injectés très tôt après l'infarctus par les équipes mobiles d'urgentistes – en association avec d'autres fluidifiants du sang, des antiagrégants plaquettaires.

« Il n'a pas été facile de recruter 2 200 patients dans le cadre de l'urgence immédiate, dans neuf pays d'Europe, puis de les répartir par tirage au sort en deux groupes, l'un traité par la bivalirudine, l'autre par l'héparine, raconte le docteur Goldstein. Cela n'a été possible que grâce à une symbiose entre le monde

de des cardiologues et celui des urgentistes. »

« Trente jours après l'infarctus, le risque d'hémorragie majeure passe de 6 % sous héparine, à 2,6 % sous bivalirudine », note le professeur Steg. Mais c'est au prix d'un risque accru de thrombose, sur le site même de l'artère où les médecins

ont posé un stent [mini-ressort destiné à maintenir ouverte cette artère, après son obstruction par le caillot ayant provoqué l'infarctus]. Ce risque passe de 0,2 % sous héparine, à 1,1 % sous bivalirudine. « Nous allons évaluer un nouvel antiplaquettaire, le cangrelor, qui sera injecté avec la bivalirudine pour diminuer ces excès de thrombose », annonce Gabriel Steg.

Dans un éditorial du NEJM, le Canadien Shamir Mehta s'interroge : « De quel côté va pencher la balance bénéfices/risques de la bivalirudine ? Cela va dépendre des incidences respectives des saignements majeurs et des thromboses de stent, et de leur association avec la mortalité et la morbidité. Les cliniciens devront peser l'importance de ces événements avant de décider quelles stratégies antithrombotiques choisir. » La Haute Autorité de santé (HAS), à ce stade, ne peut commenter cette étude.

« On est, ici, dans le raffinement des traitements anticoagulants, estime le professeur Jean-Philippe Collet, de l'Institut de cardiologie de l'hôpital Georges-Pompidou, Paris.

Paris. Il existe pourtant un dérivé de l'héparine, l'enoxyaparine, qui fait à peu près aussi bien que la bivalirudine dans cette indication, à un coût bien inférieur. » Dans deux ans, toutefois, la bivalirudine sera un générique et ses coûts baisseront.

Chaque année en France, 18 000 personnes meurent d'un infarctus du myocarde, et 120 000 sont touchées. Outre les améliorations des traitements pharmacologiques et des techniques d'angioplastie (« revascularisation »), on dispose de deux grands leviers d'action. La prévention d'abord, avec le renforcement des interventions sur les facteurs de risque de maladies cardiovasculaires. Et l'amélioration de la prise en charge des patients en urgence.

« C'est là-dessus qu'on va gagner le plus, dans l'organisation locale des soins », estime Jean-Philippe Collet. Pour Patrick Goldstein, « la clé du succès, c'est l'éducation de la population pour appeler le 15 au moindre signe d'alerte. Le système français d'organisation des réseaux de prise en charge en urgence est envoyé à travers le monde. » ■

Le plaisir contre l'hypertension

Normaliser une hypertension en induisant un état de plaisir : c'est à quoi est parvenue une équipe suisse, chez la souris. Ses travaux ont été publiés dans la revue PNAS, le 14 octobre. Les auteurs ont construit des microcapsules comportant une membrane enrichie en récepteurs à la dopamine (une « hormone du plaisir » sécrétée par le système nerveux). A l'intérieur, ils ont placé des protéines gouvernant en réponse à la dopamine le gène d'un peptide connu pour contrer l'hypertension, l'ANP. Puis ils ont implanté ces microcapsules dans l'abdomen de souris hypertendues. En exposant ces rongeurs à des situations de plaisir – eau sucrée, femelles placées dans la cage des mâles –, ils ont induit une sécrétion de dopamine, une libération de l'ANP par les microcapsules puis une baisse de l'hypertension. « C'est un système très novateur et assez futuriste. Avec de tels implants, sensibles à des stimulations cérébrales, on pourrait imaginer contrôler différentes problématiques de santé, par exemple des addictions », estime le professeur Xavier Jeunemaître, généticien et cardiologue (hôpital Georges-Pompidou, Paris).

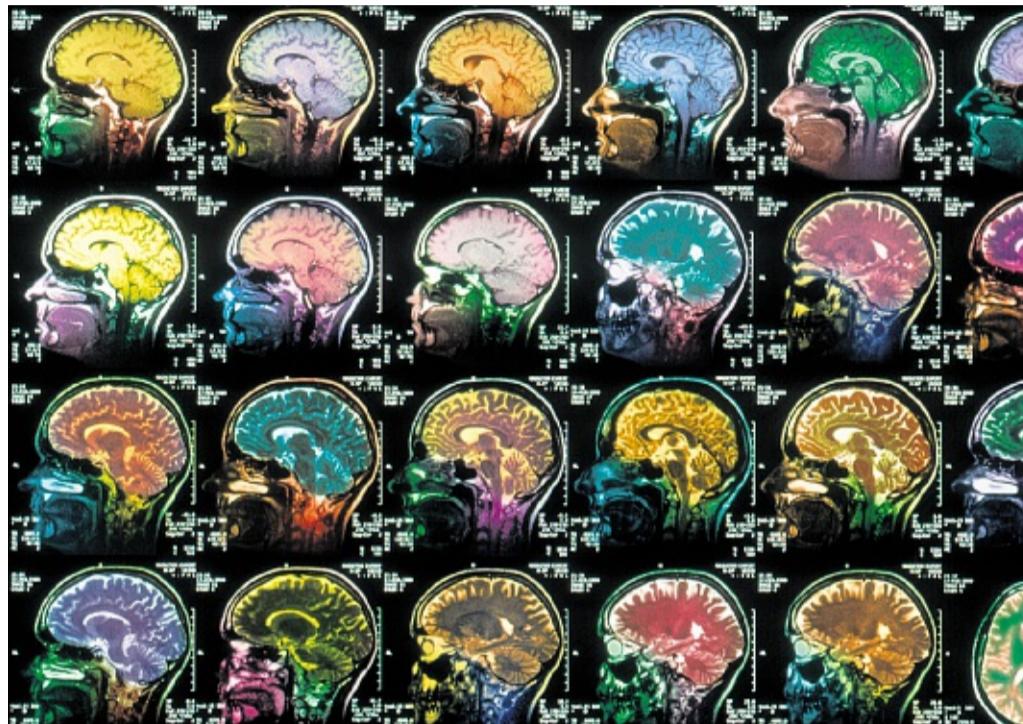
Libérer les images du cerveau

NEUROSCIENCES | Une nouvelle génération de neuroscientifiques s'inspire de l'esprit « open source » de l'informatique pour accélérer les découvertes dans leur discipline

DAVID LAROUSSE

Le visiteur note vite que cette conférence scientifique est originale. Pas de programme : ceux qui veulent parler inscrivent leur nom sur une feuille qui circule dans l'amphi. Pas vraiment de longs exposés non plus. Juste des passages de trois minutes. Les têtes chenues ne sont pas légion ; la moyenne d'âge des 70 participants doit être de moins de 40 ans. Est-ce ce qui explique leur endurance ? Les échanges, exposés ou discussions, ont duré quatre jours et surtout trois nuits (jusqu'à trois heures du matin pour les plus assidus !).

Mais de quoi ont parlé ces cloîtres volontaires au Centre international



Le partage de données d'imageries cérébrales pourrait améliorer les connaissances sur le cerveau.

FRASER SIMON/S.P.L.

Les neurosciences deviennent gourmandes en ressources et outils de calcul pour traiter les images

d'études pédagogiques de Sèvres (Hauts-de-Seine) entre le 23 et le 26 octobre ? Le nom de cet événement, autodésigné anti-conférence, n'aide guère : « Brainhack ». Ou littéralement le hacking ou piratage du cerveau. Malgré ces mots, nulle trépanation, puçage électronique ou lecture frauduleuse de pensées, mais plutôt des tentatives de changer certaines modalités des recherches en neurosciences. Et, en particulier, l'imagerie cérébrale par résonance magnétique (IRM).

« Nous avons réalisé que ce que nous préférions dans les conférences, c'étaient les pauses-café pendant lesquelles on interagit vraiment avec

des collègues », explique Daniel Margulies, responsable du groupe neuroanatomie et connectivité de l'Institut Max-Planck de Leipzig. Il est aussi l'un des cofondateurs de Brainhack, dont la première édition a eu lieu à Leipzig en 2012.

« Nous étions agacés de devoir arrêter ces moments d'échanges pour aller écouter des exposés », renchérit Pierre Bellec, autre cofondateur et chercheur au Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal ainsi qu'au Département d'informatique et de recherche opérationnelle.

« D'où ce concept plus "décoincé" fait pour que les gens parlent entre eux et se rencontrent », précise Pierre Bellec. A Brainhack, il n'y a donc pas de résultats nouveaux présentés, mais plutôt des embryons de collaborations et de projets, ou des perfectionnements de sujets en cours

ainsi que des rencontres « improbables ». Une artiste a demandé comment relier les enregistrements de ses rêves avec les souvenirs qu'elle note à son réveil. Des informaticiens ont proposé aux biologistes d'utiliser les capacités de calcul distribué pour augmenter leur efficacité. Un autre voudrait que les données cérébrales ne soient pas seulement visibles mais audibles.

Un point commun majeur de tous ces travaux est le lien entre la biologie et l'informatique (discipline qui a inspiré le concept un peu foutraque de Brainhack). Les neurosciences deviennent, comme avant elles la génomique, gourmandes en ressources et outils de calcul pour traiter les images, mais aussi pour représenter les résultats, les trier, les comparer, voire pour les partager. D'où l'esprit « hacker » de la conférence, qui défend une conception très ouverte de la science. Ce qui n'est pas sans heurter les pratiques habituelles, en particulier concernant le partage des données.

Un premier avantage qu'il y a à partager est d'augmenter le nombre d'images disponibles pour une expérience, car une étude repose en général sur moins de vingt cerveaux. « En récupérant des données de laboratoires à Cambridge et Pékin, nous avons pu avoir 400 IRM gratuitement et publier notre article », rappelle Salma Mesmoudi, du Laboratoire d'imagerie fonctionnelle de la Pitié-Salpêtrière (LIF) et coorganisatrice de Brainhack. Les défauts statistiques d'un grand nombre d'études à

base d'IRM portant sur trop peu de cas sont aussi souvent pointés.

« Partager est aussi un moyen d'éviter le gâchis de données car, souvent, les chercheurs qui ont fait les IRM n'ont pas le temps de tout exploiter », rappelle Michael Milham, du Child Mind Institute, à New York, et grand promoteur du partage libre de données.

« Partager peut "rapporter" aussi car lorsqu'on utilise un jeu d'images pour un article, on citera ceux qui les ont fournies. Les plus partageurs seront donc les plus visibles », ajoute Yves Burnod, du LIF.

D'autres avantages sont pointés, comme la capacité à mieux reproduire les résultats, à détecter des erreurs, à accélérer les connaissances...

Des résistances à l'ouverture existent cependant. Comme la protection nécessaire des patients dans le cas des données cliniques. Ou bien l'attente d'un « retour sur investissement », car lancer une étude coûte cher et implique des financements divers. Ou encore, la peur d'être doublé par des concurrents.

A cela, les hackers répondent qu'il est possible de fixer des délais avant de partager et critiquent aussi les « rentes » que certains se constituent en exigeant d'être auteurs sur des articles utilisant leurs données. « La neuro-imagerie est à un tournant », insiste Michael Milham, confiant dans la nouvelle génération, qu'il voit plus ouverte. Sans compter que de grandes agences de financement aux Etats-Unis poussent dans ce sens. ■

Se repérer dans le cerveau

La conférence Brainhack a été l'occasion pour le laboratoire d'imagerie fonctionnelle (Inserm/UPMC) de la Pitié-Salpêtrière (Paris) de lancer officiellement l'outil en ligne LinkRbrain (linkrbrain.org). Il permet, comme d'autres logiciels, de visualiser ses propres données d'IRM, en deux ou trois dimensions. Surtout, il autorise des comparaisons avec toutes celles de la littérature scientifique, dont les résultats ont été extraits automatiquement par le logiciel. Sur l'écran apparaissent les recouvrements et les liens entre près de 300 tâches cognitives différentes (motricité, récompense, intention, audition, attention...). De quoi rapidement élaborer de nouvelles hypothèses et imaginer les études pour les confirmer. Brainhack a été l'occasion d'améliorer l'outil et d'envisager un développement informatique permettant d'intégrer LinkRbrain directement dans un logiciel d'analyse d'images très utilisé par la communauté, facilitant ainsi encore le travail.

Un lynx des Pyrénées fantomatique

Un naturaliste dit disposer d'indices de la présence du carnivore, sans convaincre les autorités

VIVIANE THIVENT

Qu'une espèce disparue resurgisse de temps à autre, surprise en flagrant délit d'existence, dans quelque contrée sauvage et lointaine, cela peut s'entendre. Mais qu'un phénomène similaire se produise en France, et ce, non pas avec un parasite microscopique ou un insecte mimétique, mais avec un grand carnivore, la chose est déjà plus surprenante. Et pourtant, c'est bien ce qui pourrait s'être passé avec le lynx dans les Pyrénées.

D'après l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), le lynx boréal a disparu du territoire hexagonal au XX^e siècle, les dernières dépouilles ayant été rapportées dans les années 1930. Réintroduite dans les années 1970 dans l'est de la France, l'espèce prospère désormais dans les Vosges, les Alpes ou le Jura. Mais pas dans les Pyrénées, où le lynx est

toujours considéré comme éteint. « Ce qui n'est pas le cas », a affirmé Christian Riols, lors des premières Rencontres naturalistes de l'Aude, qui se sont tenues en octobre à Carcassonne. *Le lynx est indéniablement présent dans les Pyrénées. Il pourraient même n'avoir jamais disparu de ce territoire.* » A l'appui de ses dires, des observations personnelles et des témoignages remontant, pour certains, aux années 1960, soit bien avant les premières campagnes de réintroduction.

Divorce

Naturaliste et ancien agent de l'Office national de la chasse, Christian Riols a beaucoup travaillé sur le régime alimentaire des carnivores. Envoyé dans l'Aude en 2001, il observe, en 2004, les empreintes d'un lynx adulte accompagné d'un jeune. En 2005, rebeloche, dans le même secteur, avec les traces d'un adulte. Il se pique alors au jeu : à chaque fois qu'il entend parler d'un lynx observé, il remonte la

rumeur et s'entretient avec les personnes ayant vu l'animal. « Ces individus sont de tout type : fonctionnaires, étudiants, chasseurs, naturalistes. Certains ont même vu des jeunes jouer pendant de longs moments, ce qui trahit la présence d'une population et non d'un individu isolé. »

Ce que l'ONCFS ne confirme pas : « Les quelques indices que nous possédons sont insuffisamment documentés. Seule la présence ponctuelle d'un individu a été attestée par une photographie prise dans l'Aude, en 2012, aux environs de Narbonne, sans autres éléments récurrents, ni possibilité de connaître l'origine de l'animal », explique Pierre-Emmanuel Briaudet, du réseau loup-lynx de l'ONCFS pour la région Rhône-Alpes. « Dans les Pyrénées, nous avons près de 80 correspondants formés à la reconnaissance des traces de loup et de lynx », complète Alain Bataille, qui s'occupe du réseau sur les Pyrénées. Chaque hiver, nous leur proposons des itinéraires à parcourir et nous n'avons jamais rien trou-

vé. » Ni traces, ni crottes, ni carcasses.

« S'il y a des preuves plus étayées de présence, pourquoi ne nous transmet-on pas les données ? », s'étonne Alain Bataille. « Parce que ces informations ne doivent pas tomber entre de mauvaises mains », confie Christian Riols. Une réaction surprenante, qui trahit le divorce à l'œuvre entre le réseau loup-lynx de l'ONCFS et la communauté des naturalistes.

Le 2 octobre, Ferus, l'association pour la conservation de l'ours, du loup et du lynx, demandait à tous ses adhérents de ne plus transmettre les données d'observation au réseau loup-lynx, la crainte étant que ces informations soient utilisées pour localiser et abattre les prédateurs.

Pourtant, en l'état, seul un partage des données, voire une étude menée en bonne et due forme, pourraient permettre de confirmer ou non la présence dans les Pyrénées de lynx, voire de la dernière population relicte de lynx d'Europe de l'Ouest. ■

TÉLESCOPE

Zoologie

Le mouvement de la queue du chien, outil de communication ?



En 2007, une équipe italienne avait montré que la latéralité du mouvement de la queue du chien correspondait à l'activité de l'hémisphère cérébral opposé, et à son « état d'esprit » : lorsque son maître bien-aimé apparaissait, l'animal balançait son appendice caudal plus vers la droite, alors que confronté à un congénère agressif, c'était vers la gauche. Giorgio Vallortigara (université de Trente) est allé plus loin en projetant à 43 chiens des vidéos de silhouettes de canidés agitant la queue d'un côté ou de l'autre et en mesurant leur activité physiologique. Ils ont constaté que la vue d'un congénère battant la queue vers la gauche entraînait une augmentation du rythme cardiaque et des signes caractéristiques d'un stress, alors que ces réactions étaient absentes dans le cas contraire. Le mouvement de la queue pourrait donc être un mode de communication chez cet animal.

(PHOTO: SINISCALCHI ET AL.)

» **Siniscalchi et al., « Current Biology » du 31 octobre.**

9,7

C'est l'âge moyen du début de la puberté chez les filles blanches et asiatiques, selon une étude portant sur 1 239 jeunes américaines, publiée le 4 novembre en ligne dans *Pediatrics*. Le développement des seins – premier signe de la puberté – débute encore plus tôt chez les filles d'origine africaine (8,8 ans) ou hispanique (9,3 ans). Le rajeunissement de la maturité sexuelle (quatre mois chez les « Caucasiennes » depuis 1997) est en relation avec l'épidémie de surpoids et d'obésité infantile, soulignent les auteurs.

Astrophysique

Toujours aucune trace de particules de matière noire

L'expérience internationale LUX, installée aux Etats-Unis à 1 480 mètres sous la surface du sol, a annoncé, le 30 octobre, ne pas avoir découvert de particules de matière noire après trois mois de fonctionnement. Cette hypothétique matière représente plus du quart du contenu de l'Univers mais sa nature reste, pour l'instant, inconnue. De nombreux détecteurs comme LUX essaient de repérer en leur sein le passage d'une particule de matière noire. Trois d'entre eux, DAMA, CDMS ou Cogent, ont annoncé des événements suspects, pouvant correspondre à de la matière noire, mais les derniers résultats de LUX, basés sur l'analyse de plus de 100 kilogrammes de xénon liquide, ne confirment pas ces conclusions. Toute la plage de masse possible pour ces particules n'ayant pas été balayée, chaque expérience a des plans pour augmenter encore sa sensibilité.

» **Akerib et al., arxiv.org/abs/1310.8214.**

Médecine

Vaccin anti-papillomavirus : et si une seule dose suffisait ?

La prévention des cancers du col de l'utérus par des vaccins dirigés contre des papillomavirus humains (HPV) nécessite officiellement trois doses. Mais une étude menée au Costa Rica avec l'un des deux produits disponibles, le Cervarix, conclut qu'au bout de quatre ans, l'efficacité vaccinale est comparable, que les femmes aient reçu une, deux ou les trois doses recommandées. « Ces résultats remettent en cause les recommandations actuelles selon lesquelles le vaccin anti-HPV nécessite plusieurs doses pour générer une réponse immunitaire durable », estiment les auteurs, qui voient là une ouverture pour mener des campagnes de prévention simplifiées et moins coûteuses, notamment dans les pays en voie de développement. En France, le prix de la dose est d'environ 120 euros, remboursé à 65 % par l'Assurance-maladie.

» **Safaeian et al., « Cancer Prevention Research », novembre.**

Wallace, père de la biogéographie

HISTOIRE DES SCIENCES

Le nom d'Alfred Russel Wallace est à jamais associé à la théorie de l'évolution et à la codécouverte de la sélection naturelle, en 1858. Mais le centenaire de la mort de ce naturaliste de génie est aussi l'occasion de rappeler qu'il fonda la biogéographie moderne, en montrant que la spéciation était une conséquence de la dispersion des populations et un reflet de leur histoire évolutive

LAURENT BRASIER

Le 7 novembre 1913 disparaissait un des esprits scientifiques les plus brillants de son temps, le naturaliste anglais Alfred Russel Wallace (1823-1913), codécouvreur du principe de la sélection naturelle. Longtemps plongé dans l'ombre de son illustre ainé, Charles Darwin (1809-1882), son œuvre, d'une exceptionnelle ampleur, commence à être redécouverte, notamment en France.

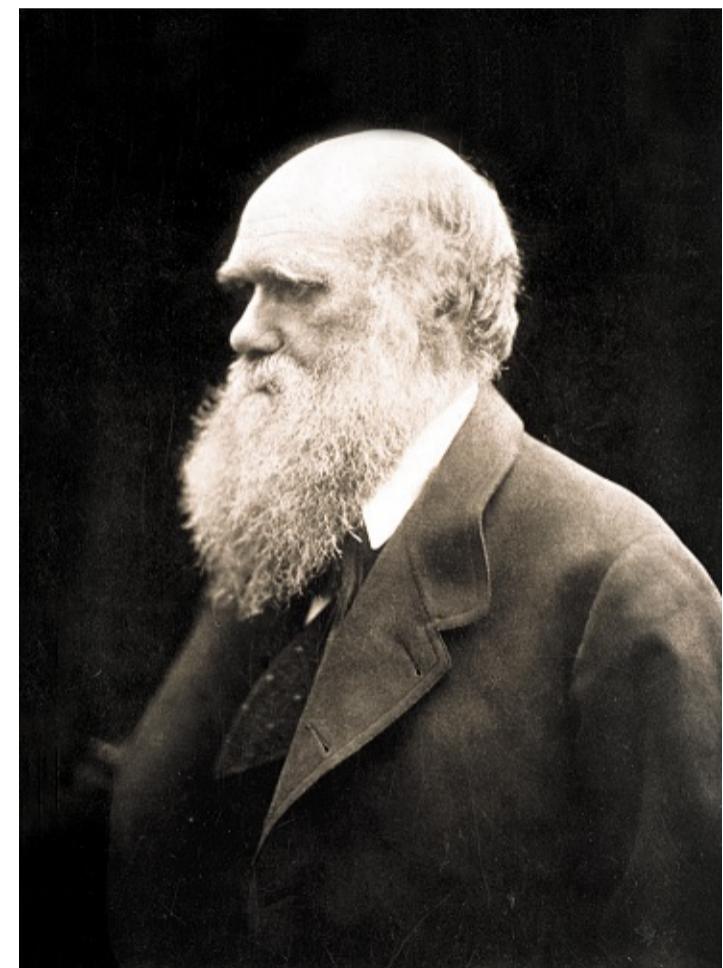
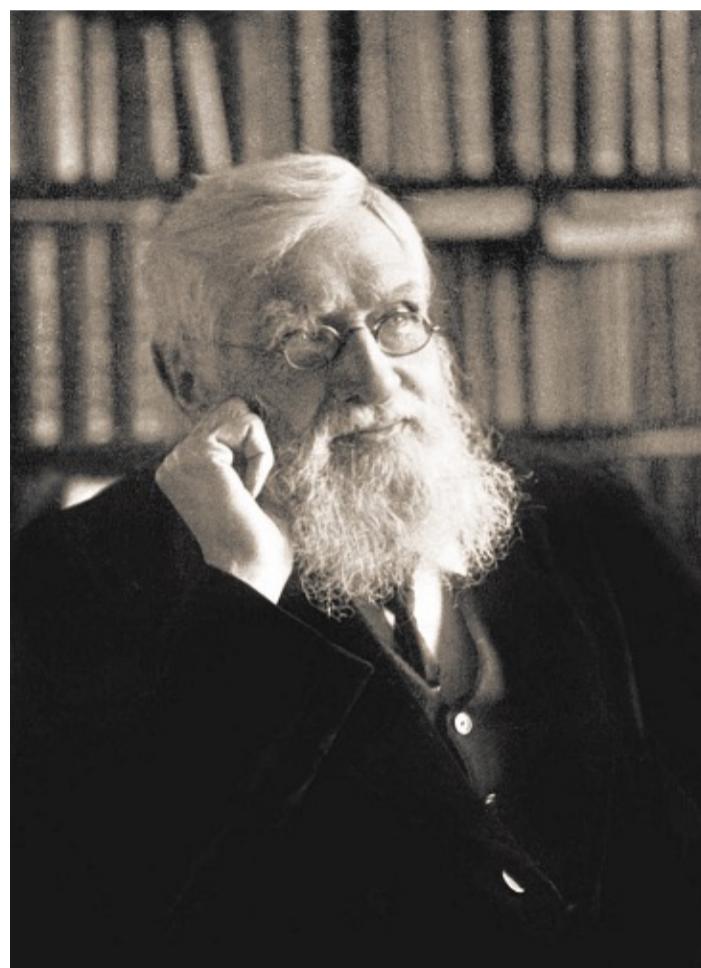
N'eût été la sélection naturelle, Wallace demeurerait comme l'un des premiers savants à avoir tenté de décrire le monde naturel dans un contexte évolutionniste et l'un des très grands noms dans l'histoire d'un champ interdisciplinaire à la source de nombreuses problématiques actuelles en matière de biodiversité ou d'écologie, la biogéographie – c'est-à-dire l'étude de la distribution géographique des êtres vivants et de son histoire.

Dans un des ouvrages qu'il lui consacra (*Island Life*, 1880), Wallace énonça en termes très simples l'objet de la biogéographie : expliquer pourquoi des organismes « sont là et d'autres ne sont pas là ».

Ce n'est qu'au XIX^e siècle que les naturalistes commencèrent un inventaire suffisamment complet des faunes et des flores de la planète pour que puissent être observées de grandes tendances dans leur répartition – des « motifs » représentables sur des cartes, dénommés « zones biogéographiques », ou « écozones », selon la terminologie actuelle. Wallace fut l'un de ces pionniers.

Biogéographe lui-même et professeur à la Western Kentucky University, Charles H. Smith œuvre à la « réhabilitation » du naturaliste anglais, auquel il consacre une étude. Pour lui, « Wallace est le véritable "père" de la biogéographie, tout au moins de la biogéographie historique » (la branche qui analyse l'histoire du peuplement, à travers l'histoire géologique du globe et la systématique phylogénétique). « Il a développé les méthodes d'étude utilisées dans la discipline et incorporé la théorie cruciale de la sélection naturelle. Certaines de ses idées sont toujours bien vivantes dans la biogéographie moderne. »

Pour preuve, la parution dans *Science*, en janvier, d'une nouvelle carte mondiale des vertébrés, élaborée à partir de don-



nées sur la distribution et les relations phylogénétiques de 21037 espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères. Un travail qui met à jour la carte publiée par Wallace, en 1876, dans l'ouvrage *The Geographical Distribution of Animals*, qui a façonné notre vision du monde vivant jusqu'à aujourd'hui (elle est encore à la base de la répartition du monde en « écorégions » du Fonds mondial pour la nature – WWF –, par exemple).

A nouvelles données, nouvelle carte et nouvelles zones biogéographiques : « Wallace avait divisé le monde en six grands "royaumes" biogéographiques, nous en obtenons onze », explique Jean-Philippe Lessard, du Centre de la science de la biodiversité du Québec, l'un des auteurs. « Sur le plan pratique, cela oriente les travaux comparatifs en matière de diversité et de conservation », poursuit le chercheur. La région panaméenne (Amérique centrale et Caraïbe), par exemple, est désormais une région en soi, biologiquement dissociée de l'Amérique du Sud et pouvant faire l'objet d'une politique de conservation distincte.

« Nous pouvons aussi songer à préserver les espèces non plus seulement en fonction de leur rareté, mais en nous assurant que nous préservons le tronc de l'arbre de la vie », complète Jean-Philippe Lessard. « Si les monotremes disparaissent, par exemple, ce ne sont pas seulement quelques espèces rares qui s'éteindront, mais des espèces qui représentent plusieurs millions d'années d'histoire évolutive du vivant. » Certains organismes intègrent déjà cette vue, comme le programme EDGE of Existence, initiative de conservation ciblant spécifiquement les espèces menacées représentant une part significative de notre histoire évolutive.

Wallace ne disposait ni des données, ni des outils informatiques et statistiques, ni des concepts nécessaires en biologie et en géologie (systématique phylogénétique, tectonique des plaques) pour parvenir à de tels résultats. Mais, sur le plan conceptuel, Jean-Philippe Lessard estime que cette nouvelle carte des vertébrés rejoint sa

démarche : « Plutôt que de se focaliser sur les espèces, Wallace a basé ses travaux sur la distribution des familles et des genres, en tenant compte des hiérarchies taxonomiques. C'est ainsi qu'il est parvenu à délimiter des régions qui reflétaient les relations ancestrales entre les groupes d'animaux, ce qui est en quelque sorte l'équivalent d'une approche phylogénétique. »

Wallace pensait que les faunes avaient des parentés véritables, déterminables grâce aux parentés biogéographiques, et que ces parentés reflétaient l'histoire de

« Wallace a développé les méthodes d'étude utilisées dans la biogéographie et incorporé la théorie cruciale de la sélection naturelle »

CHARLES H. SMITH
biogéographe, professeur
(Western Kentucky University)

l'arbre de la vie. Il fut le premier à ainsi lier la théorie de l'évolution à l'étude de la répartition des espèces, accordant autant d'importance aux fossiles qu'aux animaux actuels. Il sélectionna les genres comme unités plutôt que les espèces, car ces dernières étaient trop nombreuses et « représent[ai]ent les modifications les plus récentes de la forme ».

Il préféra aussi s'en tenir aux mammifères, parce que leur large répartition dépendait essentiellement de celle des terres plutôt que d'accidents, et parce qu'ils étaient mieux classifiés et bien représentés dans les archives fossiles. Ces choix méthodologiques dominèrent la biogéographie jusqu'au milieu des années 1960.

Mais comment, à son époque, Wallace en vint-il, d'une part, à récolter suffisamment de données pour estimer de façon principalement statistique l'importance relative des différents groupes d'animaux et, d'autre part, à imbriquer si étroitement l'étude de la dispersion et l'évolution des espèces par le biais de la sélection naturelle ?

Il emprunta l'idée des grandes régions biogéographiques à Philip Lutley Sclater (1829-1913), qui venait d'effectuer une séparation du monde en six régions zoologiques pour les oiseaux (1858). Sa boussole de lecture et sa prodigieuse mémoire lui permirent ensuite d'acquérir une connaissance encyclopédique des faunes de toutes les parties du globe. Mais, pour deux d'entre elles, il utilisa les données qu'il avait lui-même recueillies.

En 1848, âgé de 25 ans, il convainquit son ami, l'entomologiste Henry Walter Bates (1825-1892), son initiateur en matière de collecte d'insectes, de partir pour le bassin amazonien. A la différence de Darwin, dix-sept ans plus tôt, Wallace embarqua pour son premier grand voyage naturaliste avec l'idée que les espèces apparaissaient par le moyen de lois naturelles. Mais « penser qu'il avait pour objectif de confronter cette hypothèse avec des données de terrain est un peu idéaliste », estime Jean Gayon, philosophe et historien des sciences. « Il avait à gagner sa vie, c'était avant tout un voyage d'exploration destiné à collecter des spécimens zoologiques pour pouvoir les vendre aux muséums et aux riches amateurs. »

Dans la relation de ce premier voyage, Wallace montra que la dispersion des espèces et des variétés dans les bras de l'Amazonie était fonction des obstacles géographiques. Malheureusement, la plupart de ces spécimens et de ses carnets de notes ayant été perdus dans le naufrage du bateau qui le ramenait en Angleterre, le manque de références techniques fit que ce premier livre fut peu prisé.

En 1854, Wallace obtint l'aide de la Royal Geographic Society pour se rendre, cette fois, dans l'archipel malais, partiellement

Chronologie

8 janvier 1823 Naissance d'Alfred Russel Wallace à Usk, Monmouthshire (Pays de Galles).

Décembre 1836 Il quitte l'école à l'âge de 13 ans.

Avril 1848 - octobre 1852 Expédition en Amazonie.

Février 1854 - avril 1862 Expédition en Malaisie.

1^{er} juillet 1858 Présentation publique commune du principe de sélection naturelle codécouvert par Darwin et Wallace.

1865 - 1869 Conversion au spiritualisme.

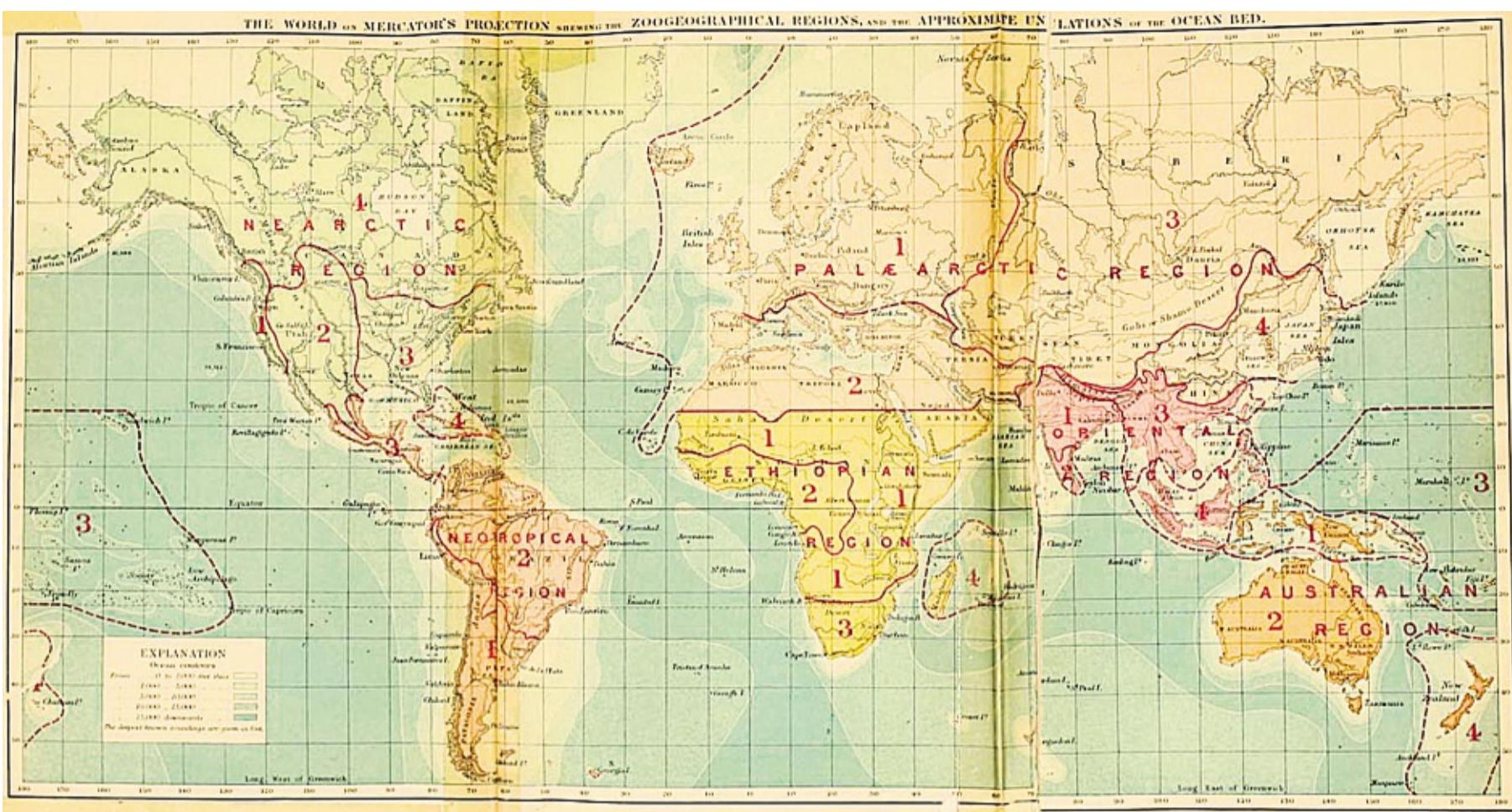
1876 - 1878 - 1880 Publications sur la biogéographie : *The Geographical Distribution of Animals*, *Tropical Nature and Other Essays*, *Island Life*.

1882 Mort de Charles Darwin.

7 novembre 1913 Mort à Broadstone, Dorset.

Alfred Russel Wallace (à gauche) et Charles Darwin.

MARY EVANS/RUE DES ARCHIVES, HERITAGE IMAGES/LEEMAGE



Carte tirée de « The Geographical Distribution of Animals » (1876), où Wallace distinguait six grandes régions.

WALLACE ONLINE

Nouvelle carte des royaumes terrestres zoogéographiques 2013



SOURCE : SCIENCE JOURNAL AAAS

inexploré et fort dangereux (une dizaine d'explorateurs y avaient laissé leur peau entre 1821 et 1851). Il y resta huit ans, parcourant 14 000 milles (près de 25 000 km), visitant des dizaines d'îles et collectant 125 660 spécimens d'animaux qu'il put monnayer, cette fois.

Remarquable naturaliste de terrain, extrêmement attentif et méticuleux, il put déceler de très petites différences et les corrélérer aux lieux où il les observait. « C'est grâce à ces nombreuses années passées à observer la faune sur l'archipel malais qu'il put effectuer une très belle découverte à son époque : une discontinuité géographique dans la composition de la faune entre l'Asie et l'Australie, qui fut nommée en son honneur "ligne Wallace", rappelle Jean Gayon.

Ses observations biogéographiques en Insulinde furent aussi capitales dans sa découverte du principe de la sélection naturelle. Il rédigea, lors de son séjour, trois articles se rapportant à « la succession des espèces ». Dans le premier (septembre 1855), il écrivait que « chaque espèce a pris naissance en coïncidence géographique et géologique avec une autre espèce étroitement alliée et préexistante », mais ne disait mot du mécanisme en cause. A mille lieues de se douter que Wallace marchait dans ses pas, Darwin eut ce commentaire : « *Lois de distribution géographique. Rien de très neuf* ».

Seulement trois ans plus tard, dans son troisième article, rédigé à Ternate, Wallace avait réorganisé ses idées et fut en mesure de proposer un mécanisme de transformation des espèces, la sélection naturelle, ce qui poussa Darwin à rédiger *L'Origine des espèces* en toute hâte.

Darwin affirma toujours que le principe de Wallace était identique à celui que

lui-même proposait. Pour Jean Gayon, ils divergent tout de même sur quelques points : « *Wallace récuse toute analogie avec la sélection artificielle, alors qu'elle est fondamentale pour Darwin. Darwin insiste aussi beaucoup sur le fait que la sélection naturelle est un processus de tri entre des différences héréditaires individuelles. Chez Wallace, c'est plus compliqué : la sélection naturelle s'applique, plus que chez Darwin, aussi aux groupes.* » Mais c'est sur la place de l'homme dans l'évolution que le désaccord le plus sérieux doit être souligné.

Dès 1838, Darwin était persuadé que la sélection naturelle pouvait rendre compte de l'apparition et de l'évolution de l'espèce humaine – mais il écarta délibérément le sujet jusqu'à la publication de *La Filiation de l'homme*, en 1871. C'est Wallace qui, le premier, appliqua la théorie de la sélection naturelle à l'homme dans une communication retentissante don-

née en 1864, avant d'opérer un brusque revirement.

En 1869, il annonça finalement vouloir limiter la portée de la sélection naturelle dans le cas de l'homme. L'un de ses principaux arguments était que les hommes préhistoriques (et les « sauvages ») : il avait recueilli de nombreuses données ethnographiques lors de ses expéditions) possédaient un cerveau disproportionné par rapport à leurs besoins, en contradiction flagrante avec le fait que la sélection naturelle fonctionne selon un principe d'utilité immédiate. « *L'homme est descendu d'une forme animale inférieure, mais (...) a été modifié d'une manière spéciale par une autre force dont l'action s'est ajoutée à celle de la sélection naturelle* », écrivit-il.

Sa motivation semblait s'encrasser dans sa conversion aux phénomènes spirituels qui subjuguaien ses contemporains. Cette force supplémentaire, mal définie, oscillait entre les « esprits » et une intelli-

gence directrice supérieure, guidant l'apparition de nos capacités mentales et morales supérieures. Pour Darwin, c'était une défection regrettable au sein du camp évolutionniste. Amer, il écrivit à Wallace : « *J'espère que vous n'avez pas trop complètement votre enfant et le mien.* »

Mais la démarche de Wallace, pour singulière qu'elle fut, avait à ses yeux une certaine cohérence – et relevait pour lui de la méthode scientifique. C'était l'échec de la sélection naturelle à tout expliquer qui l'avait poussé à postuler des forces relevant de lois naturelles encore inconnues. C'étaient donc les mêmes indices, qu'en bon biogéographe il s'était acharné à amasser des années durant en Amazone puis dans l'archipel malais, qui, après lui avoir permis de découvrir indépendamment le principe de sélection naturelle, allaient l'écartier de Darwin et projeter son œuvre dans l'ombre durable de son ainé. ■

Un engagé sur tous les fronts

Sur Internet, la page que lui consacre Charles Smith (Western Kentucky University) recense plus de 1 000 écrits publiés par Alfred Russel Wallace. Cette œuvre considérable et protéiforme constitue un défi pour ses biographies, car le naturaliste anglais a poursuivi la vérité dans des champs extrêmement variés, donnant lieu souvent à d'importantes conclusions scientifiques, mais prêtant aussi parfois le flanc à la critique et à la caricature.

Codécouvreur du principe de la sélection naturelle et père de la biogéographie, Wallace a non seulement multiplié les incursions scientifiques (exobiologie, astrophysique, géologie, glaciologie...) mais aussi pris position sur les sujets économiques, sociaux ou politiques de son temps.

Il a ainsi critiqué l'étalement, œuvre pour reprendre des terres aux grands propriétaires, prôné l'abolition de la succession, plaidé pour une politique éducative et culturelle au service de tous, soutenu le droit de vote des femmes ou l'autonomie de l'Irlande, ou milité pour la conservation des espèces et des paysages.

A l'aune des connaissances actuelles, certains de ses combats semblent peu clairvoyants, mais il convient d'y regarder de plus près. C'est le cas de sa lutte farouche contre les campagnes de vaccination obligatoire – qu'il fonde sur des bases statistiques sérieuses démontrant leur trop forte légalité. Et, bien sûr, de son adhésion fervente au « spiritualisme » – qui, de son temps, était une question scientifiquement ouverte et qu'il abordait avec une attitude de positivisme et scientifique.

« Politiquement incorrect »

Cette ouverture aux idées nouvelles aurait-elle pu faciliter son adhésion aux idées évolutionnistes ? C'est aller vite en besogne, selon Jacques Reisse, auteur d'une biographie de Wallace : « *C'est un homme très tôt sensible aux injustices sociales, mais je crois que ça s'arrête là, ça ne joue pas dans son adhésion à l'évolutionnisme, qui était de toute façon dans l'air du temps.* »

Il est en revanche certain que les idées de Wallace lui ont valu quelques déboires. De son vivant, tout d'abord, car contrairement aux naturalistes de son temps, Wallace n'était ni clerc, ni rentier, et il espéra toute sa vie, en vain, des appontements d'institutions savantes. « *Ça lui a compliqué la vie* », estime Jacques Reisse. « *Il a postulé à un certain nombre de postes qu'il n'a pas obtenus. Quand il a fini par recevoir, sur le tard, une pension de 200 livres, il a été lui-même le premier étonné.* »

Après sa mort, ensuite, car elles expliquent sans doute pour partie l'anonymat auquel il fut longtemps condamné : « *Il est tombé dans l'oubli parce qu'il sentait un peu le soufre* », reconnaît Jacques Reisse. « *Il était politiquement incorrect, antimilitariste, anticapitaliste et, pire que tout, il croyait au spiritualisme. C'est très injuste. C'était un immense personnage. Qui croyait aux fantômes, certes, mais il n'était pas le seul !* » ■

LA.B.

Darwin a-t-il brûlé la politesse à Wallace ?

A lors qu'il progresse lentement dans la rédaction de son grand livre sur les espèces, Darwin reçoit, le 18 juin 1858, un courrier en provenance de l'archipel malais. La missive contient une courte lettre qui lui est destinée ainsi qu'un essai intitulé *De la tendance des variétés à s'écartier indéfiniment du type primitif*. Darwin est pétriifié : ce qu'il lit synthétise ses propres réflexions sur la sélection naturelle, qu'il développe depuis vingt ans sans les publier ! Alfred Russel Wallace vient de lui couper l'herbe sous le pied.

Darwin laisse à deux de ses plus proches amis, le géologue Charles Lyell (1797-1875) et le botaniste Joseph Hooker (1814-1879), le soin de trouver une issue à cette situation embarrassante. Le 1^{er} juillet 1858, se tient une réunion

extraordinaire de la Société linnéenne de Londres, lors de laquelle sont présentées deux ébauches inédites sur la sélection naturelle rédigées par Darwin en 1844 et 1857, ainsi que l'essai de Wallace.

Déflagration

Cette lecture par ordre chronologique met en valeur l'antériorité de la découverte de Darwin. Ce dernier est absent (l'un de ses enfants vient de mourir), Wallace est à l'autre bout du monde (il n'apprend ce qui s'est passé par Hooker qu'en octobre).

Par ce « délicat arrangement », Lyell et Hooker ont-ils volé la priorité de la divulgation publique de la théorie de la sélection naturelle ? Wallace regrettera, à plusieurs reprises, de n'avoir pu procéder à la relecture d'un essai qu'il ne destinait pas à la publication.

Pour autant, il se trouve dans l'ensemble très satisfait d'être ainsi élevé d'un coup aux rangs des meilleurs théoriciens de l'histoire naturelle, ainsi qu'il l'écrit à sa mère : « *J'ai envoyé à Mr Darwin un essai traitant d'un sujet auquel il consacre actuellement une œuvre majeure. Il l'a montré au Dr Hooker et à Sir Charles Lyell, qui en ont pensé tant de bien qu'ils l'ont aussitôt lu devant la Société linnéenne. Je suis désormais certain de pouvoir compenser sur l'amitié et le soutien de ces hommes éminents une fois rentré au pays.* »

Chacun trouve son compte. De son côté, Darwin est considérablement aiguillonné dans son travail et poussé à en rédiger un résumé à marche forcée : ce sera *L'Origine des espèces*, publié le 24 novembre 1859. Alors que la communication de 1858 n'avait pas provoqué

d'émotion dans le monde scientifique, l'ouvrage est une déflagration dans l'histoire des idées.

À la lecture, Wallace écrit : « *Je m'estime heureux qu'il ne m'ait pas incomblé de rendre publique cette théorie. Mr Darwin a créé une nouvelle science et une nouvelle philosophie, et je crois que c'est la toute première fois qu'une nouvelle branche du savoir humain est attribuable aux labours et aux recherches d'un seul homme.* »

On ne saurait montrer plus clairement combien Wallace était loin de disputer à son ainé une quelconque priorité. Il fut, au contraire, le premier à reconnaître sa supériorité comme théoricien et l'un des plus farouches défenseurs du darwinisme. ■

LA.B.

Hawking, l'homme derrière l'icône

LE LIVRE

Dans son autobiographie, le physicien britannique au corps meurtri par la maladie dévoile une part de son mystère

HERVÉ MORIN

Sa figure nourrit le stéréotype du savant désincarné, du pur esprit capable de dévoiler les règles sous-jacentes de l'Univers par le seul pouvoir de sa pensée. Né pile trois siècles après la mort de Galilée, nommé en 1980 à la chaire lucasienne de mathématiques de l'université de Cambridge, celle d'Isaac Newton, il a apporté à la science, comme ces illustres aînés, des contributions majeures. Auteur d'un best-seller vendu à 10 millions d'exemplaires, il est devenu une sorte de « pop star scientifique » : on l'a vu flotter en apesanteur dans un avion « zéro-g » de la NASA, apparaître dans le dessin animé « Les Simpson », dans les séries « Star Trek » ou « The Big Bang Theory ». Un film sur sa relation avec sa première femme est en cours de tournage en Grande-Bretagne, où un jeune acteur, gravure de mode, prend sa place dans le fauteuil roulant où il est cloué depuis bientôt cinquante ans.

L'icône qu'est devenu Stephen Hawking – c'est de lui qu'il s'agit –, en partie du fait de la maladie de Charcot diagnostiquée alors qu'il débutait sa carrière scientifique, s'efface-t-elle derrière l'homme à la lecture de son autobiographie, écrite au rythme de trois mots par minute grâce aux prothèses électroniques qui lui permettent de s'exprimer ?

Pour partie, car Hawking fait preuve d'un sens de l'humour aussi explosif pour les institutions scientifiques qu'il a fréquentées que décapant vis-à-vis de sa propre place dans ce dispositif. Mais aussi parce qu'il évoque avec tact, mais sans voiler les choses, une partie de son intimité.

Stephen Hawking a grandi dans le nord de Londres, dans un quartier peuplé d'intellectuels – une tribu, note-t-il plaisamment, que les Anglais n'ont jamais identifiée comme telle en leur sein. Fasciné d'abord par les trains miniatures, il invente plein de machines et de jeux aux règles complexes. Le plus fécond, entrepris en cosmologie pendant sa thèse, concerneira finalement l'Univers : « Si vous comprenez comment [il] marche, vous le maîtrisez, en un sens. »

On n'en saura guère plus – mais c'est déjà beaucoup – sur l'origine de cette quête quasi existentielle, si ce n'est qu'elle sera dopée par la surveillance de la maladie alors qu'il a 20 ans à peine. Le jeune boursier habile à endosser les codes de l'élite universitaire britannique – en faire le moins possible, « socialiser » par le sport (l'aviron) – prend conscience que la vie est courte, et plus encore dans son cas. Il se met à travailler « pour la première fois de sa vie », et cela lui plaît.

Hawking décrit fort bien la nature parfois idéologique et religieuse des modes et débats qui façonnent la cosmologie, cette science des origines. Il dit avoir hésité, lui l'athée, à invoquer le nom de Dieu en clôture de sa *Brève Histoire du temps* (Flammarion 1989), ce qui lui est parfois reproché : s'il ne l'avait pas fait, « peut-être les ventes auraient-elles été réduites de moitié », admet-il.

Le physicien évoque ses contributions scientifiques, ses paris scientifiques perdus, mais sa veine vulgarisatrice semble parfois moins inspirée. On se référera donc avec profit au dossier que lui consacre *La Recherche* de novembre, qui décrit aussi comment le génie au fauteuil a été scientifiquement actif parce qu'il n'était pas solitaire. ■

La Brève Histoire de ma vie, de Stephen Hawking (Flammarion, 180 p., 16,90 €).

Agenda

Forum

« Que reste-t-il à découvrir ? »

Le CNRS organise à la Sorbonne, du 14 au 16 novembre, des rencontres scientifiques, intitulées « Les fondamentales » qui ont pour thème « Que reste-t-il à découvrir ? ». Ce forum, dont *Le Monde* est partenaire, rassemblera une centaine de chercheurs sur des thématiques aussi divers que l'origine de la vie, les nano-objets, les phénomènes migratoires, les énergies de demain ou les maladies émergentes.

► **Programme et inscription obligatoire :**
<http://lesfondamentales.cnrs.fr>



IMPROBABOLOGIE

Pierre Barthélémy

Journaliste et blogueur
(Passeurdesciences.blog.lemonde.fr)

(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Cette chronique s'est, par le passé, demandé à quelle vitesse la Mort marchait. C'est aujourd'hui au tour de l'Amour, grâce à une étude américaine publiée le 23 octobre par la revue *PLoS One*. A vrai dire, les chercheuses

qui ont écrit l'article, deux biologistes américaines de l'université de Seattle, avaient au départ d'autres considérations en tête. Leurs recherches sont en effet consacrées aux dépenses énergétiques du corps humain et à la façon dont nous gérons les différents postes de notre budget calories.

En la matière, tout est affaire de compromis, surtout pour la femme, car les tâches reproductrices représentent pour elle un énorme investissement en énergie : préparation tous les mois d'un petit nid douillet pour le futur embryon (que celui-ci vienne ou pas), neuf mois de grossesse, un allaitement, vingt-cinq ans minimum de « allez, m'man, s'te plaît, dis oui... » à subir et de « demande à ton père » à répondre.

On comprend mieux pourquoi Mme *Homo sapiens* a besoin de toutes ses forces et aussi pourquoi sa fertilité baisse – et l'écart entre les naissances augmente – quand la balance énergétique est en dette. C'est notamment le cas lorsque les individus doivent parcourir de longues distances. Dix kilomètres à pied, ça use les souliers mais ça puise aussi dans les réserves. On sait que la marche

humaine est un excellent compromis entre coût et vitesse, mais à condition que l'on se déplace à sa vitesse optimale. S'en écarter, vers le haut ou vers le bas, entraîne un surcroît énergétique (eh oui, lambiner et se dépêcher ont les mêmes effets).

Or il n'a échappé à personne que l'espèce humaine est frappée de dimorphisme sexuel. Les mâles sont plus grands, plus massifs, ont des jambes plus longues et leurs plus véloces spécimens courrent le 100 mètres en moins de dix secondes. Ces messieurs marchent en général plus vite que ces dames. Que se passe-t-il donc, se demandent Françoise Hardy et les auteurs de cette étude, quand « les garçons et les filles de mon âge se promènent dans la rue deux par deux » ?

Grave question. Impossible que tout le monde marche à la vitesse optimale. Qui fait des concessions ? Monsieur ralentit-il, madame presse-t-elle le pas ou bien a-t-on un compromis entre les deux ?

Pour le savoir, expérience a été menée avec des couples, dont les membres marchaient, chronométrés, sur une piste de stade, soit seuls, soit ensemble sans se toucher, soit

main dans la main, soit accompagnés d'un(e) ami(e) du même sexe, soit d'un(e) ami(e) du sexe opposé. Ce par tous les temps, du 1,7 °C neigeux au 31,1 °C ensoleillé.

Les résultats ont tout d'abord établi que la vitesse optimale des hommes s'élevait à 5,51 km/h tandis que les femmes marchaient à 5,18 km/h. Et lorsque le couple déambulait le long du stade, monsieur s'adaptait au rythme de madame, qui n'accélérerait pas d'un iota. En revanche, si l'homme était accompagné non plus de sa compagne mais d'une simple amie, plus question de se laisser mettre au pas. Chacun versait son écot avec une vitesse de 5,33 km/h.

Pour les biologistes, il y a une logique à ce que les mâles paient la taxe sur la vitesse : le système reproducteur féminin est bien plus sensible aux perturbations énergétiques que le masculin, qui continuera sans souci de produire ses spermatozoïdes. Cette accommodation de la vitesse de la marche peut donc être interprétée comme une manière inconsciente de protéger la fertilité féminine. Un nouveau nom pour la galanterie ? ■

La femme met son compagnon au pas

qui ont écrit l'article, deux biologistes américaines de l'université de Seattle, avaient au départ d'autres considérations en tête. Leurs recherches sont en effet consacrées aux dépenses énergétiques du corps humain et à la façon dont nous gérons les différents postes de notre budget calories.

En la matière, tout est affaire de compromis, surtout pour la femme, car les tâches reproductrices représentent pour elle un énorme investissement en énergie : préparation tous les mois d'un petit nid douillet pour le futur embryon (que celui-ci vienne ou pas), neuf mois de grossesse, un allaitement, vingt-cinq ans minimum de « allez, m'man, s'te plaît, dis oui... » à subir et de « demande à ton père » à répondre.

On comprend mieux pourquoi Mme *Homo sapiens* a besoin de toutes ses forces et aussi pourquoi sa fertilité baisse – et l'écart entre les naissances augmente – quand la balance énergétique est en dette. C'est notamment le cas lorsque les individus doivent parcourir de longues distances. Dix kilomètres à pied, ça use les souliers mais ça puise aussi dans les réserves. On sait que la marche

humaine est un excellent compromis entre coût et vitesse, mais à condition que l'on se déplace à sa vitesse optimale. S'en écarter, vers le haut ou vers le bas, entraîne un surcroît énergétique (eh oui, lambiner et se dépêcher ont les mêmes effets).

Or il n'a échappé à personne que l'espèce humaine est frappée de dimorphisme sexuel. Les mâles sont plus grands, plus massifs, ont des jambes plus longues et leurs plus véloces spécimens courrent le 100 mètres en moins de dix secondes. Ces messieurs marchent en général plus vite que ces dames. Que se passe-t-il donc, se demandent Françoise Hardy et les auteurs de cette étude, quand « les garçons et les filles de mon âge se promènent dans la rue deux par deux » ?

Grave question. Impossible que tout le monde marche à la vitesse optimale. Qui fait des concessions ? Monsieur ralentit-il, madame presse-t-elle le pas ou bien a-t-on un compromis entre les deux ?

Pour le savoir, expérience a été menée avec des couples, dont les membres marchaient, chronométrés, sur une piste de stade, soit seuls, soit ensemble sans se toucher, soit



Une alchimiste au Muséum

La photographe Sarah Moon présente à la Grande Galerie de l'évolution, à Paris, sous le titre « Alchimies », une série d'une centaine d'images. « Taxidermisés, empaillets, embaumés, quoi qu'il en soit, vrais ou faux, morts ou vivants, clairs ou obscurs, d'hier ou d'aujourd'hui, en noir ou en couleurs, impres-

sionnés sur un cliché, j'expose au Musée d'histoire naturelle mes récits pas très naturels du minéral, du végétal et de l'animal », écrit-elle. L'exposition réunit des photos réalisées cet été au Muséum, et des tirages plus anciens. Renseignements : www.mnhn.fr. (PHOTOS : SARAH MOON)

Le marché, nouvel horizon de la science ?



LES COULISSES DE LA PAILLASSE

Marco Zito

Physicien des particules,
Commissariat à l'énergie atomique
et aux énergies alternatives

(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

A lors que nos collègues américains sont encore sous le choc du « shutdown », qui a fermé des semaines durant de nombreux laboratoires et retardé les programmes, les chercheurs européens pourraient avoir quelques raisons de se réjouir grâce au nouveau

programme de recherche et développement (R & D) de l'Union européenne, appelé « Horizon 2020 ». Il est doté d'un budget de 70,2 milliards d'euros pour la période 2014-2020, en augmentation conséquente par rapport au plan précédent, appelé plus sobrement « Programme-cadre 7 ».

Cette source de financement est souvent considérée comme une bouée de sauvetage face au déclin des budgets des organismes de recherche. Si on y regarde de plus près, néanmoins, plusieurs aspects de ce programme laissent dubitatif. Horizon 2020 est fondé, en effet, sur trois piliers : l'excellence scientifique, le leadership industriel et les défis sociaux.

Le premier comprend la recherche fondamentale et une grande partie de son budget est consacrée au Conseil européen de la recherche (ERC), très renforcé avec 12 milliards d'euros. L'ERC distribue des financements à des chercheurs individuels pour des projets d'une durée allant jusqu'à cinq ans. Le deuxième pilier est destiné à des partenariats public-privé, comme dans le secteur pharmaceutique ou l'aviation. Le troisième volet est destiné à financer la R & D

dans des défis sociaux tels que la santé ou l'énergie. Le tout est présenté comme une rupture avec le passé parce qu'il dotera l'Europe d'une vision stratégique dans ce secteur et par son approche « market-driven » (pilotée par le marché).

L'idéologie sous-jacente de ce plan est de rendre la science plus efficace en la réorganisant sur le modèle de l'économie de marché et en la couplant étroitement au système productif. Selon cette approche, les chercheurs devraient être mieux intégrés au cycle de recherche, développement et innovation, afin de rendre l'Europe plus performante et de faire repartir la croissance.

Une de mes lectures des vacances a été *How Markets Fail* (« Comment les marchés échouent », Farrar, Straus and Giroux, 2010), de John Cassidy. Une des thèses en est que le marché est loin d'être la panacée pour l'économie. En particulier, la connaissance fait partie de certains biens publics, « hors concurrence » et non exclusifs, aux propriétés étonnantes. C'est le cas, par exemple, des émissions de radio : le fait qu'une personne écoute une émission n'empêche pas quelqu'un d'autre de l'écouter.

ter à son tour. Ce type de bien, analysé en 1958 par l'économiste F. Bator, doit nécessairement être pris en charge par l'Etat : le confier au secteur privé conduirait à une sous-production dommageable pour la société tout entière. Cette analyse semble confirmée par les problèmes dans lesquels se débat actuellement l'industrie pharmaceutique, qui, malgré des profits conséquents, n'aurait pas trouvé un modèle économique viable pour développer de nouveaux médicaments.

Une analyse surprenante de l'auteur est qu'une bonne partie de l'actuel développement économique des Etats-Unis vient de la recherche militaire. Libérés des impératifs du profit à court terme, les scientifiques qui ont travaillé pour le secteur militaire ont créé nombre de technologies qui, aujourd'hui, constituent la base de la prospérité de ce pays. Une politique industrielle d'Etat qui ne dit pas son nom.

Face à ces considérations, on dirait que les décideurs de Bruxelles, qui rêvent d'un développement de la recherche fondé sur le marché, le profit et le court terme, ont plusieurs décennies, et une crise, de retard. ■

JÉRÔME GRENÈCHE

Nul autre que lui n'a su déchiffrer les comportements des grands singes pour proposer un regard objectif sur les sociétés humaines. Célèbre pour ses recherches sur les chimpanzés et les bonobos, dont il étudie la vie sociale depuis près de quarante ans, Frans de Waal remonte le fil de l'évolution de nos propres comportements. Après la politique, la compétition, la réconciliation et l'empathie, il s'interroge sur les prémisses du comportement éthique dans les sociétés de primates dans son nouvel ouvrage, *Le Bonobo, Dieu et nous* (Les liens qui libèrent, 362 p., 23,80 euros). Son objectif ? Dévoiler la face cachée de notre moralité, qu'il dépeint plus comme le fruit de l'évolution que comme un héritage de la religion.

Installé aux Etats-Unis depuis 1981 où il enseigne l'éthologie à l'université Emory, Frans de Waal livre une réflexion originale sur la moralité humaine. « Beaucoup d'Américains pensent que le sens moral vient de la religion. Mais il est bien plus ancien puisqu'il est ancré en profondeur dans notre héritage primaire », précise le primatologue qui a montré que les gestes de consolation des chimpanzés et des bonobos relevaient en réalité de l'empathie, une aptitude commune à tous les mammifères – à l'origine de notre moralité.

Membre de l'Académie des sciences aux Pays-Bas et aux Etats-Unis, Frans de Waal a mené une brillante carrière aux Pays-Bas, dont il est originaire, puis aux Etats-Unis dans plusieurs centres dédiés à l'étude des primates, dont celui de Yerkes près d'Atlanta, qu'il dirige depuis 1997. « C'est un chercheur incroyable qui a une capacité naturelle à comprendre les motivations des primates au-delà de leurs comportements », s'enthousiasme Darby Proctor, sa collègue qui sait à quel point l'éthologue néerlandais a contribué à la façon dont nous percevons les bonobos et les chimpanzés aujourd'hui.

A la fois psychologue théoricien et éthologue de terrain, « il est l'un des rares à avoir combiné vingt ans d'observations de la vie sociale de chimpanzés vivant en captivité ou dans la nature à des expériences qui valident scientifiquement ses idées », note Filippo Aureli, de l'université de Veracruz (Mexique). En tirant profit de ses observations de terrain pour évaluer les aptitudes sociales des grands singes dans des dispositifs expérimentaux adaptés aux primates captifs, Frans de Waal se distingue de primatologues rendus célèbres par leurs études menées en Afrique.

« Beaucoup d'Américains pensent que le sens moral vient de la religion. Mais il est bien plus ancien puisqu'il est ancré en profondeur dans notre héritage primaire »

que au cœur de l'habitat des chimpanzés pour Jane Goodall, et des gorilles pour Dian Fossey.

D'une énergie à toute épreuve, à 65 ans, il fait figure d'exception parmi les primatologues. Car il a été l'un des premiers à suivre les pas de Donald Griffin, le pionnier de l'éthologie cognitive en 1978, en proposant, dès le début des années 1980, cette nouvelle voie d'étude des grands singes qui donnera un nouvel élan à la primatologie. « Pour décrire les comportements des chimpanzés, j'ai dû utiliser des termes qui

AFFAIRE DE LOGIQUE

Le bar BQ

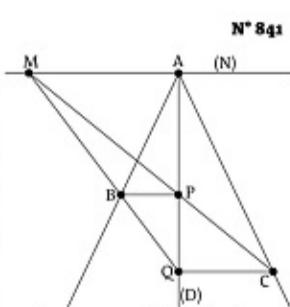
Les chemins qui mènent de la maison A d'Alice à celles de Bob (B) et de Charly (C) sont symétriques par rapport à la route départementale (D). Mais Alice n'est pas tranquille à l'idée de les emprunter. Aussi a-t-elle planté sur la départementale une borne P à l'endroit où elle doit marcher le moins possible en dehors de la route pour aller chez Bob et une borne Q à l'endroit où elle doit marcher le moins possible en dehors de la route pour aller chez Charly. Coïncidence ? Le bar M qui sert de PC aux deux garçons est situé sur la route nationale (N) passant par A, à l'intersection des droites (PC) et (BQ). Il semble que la route nationale et la départementale forment un angle droit. Est-ce vrai ?

SOLUTION DU N° 840

Pour tout entier n jusqu'à 50, il existe une suite de type premier contenant les entiers de 1 à n . On construit facilement une suite de type premier avec les entiers de 1 à n lorsque n est compris entre deux nombres premiers jumeaux ($n - 1$) et ($n + 1$) : n , 1, $n - 2$, 3 ; $n - 4$; 5 ; ... ; 2 ; $n - 1$. En étant le premier, puis le dernier élément de cette suite, on construit pour les mêmes valeurs de n une suite de type premier avec les entiers de 1 à $(n - 1)$ et de 1 à $(n - 2)$.

On couvre ainsi les valeurs : 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 28, 29, 30, 40, 41, 42 (les valeurs de n comprises entre deux nombres premiers jumeaux sont en gras). Pour les autres, nous n'avons trouvé les suites que manuellement. Nous vous donnons les premières ci-dessous, les autres sont consultables sur le site www.affairedelogique.com/ ; 7, 8 et 9 : on ajoute successivement à la suite de 6 (6 1 4 3 2 5) les nombres 7 à gauche, 8 à droite, 9 à droite.

* 13 : 7 12 11 10 3 8 5 6 13 4 9 2 11 8



www.affairedelogique.com/

ÉLISABETH BUSSET ET GILLES COHEN © POLE 2013



KLAAS JAN VAN DER WEIJ/HH-REA

Frans de Waal, un humaniste chez les singes

PORTRAIT | Depuis quarante ans, le primatologue ne cesse de rechercher, chez nos proches cousins, les sources de notre humanité

n'existaient pas dans les livres de biologie», souligne ce chercheur qui cultive l'interdisciplinarité pour mieux examiner les traits génétiques, anatomiques et comportementaux communs aux grands singes et à l'homme. Au point de partager le prix Ig Nobel d'anatomie avec son étudiante Jennifer Pokorny, en 2012, pour leur étude de révélant que les chimpanzés reconnaissent aussi leurs congénères à leur postérieur.

Ensuite, plus que les autres, Frans de Waal est un théoricien qui s'est toujours efforcé de vulgariser ses recherches. « Ma double carrière de scientifique et d'écrivain m'a permis d'être connu du grand public et reconnu par mes pairs », confie l'intéressé. Classé parmi les 100 personnalités les plus influentes par le magazine *Time* en 2007, Frans de Waal n'hésite pas, au fil de ses ouvrages, à se heurter aux a priori dogmatiques pour imposer sa vision fondée sur la biologie évolutionniste et la philosophie.

Ses influences, en partie inspirées de ses travaux en éthologie menés depuis les années 1970, remontent notamment à sa rencontre avec Jan van Hooff, éthologue à l'université d'Utrecht, qui lui ouvrira la voie aux émotions des primates. Dès 1975, son mentor lui confiera un projet de six ans, au zoo d'Arnhem, sur la plus grande colonie captive de chimpanzés au monde, en marge de son doctorat en biologie sur les alliances des macaques à longue queue. « Déjà très intéressé par les conflits chez cette

espèce, j'ai pu mieux apprécier les alliances chez les chimpanzés », ajoute Frans de Waal, conscient de l'opportunité qu'il a eue d'explorer l'univers émotionnel des primates sociaux.

Et pour cause. Il découvre ensuite que les chimpanzés se réconcilient à l'issue d'un conflit, un comportement pourtant considéré comme une spécificité humaine par de nombreux psychologues de l'époque. Et le jour où deux chimpanzés entrent un troisième, il comprend, dans la douleur, l'importance de la réconciliation dans la survie de ces grands singes qu'il décide d'étudier en détail avant d'y consacrer son premier livre en 1982, *La Politique du chimpanzé* (Editions du Rocher, 1992).

Frans de Waal y décrit, pour la première fois, « les manœuvres politiques » utilisées par les chimpanzés pour gravir les échelons de la hiérarchie sociale. « Grâce à sa capacité unique à identifier chez les primates ce que nous voyons en nous, il a montré que la réconciliation, la coopération, l'altruisme et même notre sens de l'équité avaient leurs racines dans leurs comportements », relève Harold Gouzoules, son collègue à l'université Emory. « Il n'a cessé de montrer que les chimpanzés et les autres primates nous ressemblaient plus que ce que l'on pouvait imaginer », conclut Darby Proctor. Sans compter que le risque de voir disparaître « ces proches cousins » si empathiques nous renvoie à nos obligations morales vis-à-vis d'eux. ■

Lagrange à l'honneur

Giuseppe Luigi Lagrange, devenu Joseph Louis, comte de Lagrange (1736-1813), né à Turin d'un père d'origine française, s'est forgé, au cours d'une vie consacrée aux mathématiques, un itinéraire européen. Expert en de multiples disciplines scientifiques allant de la mécanique au calcul des variations en passant par l'approximation des racines d'une équation algébrique, les fonctions, la propagation du son, la théorie des cordes vibrantes ou la mécanique céleste, il a donné son nom à de nombreuses méthodes et théorèmes. Académicien à Turin, invité à Berlin par Frédéric le Grand et à Paris par Louis XVI, engagé dans la Révolution française pour élaborer le système métrique, il fut l'un des premiers à enseigner à l'École polytechnique que venait de créer Napoléon. En cette année du bicentenaire de sa mort, une exposition, visible dans le grand hall de l'école jusqu'au 15 décembre, lui est consacrée. À Turin, jusqu'au 23 novembre, l'Académie des sciences, l'université et la Bibliothèque royale se sont associées pour présenter les étapes européennes de sa vie. À Paris, à l'initiative de l'Institut Henri-Poincaré, à la mairie du 5^e arrondissement, du 9 au 19 décembre, une autre exposition nous emmènera sur ses traces : lieux où il a vécu, correspondance mathématique, grandes étapes de sa vie de savant. Le 6 décembre, une journée de commémoration lui sera consacrée à l'IHP et au Panthéon, où il est enterré. Informations : www.bibliotheque.polytechnique.fr, www.academiadellescienze.it, www.images.maths.cnrs.fr

L'amour sacrifié chez l'araignée admirable

ZOOLOGIE

FLORENCE ROSIER

C'est un drame en trois actes – et en deux minutes – qui se joue sous nos yeux ébahis : une histoire de sexe et de mort, chez la gent araignée. En ligne sur lemonde.fr, ce film illustre une étude publiée le 24 octobre dans *Proceedings of the Royal Society B*. Une équipe danoise a scruté les mœurs amoureuses de la pisaure admirable, une araignée commune en Europe. Où l'on voit – anthropomorphisme assumé – que si le mâle joue volontiers le chevalier servant, la femelle ne fait guère la princesse...

Le premier acte de cet âpre rituel est une ronde fébrile et déliée. Tout en tournant autour de la mouche qu'il a tuée, le mâle l'emmante avec délicatesse dans son fil de soie. Virevoltant sur ses pattes gracieuses, il tisse et retisse sa fibre, qu'il enroule jusqu'à former un petit ballot blanc : son cadeau nuptial. De loin, la femelle semble épier ce fascinant ballet – ombre immense et inquiétante.

Le deuxième acte prend des airs de romance. Chargé de son petit ballot, le mâle chemine, clopin-clopant, vers sa dulcinée. S'en approche, précautionneux. Semble s'agenouiller – saisissante image –, interposant son offrande entre sa belle et lui. « C'est la stratégie d'approche du mâle, chez la pisaure, pour diminuer l'agressivité naturelle de la femelle », commente Christine Rollard, arachnologue au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris. La femelle palpe longuement le cocon. Se laissera-t-elle tenter ? Ce sera oui.



Chez la pisaure admirable, le mâle et la femelle se rejoignent en une mêlée confuse, seize pattes enchevêtrées.

ALLAN LAU

La suite n'est pas pour les enfants : mêlée confuse, seize pattes enchevêtrées. Pendant que la femelle entame son offrande, le mâle, arrimé par l'arrière de son abdomen au filet de soie qui enrobe la proie, profite de cet ancrage. Et tandis que son amante s'empiffre, le voilà qui insère ses bulbes copulatoires dans la fente génitale – tout en faisant le mort, subtil paradoxe... Puis il transfère son sperme dans le réceptacle séminal (« spermathèque »).

Insatiable femelle

Cet acte signe-t-il la fin du cérémonial ? Non, mais la fin du mâle, oui. Après l'accouplement, sa stratégie est de continuer de faire le mort pour échapper à la fureur gloutonne de l'amante. En vain, ici : l'insatiable femelle retourne sa colère contre lui, l'éjecte, le traîne, l'achève. Une ultime convulsion : et la « petite mort » se mue en mort avérée du mâle, dont se repaît la tueuse. « Cela arrive dans 2 % des cas », notent les chercheurs. « Le destin du mâle est de mourir après l'accouplement », précise Christine Rollard. Il sert parfois d'apport énergétique pour la femelle... »

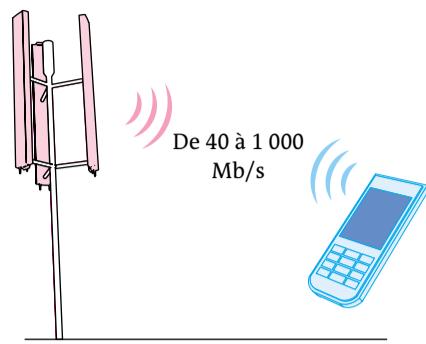
Le cahier « Science & médecine » du *Monde* (19 novembre 2011) a déjà raconté comment certains mâles pisaures offrent à la femelle un cocon vide. Si celle-ci se laisse berner, les tricheurs pâtissent de durées de copulation moins longues.

L'équipe de Trine Bilde (université d'Aarhus) va aujourd'hui plus loin. La femelle pisaure possède deux spermathèques. « Dans l'une, la femelle stocke le sperme des mâles généreux, tandis que l'autre est réservée aux moins généreux », résume Christine Rollard. La femelle peut ensuite ouvrir l'une ou l'autre des spermathèques afin de transférer le sperme choisi jusqu'aux oviductes, pour y féconder ses œufs.

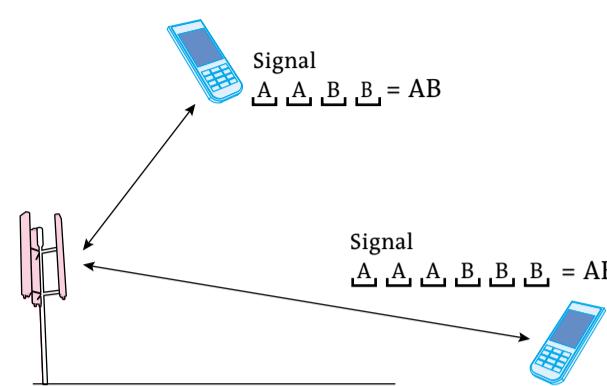
« En sélectionnant le sperme d'un mâle doué pour la chasse, la femelle transfère ces qualités à sa descendance », concluent les auteurs. L'amour de sa descendance : voilà qui, peut-être, réhabilitera la pisaure femelle. Justifiant la bienveillance de Victor Hugo : « J'aime l'araignée et j'aime l'ortie / Parce qu'on les hait. (...) Dans leur fauve horreur, pour peu qu'on oublie / De les écraser (...) La vilaine bête et la mauvaise herbe / Murmurant : Amour ! » ■

www.affairedelogique.com/

4G, trois innovations pour augmenter les débits



La quatrième génération (4G) des technologies de communication mobile est désormais disponible en France. Elle promet des débits environ dix fois supérieurs à ceux de la génération précédente (et dix mille fois supérieurs à celui des premiers téléphones portables) : entre 40 et 1 000 millions de bits par seconde. A ces vitesses, le téléchargement d'une heure de musique compressée prend dix secondes. La prouesse est telle que dans certaines conditions le mobile sera plus rapide que la traditionnelle ligne en cuivre de l'ADSL pour la connexion Internet à domicile (en moyenne inférieure à 80 millions de bits par seconde) ! « C'est le résultat d'au moins trois innovations », précise Xavier Lagrange, professeur à Télécom Bretagne. Au-delà de la largeur de bande plus importante que la 3G (20 mégahertz [MHz] au lieu de 5), ce qui augmente le débit maximal, le spécialiste cite : la multiplication des canaux (multiplexage), le doublement du nombre d'antennes (sur le téléphone et sur les relais), et l'adaptation des codes corrigeant les erreurs en fonction de la position par rapport à l'antenne. Autant de changements qui nécessitent de nouveaux appareils. Les ondes sont émises sur des fréquences de 800, 1 800 ou 2 600 MHz, selon les opérateurs. Ironie de l'histoire, pour la fonction téléphonique simple, le téléphone 4G bascule en 3G, voire en 2G...

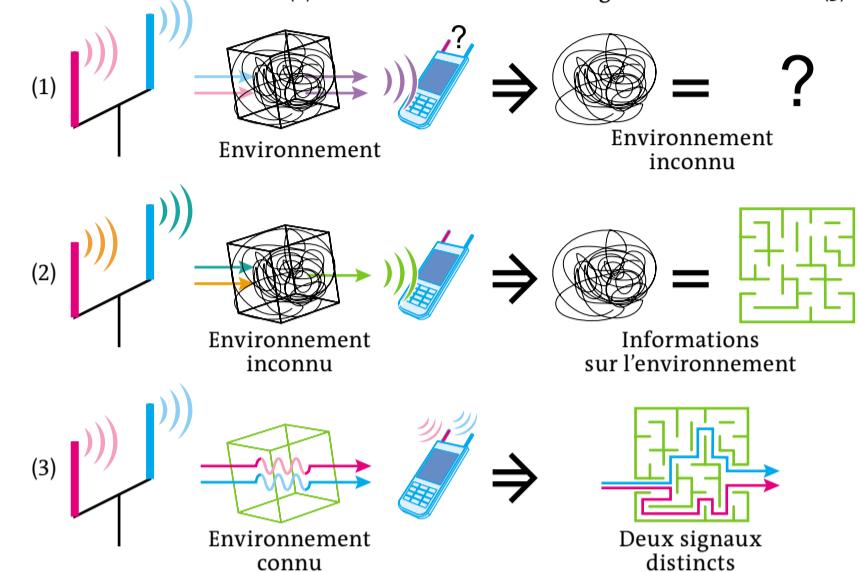


Adapter le signal

Un signal est toujours perturbé. Pour corriger les erreurs, en même temps que le message, sont envoyés des bits d'information « correcteurs » (par exemple, répéter deux fois le même message ; en réalité, la technique est plus subtile). La 4G envoie moins de bits correcteurs lorsqu'on est près de l'antenne-relais, augmentant ainsi le débit « utile ».

Doubler le nombre d'antennes

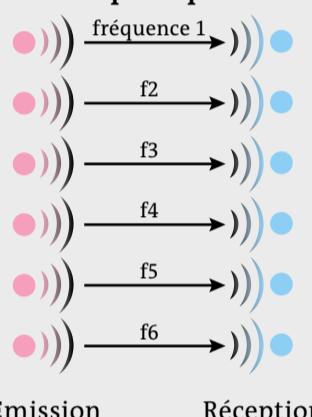
Deux antennes, séparées d'une dizaine de centimètres, envoient une partie du message différente, ce qui double le débit. Mais comment savoir quelle antenne a envoyé quoi dans un environnement très perturbé à cause des réflexions, diffractions... (1) ? En fait, un signal-test est d'abord émis, permettant de connaître les détails de la progression des ondes (2). Les chemins du vrai message sont alors calculés (3).



Multiplier les canaux

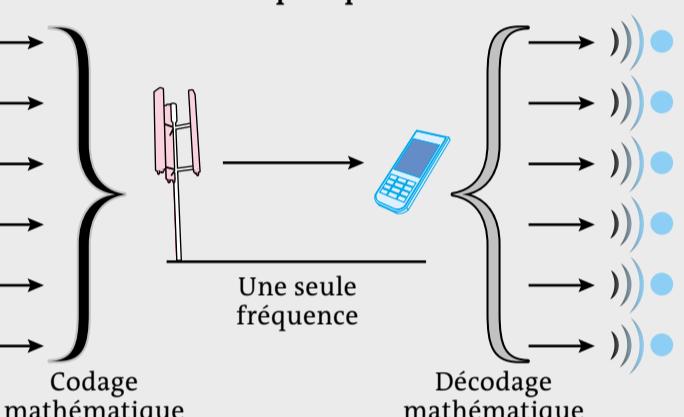
Comme pour la TNT, plusieurs chaînes sont envoyées en fait sur la même fréquence. Ici, les « chaînes » sont des fragments du fichier à envoyer. Une fonction mathématique permet de transformer le signal correspondant à environ 1 200 « émetteurs » virtuels en un signal envoyé sur une seule fréquence, décodé à l'arrivée par le téléphone.

En principe



Echelle non respectée

En pratique



TEXTE: DAVID LAROUSSE

INFOGRAPHIE LE MONDE

Bien que la diffusion du logiciel libre n'ait cessé de croître depuis trente ans, Laurent Séguin, président de l'AFUL, s'inquiète de ce que certains intérêts économiques mettent en danger sa pérennité et freinent ainsi l'innovation

La liberté (logicielle) s'use si on ne s'en sert pas

| TRIBUNE |

Historiquement, les logiciels sont nés (inventés) libres, car l'importance des coûts n'était pas dans la création des logiciels mais dans le matériel. Vers la fin des années 1970, l'informatique ayant des parts de marché croissantes, certains constructeurs ont cherché à se créer une rente supplémentaire par l'ajout de contraintes s'appuyant sur le droit d'auteur sur leurs logiciels. C'est pour libérer l'utilisateur, otage de ces contraintes, que la décision de créer un nouveau système d'exploitation GNU – souvent appelé « Linux », du nom de son noyau – a été prise. Ce premier système d'exploitation libre, dont nous venons de fêter le trentième anniversaire et qui a été amélioré tout au long des années, est aujourd'hui l'un des plus utilisés sur les serveurs.

Durant les trois dernières décennies, de nombreux logiciels libres ont été développés pour tous types d'usage, que ce soit par des passionnés bénévoles (Audacity, Gimp, Inkscape, OpenSSH, VLC...), par des entreprises (CubicWeb, ERP5, Maarch, Rudder, Squash...), des laboratoires publics de recherche (Bonjour-Grid, Coccinelle, Frama-C, Morse, OCaml...) ou même des collectivités (I-Parapheur, Lilia, Lutèce, OpenMairie, S2Low...). Ainsi, le logiciel libre est devenu d'une importance majeure dans notre vie numérique.

Pas un ordinateur, pas un système d'information d'entreprise sans logiciel libre. Même les entreprises produisant du logiciel non libre s'appuient sur des travaux sous licence libre.

Nous parlons bien de liberté, car une licence libre garantit de réelles libertés individuelles à l'utilisateur. Elle libère des restrictions d'usage, d'étude et d'adaptation (y compris secrètes) que les acteurs du logiciel non libre infligent à leurs clients. Le logiciel libre permet d'user de libertés collectives en autorisant la diffusion de copies et le partage de ses modifications sans demander l'autorisation préalable à quiconque. Paradoxalement, bien que la diffusion et la production de code sous licence libre soit en forte croissance, le libre n'a jamais autant été en danger. Par l'amalgame qu'entretiennent quelques juristes entre « licence libre » et « domaine public » ou « libre de droit » qui désorientent les entreprises qu'ils conseillent. Mais surtout par certaines pratiques qui subissent les entreprises utilisatrices, issues d'acteurs mettant en avant l'*open source* (« code ouvert ») alors qu'ils n'en respectent pas l'esprit.

L'industrie du logiciel, y compris les acteurs historiquement les plus réticents, a intégré le travail à plusieurs sur une base commune et le partage de certai-

nes innovations. La revue par les pairs améliore la qualité du code, et ce mode de développement dit « ouvert », régi par une licence libre, permet des résultats plus rapides et moins coûteux en recherche & développement (R & D). C'est la base du mouvement open source : permettre aux industriels de se regrouper pour des projets d'envergure, souvent complexes, et ainsi partager un savoir-faire. Mais ce mode de développement, certes louable dans un contexte d'ingénierie logicielle, ne suffit pas à garantir les libertés des utilisateurs.

On s'éloigne en effet du modèle vertueux lorsque des prestataires enferment leurs clients, en incluant des contraintes dans des offres commerciales dites « freemium » ou « hybride », ce qui exclut de facto les utilisateurs de l'écosystème de cocréation de valeur.

« La base du mouvement open source est de permettre aux industriels de se regrouper pour des projets d'envergure, souvent complexes, et ainsi partager un savoir-faire »

Trop souvent, des fonctionnalités ou améliorations, absolument nécessaires dans le cadre d'un déploiement industriel, ne sont pas reversées au projet sous licence libre, mais vendues dans un produit dérivé sous licence non libre « à base d'*open source* », faisant de facto perdre tout le bénéfice apporté par le libre au client.

Le logiciel libre se trouve ainsi contaminé par du code non libre, dans un contexte de marketing de l'*openness* qui tend à prétendre qu'il est plus important d'être « ouvert » que « libre ». Cette menace insidieuse freine l'innovation sous licence libre. En effet, tant qu'il y a un intérêt économique à éviter de verser du code à valeur ajoutée au projet sous licence libre, l'appauvrissement du code libre est quasi inévitable. Si cette pratique devient une « norme industrielle », la paupérisation du libre dans son ensemble est à craindre.

Un autre mode d'enfermement du client, plus rare mais observé par les membres de l'Association

francophone des utilisateurs de logiciels libres (AFUL), est de le verrouiller contractuellement. Alors qu'il dispose bien d'un logiciel libre, le client ne peut exercer les libertés accordées par la licence tant qu'il est lié par un contrat d'affaires aux modalités de sortie prohibitives. Il importe donc, avant de signer un contrat avec un prestataire, de vérifier non seulement que le logiciel livré est bien libre, mais aussi qu'aucune clause du contrat ne contrecarre les libertés qu'accorde la licence initiale, notamment celle de modification. C'est souvent lorsque l'on souhaite exercer ses libertés que l'on se rend compte qu'on les a perdues (par exemple corriger soi-même et en urgence une faille de sécurité).

Face à la montée de ces dangers, des réponses existent. Des réponses qui ne mettent pas à mal les entreprises et communautés produisant du code innovant sous licence libre, et au premier rang desquelles on trouve le soutien actif des utilisateurs.

Du point de vue de l'AFUL, il est de la responsabilité des utilisateurs de logiciels libres (entreprises, associations, administrations, collectivités, particuliers, etc.) de protéger l'innovation sous licence libre. Que ce soit par une implication financière ou humaine, dans la R & D du logiciel, par le soutien des acteurs commerciaux dont les modèles économiques respectent et protègent réellement les libertés de leurs clients, l'utilisateur doit prendre sa place pour garantir la pérennisation du logiciel libre. Il est également de la responsabilité des utilisateurs de faire exister les logiciels spécifiques à un métier. Le peu d'intérêt économique pour un acteur commercial d'investir dans la R & D d'un tel produit sous licence libre n'empêche pas de les créer par la mutualisation (comme MedinTux pour le corps médical ou openCimetière qui gère les concessions de cimetières).

En résumé : devenir un acteur important de l'écosystème, un artisan de la sauvegarde de sa propre liberté, bref un peu plus qu'un simple client qui paye.

Pour ce faire, nul besoin de se transformer en informaticien ou de disposer d'un service informatique très pointu pour devenir acteur et (s')investir dans le libre. L'AFUL, association à but non lucratif composée uniquement de bénévoles, a précisément pour objet d'aider et d'accompagner les utilisateurs de logiciels libres à surmonter leurs problèmes organisationnels et juridiques. ■

Laurent Séguin est président de l'Association francophone des utilisateurs de logiciels libres (AFUL - CC BY-ND 3.0) qui a pour objet d'aider, en les accompagnant, les utilisateurs de logiciels libres à surmonter leurs problèmes organisationnels et juridiques

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre ouverte au monde de la recherche. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr.