

Astrophysique

Du footballène interstellaire

Une énigme astronomique de près de 100 ans aurait trouvé un début de réponse grâce aux footballènes, ces molécules sphériques formées de 60 atomes de carbone. En 1922, Mary Lea Heger, étudiante à l'université de Californie, observa que le rayonnement émis par une étoile est absorbé à certaines longueurs d'onde (plus de 400, entre l'infrarouge proche et l'ultraviolet proche), nommées bandes interstellaires diffuses, sans doute par des composés présents dans le milieu interstellaire. Parmi les candidats possibles, les ions C_{60}^+ étaient suspectés d'absorber deux bandes particulières. John Maier, de l'université de Bâle, en Suisse, et son équipe ont confirmé cette hypothèse en mesurant en laboratoire le spectre d'absorption des ions C_{60}^+ dans des conditions comparables à celles du milieu interstellaire.

S. B.

E. K. Campbell et al., *Nature*, vol. 523, pp. 322-323, 2015

Génétique

L'origine du parfum de la rose

Faite d'une multitude de composés, l'odeur de la rose est surtout due à des molécules de la famille des monoterpènes. Les biochimistes pensaient qu'il n'existait qu'une seule voie de synthèse de ces monoterpènes, faisant intervenir des enzymes de la famille des terpènes synthases.

Toutefois, Jean-Louis Magnard, de l'université de Saint-Étienne, et ses collègues ont mis en évidence une nouvelle voie de biosynthèse de ces molécules qui est contrôlée par la nudix hydrolase, une enzyme codée par le gène *RhNUDX1*. Plus l'expression de ce gène dans la fleur est importante, plus cette dernière présente une quantité élevée de monoterpènes, et donc plus elle est parfumée.

À terme, les biologistes pourront utiliser le gène *RhNUDX1* comme marqueur pour sélectionner des roses très parfumées.

D. B.

J.-L. Magnard et al., *Science*, vol. 349, pp. 81-83, 2015

Préhistoire

Un métissage tardif avec des Néandertaliens en Europe

Il y a environ 45 000 ans, *Homo sapiens* arrive en Europe, tandis que *Homo neanderthalensis* disparaît. Pourquoi? Qiaomei Fu, de l'Académie chinoise des sciences, apporte une pierre au débat : elle vient de montrer que l'ADN d'un *H. sapiens* mort il y a plus de 40 000 ans en Roumanie contient 7,3 % d'ADN néandertalien – soit trois fois plus que chez les Eurasiens actuels!

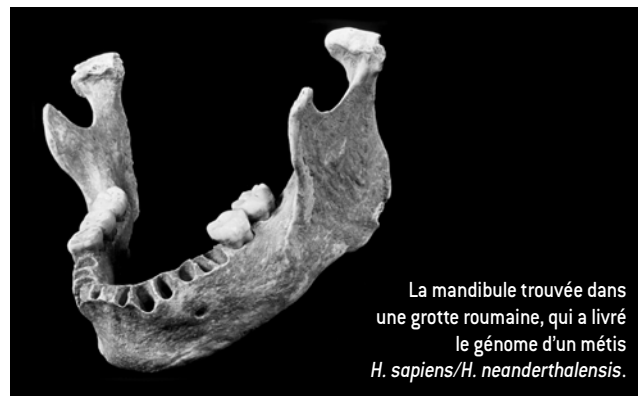
Par ailleurs, l'étude de sept segments d'ADN néandertalien représentant 1,6 à 6,3 % du génome de l'individu a montré qu'il a eu un ancêtre néandertalien 4 à 6 générations seulement avant lui. Tout aussi frappant : l'individu est plus apparenté aux Extrêmes-Orientaux

et aux Amérindiens qu'aux Européens actuels...

Comment interpréter cela? Un point semble acquis : un métissage tardif a eu lieu en Europe. Il s'est produit entre les Néandertaliens et les premiers *H. sapiens* européens qu'étaient les porteurs de la culture aurignacienne (–40 000 à –28 000 ans). Or on sait que des milliers d'années plus tard, la culture gravettienne (–31 000 à –22 000) recouvre la nappe aurignacienne. Bien plus nombreux et moins métissés que les Aurignaciens, les Gravettiens auraient dilué le métissage tardif *sapiens/neanderthalis* en Europe.

F. S.

Nature, en ligne le 22 juin 2015



La mandibule trouvée dans une grotte roumaine, qui a livré le génome d'un métis *H. sapiens/H. neanderthalensis*.

E. Trinkaus et al., *PNAS*, 100 : 11231-11236, 2003

Une dent humaine de 550 000 ans à Tautavel

Deux jeunes archéologues amateurs ont découvert, jeudi 23 juillet, à Tautavel dans les Pyrénées-Orientales, une incisive appartenant à un individu humain et vieille de 550 000 ans. Nommé Arago 149, ce spécimen a 100 000 ans de plus que le célèbre homme de Tautavel, ce qui en fait le plus ancien humain trouvé en France. La découverte est remarquable, dans la mesure où très peu de fossiles humains datant de cette période ont été mis au jour en Europe.

De l'argile au menu des chimpanzés

En Ouganda, des chimpanzés utilisent des feuilles comme éponges pour boire de l'eau argileuse. Vernon Reynolds, de l'université d'Oxford, et ses collègues ont constaté que cette habitude récente est corrélée à la disparition de palmiers *Raphia*

farinifera. Comment l'expliquer? Les feuilles de palmiers étaient pour les singes une source de minéraux, mais ils ont disparu à cause de leur utilisation par l'industrie du tabac. Les singes pourraient avoir trouvé une nouvelle source de minéraux dans l'eau argileuse, riche en sodium, calcium ou fer.

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

POINT DE VUE

Réforme du collège : l'interdisciplinarité est une bonne chose

Plusieurs expériences de projets transversaux menés en classe avec l'aide de chercheurs suggèrent que cette démarche favorise l'apprentissage.

Ange Ansour et François Taddei

Le 10 avril dernier, le Conseil supérieur de l'éducation a adopté le décret et l'arrêté qui définissent les principes de la réforme du collège en France prévue pour la rentrée 2016. Parmi les réactions que suscite cette réforme, plusieurs critiques portent sur les EPI – les enseignements pratiques interdisciplinaires que suivront les élèves de la 5^e à la 3^e, à raison de trois heures hebdomadaires maximum.

Ces nouveaux modules ont pour vocation de « construire et d'approfondir des connaissances et des compétences par une démarche de projet conduisant à une réalisation concrète, individuelle ou collective ». En d'autres termes, il s'agit de mener à bien des projets croisant plusieurs disciplines. Huit thématiques ont été définies, telles que « corps, santé, bien-être et sécurité » ou « sciences, technologie et société ». À l'issue du cycle, chaque élève doit avoir abordé six des huit thématiques.

Les critiques de ces EPI sont variées : « Au collège, c'est trop tôt pour ce genre d'enseignement, il faut rester sur les fondamentaux pour qu'ils soient bien acquis ; seuls les meilleurs élèves s'en sortiront ; les disciplines mères seront fragilisées par le temps qu'on leur prend ; les enseignants ne sont pas formés à une telle approche ; les infrastructures sont insuffisantes et les élèves trop nombreux... » Pourtant, divers indices en France et ailleurs suggèrent que, bien mise en œuvre, cette approche est très prometteuse, tant pour

favoriser l'apprentissage que pour aider les enfants à devenir des citoyens éclairés.

Une discipline est un corpus de concepts, un champ d'investigation ou un ensemble de méthodes propres ; mais c'est aussi une construction sociale – institutionnelle et universitaire –, prise dans des enjeux et luttes de pouvoir. Les disciplines scolaires sont issues des disciplines traditionnelles de l'université. Mais alors que les savoirs de la recherche sont en mutation permanente, faits d'emprunts à d'autres domaines, ils ont été, à l'école, fractionnés et inscrits dans des pratiques très éloignées des disciplines génitricées.

Partout dans le monde, des programmes visent à renouer avec l'héritage de la recherche.

Toutefois, la raison d'être originelle des disciplines est leur valeur d'usage, c'est-à-dire leur pertinence pour faciliter la compréhension d'un monde en mutation, où ce qui compte est la capacité explicative des modèles mis en œuvre. Partant de ce constat, partout dans le monde, divers programmes pédagogiques se sont montés ces dernières années, visant à renouer avec l'héritage de la recherche scientifique et son approche interdisciplinaire. Un article paru dans *Nature* le 16 juillet dernier recense plusieurs initiatives dans ce sens.

Lancé en 2006 en Allemagne, le programme *Haus der kleinen Forscher* (la maison des petits scientifiques) est installé dans

plus de 24 000 structures (crèches, garderies, écoles élémentaires) accueillant les enfants de trois à dix ans. Des enseignants formés à cette approche amènent les enfants à poser des questions sur les phénomènes naturels ou les objets du quotidien et à concevoir des activités pour tester leurs hypothèses. Le programme a fait des émules jusqu'en Australie, en Thaïlande et au Mexique. D'autres initiatives, telles que l'institut Hwa Chong à Singapour ou l'école Simon-Langton en Grande-Bretagne, visent à donner une chance à des jeunes de faire de la vraie recherche avec des équipements professionnels, dès l'adolescence.

En France, l'approche se répand aussi, notamment grâce à des organisations telles que la fondation La main à la pâte qui, depuis 1996, vise à développer à l'école primaire et au collège un enseignement des sciences fondé sur l'investigation, et le Centre de recherches interdisciplinaires (CRI), à Paris, né en 2005 de la volonté de chercheurs de former les jeunes à la démarche de projet et de promouvoir l'interdisciplinarité.

Avec le programme les *Savanturiers*, lancé en 2012, le CRI forme de jeunes élèves à cette démarche en prenant modèle sur la recherche. Élèves et enseignants sont engagés dans des projets coopératifs où ils observent, questionnent, décrivent, formulent des hypothèses, capitalisent des savoirs, expérimentent, modélisent, échangent des informations, argumentent et valident des résultats. Ces activités aident l'apprentissage et dotent les élèves de

bases solides pour aborder avec discernement les enjeux sociétaux de leur temps.

C'est un retour aux sources, corroboré par les recherches en sciences cognitives qui établissent que les processus intellectuels à l'œuvre chez l'enfant sont apparentés à ceux mobilisés par les chercheurs. En témoignent de nombreuses réalisations sporadiques d'enfants chercheurs, tel cet article de recherche sur le comportement des bourdons publié par une classe d'enfants anglais de 8 ans à l'instigation d'un parent chercheur. Notre ambition est de rendre accessible au plus grand nombre l'essence même de ces tentatives.

Le projet *Savanturiers* met en relation des chercheurs et des classes. Il permet aux élèves d'explorer un phénomène naturel ou culturel (la vie des fourmis, le changement climatique, l'action du sucre sur l'organisme, la construction d'une fusée...) en mettant à leur portée les outils et concepts des différents champs d'investigation scientifique. Les élèves écrivent, publient et partagent lors de congrès les résultats de leurs recherches. Cette approche pédagogique a donné corps, au collège Beaumarchais à Paris, à un projet exemplaire, voire préfigurateur de ce que pourraient être les EPI voulus par la réforme.

À partir de vers de compost, les élèves de 6^e d'une professeure de SVT ont défini diverses problématiques aux frontières entre sciences de la vie, français et technologies de l'information. Partant de leurs questions, ils ont défini des protocoles de recherche rigoureux et mené un travail documentaire exhaustif, guidés par un biologiste de l'université Paris-Descartes. Des questions naïves telles que « Est-ce que le ver de compost entend et danse en musique ? » sont devenues une série d'expérimentations et de recherches sur la sensibilité du ver aux vibrations. En parallèle, avec leur professeure de français, les élèves se sont initiés à l'écrit scientifique et se sont engagés dans des productions littéraires et chorégraphiques sur la perception du mouvement. Tout au long de l'année, ils ont alimenté un blog sur leurs explorations, à partir duquel ils ont fait une communication en congrès.

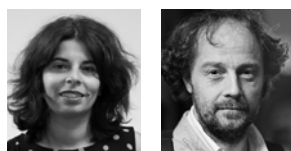
Les *Savanturiers* ont déjà accompagné 4 500 élèves, du CM1 à la terminale, et leurs enseignants. Une étude précise de l'impact de

CET ESSAI DE FUSÉE, dans le cadre d'un atelier Rover Curiosity des *Savanturiers* réalisé à l'école de Damrémont, à Paris, avec un doctorant en astrophysique, a permis aux enfants de chercher ensemble des solutions pour que la fusée aille plus loin à propulsion fixe.



© Fred N. Gale

■ LES AUTEURS



Ange ANSOUR est professeure des écoles et coordinatrice pédagogique des *Savanturiers*.

François TADDEI, directeur de recherche à l'Inserm, dirige le Centre de recherches interdisciplinaires (CRI), à Paris.

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Baker, *Inner scientists unleashed*, *Nature*, vol. 523, pp. 276-278, 2015.

A.-M. Chartier, *Disciplines scolaires entre classification des sciences et hiérarchie des savoirs*, dans Y. Reuter et al. (dir.), *Dictionnaire des concepts fondamentaux de didactique*, De Boeck, 2013.

A. Gopnik et al., *The Scientist in the Crib: Minds, Brains, and How Children Learn*, William Morrow & Co, 1999.

cette approche sur la réussite des élèves, en cours sur trois ans, livrera ses résultats en 2018. Des entretiens menés auprès des enseignants impliqués révèlent déjà que l'approche favorise l'engagement des élèves dans les apprentissages – même de certains qui, jusqu'alors, avaient des difficultés. En Allemagne, une enquête menée auprès de 3 000 enseignants engagés dans le programme *Haus der kleinen Forscher* a montré que ces derniers ont gagné en confiance et s'intéressent plus à l'enseignement des sciences. Là aussi, une évaluation de l'impact sur l'apprentissage des enfants est en cours sur trois ans.

Certes, pour que cela fonctionne, plusieurs conditions doivent être réunies. Un enseignant isolé ne peut relever un tel défi. Seules des équipes engagées collectivement dans la recherche de solutions pédagogiques et didactiques sont à même de porter ce point de la réforme. Il est donc primordial que l'administration favorise la coopération des enseignants entre eux et avec le monde de la recherche, notamment en facilitant sa mise en place : plages communes de temps libre, horaires de cours compatibles, salles de cours contiguës... Nous faisons confiance aux acteurs de la réforme pour tenir compte des expériences en cours et de leurs enseignements. ■



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr

ENTRETIEN

« Le patrimoine astronomique français est en danger »

Les observatoires et les lunettes historiques sont de merveilleux outils pour diffuser la science auprès du grand public. Cependant, constate Emmanuel Pécontal, faute de moyens et de personnel, ce patrimoine scientifique est menacé.



Emmanuel PÉCONTAL est astronome et responsable du patrimoine de l'observatoire de Lyon.

Datant de la fin du XIX^e siècle et délaissé depuis des dizaines d'années, le patrimoine astronomique est aujourd'hui en déshérence : les instruments d'observation sont abîmés, voire démontés, les bâtiments interdits d'accès. Seules des initiatives individuelles et locales, ou de rares mécénats, maintiennent ces équipements précieux pour l'histoire des sciences, mais aussi pour la diffusion du savoir auprès du grand public. Il est crucial aujourd'hui de sensibiliser sur cette question afin de préserver cet héritage.

POUR LA SCIENCE

Que recouvre la notion de patrimoine astronomique ?

EMMANUEL PÉCONTAL : Il s'agit d'abord des infrastructures spécialement construites pour héberger les grands instruments, telles que les bâtiments à toit plat pour les lunettes méridiennes (instruments montés sur un axe orienté est-ouest) et ceux à coupole pour les lunettes équatoriales (dont l'axe est parallèle à l'axe de rotation de la Terre). Les instruments d'observation sont bien sûr les figures de proue de l'astronomie : la grande lunette de Nice, la lunette Arago à Paris, l'équatoriale coudée à Lyon, unique en son genre car elle est toujours en

état de fonctionnement avec les pièces d'origine, la lunette méridienne de Besançon utilisée à des fins de chronométrie pour l'industrie horlogère locale, etc. Il faut aussi inclure les petits instruments et les objets auxiliaires : des accessoires montés sur rail, des laboratoires de développement de clichés photographiques, des horloges et même du matériel destiné à l'élevage d'araignées dont le fil était utilisé comme repère dans les oculaires. Et il ne faut pas oublier les livres et les carnets d'observation, qui intéressent beaucoup les historiens des sciences.

PLS

Dans quel état se trouve aujourd'hui ce patrimoine ?

E. P. : En 2011, l'Unesco a organisé un colloque sur la préservation de ce patrimoine menacé. Si l'objectif était louable, les organismes de recherche français ont été assez déçus par les résultats. L'envergure internationale des recommandations n'était pas compatible avec ce que nous constatons sur le terrain : l'action est avant tout locale.

À la suite de ce colloque, j'ai entrepris de visiter les observatoires de France avec Évelyne Damm, membre de la Commission nationale de classement des monuments historiques, pour évaluer précisément la situation. Globalement, on peut dire que le patrimoine astronomique français est en

danger : certains instruments sont inutilisables, les bâtiments ont besoin d'être restaurés, l'état de conservation des archives écrites est précaire...

Les instruments qui ont perdu leur usage scientifique ont connu des destins difficiles. À Paris, les lunettes équatoriales coudées ont été démontées et les pièces dispersées, ce qui rend impossible leur restauration. Celle de Besançon a aussi été démontée, mais les pièces sont conservées sur place. Les petits instruments ont souvent été recyclés, récupérés pour servir sur d'autres sites. De la même façon, on trouve des salles où sont entreposées en vrac des pièces dont il est parfois difficile de deviner à quoi elles servaient.

Certains bâtiments sont très endommagés, avec des toitures qui fuient. Dans d'autres cas, ils ont été transformés en laboratoire d'optique (Lyon), en bibliothèque (Strasbourg), en salle de conférence et d'exposition (Nice), etc.

La situation diffère selon les sites, selon les initiatives prises localement. Chaque instrument ou bâtiment a une histoire unique. Prenons l'exemple de Bordeaux. Jérôme de La Noë, directeur de l'observatoire dans les années 1980, avait œuvré pour maintenir des observations scientifiques sur le site historique, telles que le relevé de position de satellites. Cette activité, modeste, a permis de garder l'observatoire en état. À la retraite, Jérôme de La Noë a aussi participé à l'archivage des livres anciens.