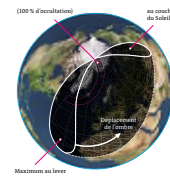




Architecture de l'autisme Matières, couleurs, sons, mobilier, circulations... Dans l'Yonne, un centre spécialement conçu pour accueillir des autistes vient d'être primé. Reportage. **PAGE 2**



Sur scène, le diabète apprivoisé A l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris, des patients livrent leurs réactions face à la maladie, avec l'aide d'une troupe de théâtre. **PAGE 3**



Spectacles astronomiques coordonnés L'alignement du Soleil, de la Lune et de la Terre va produire une éclipse le 20 mars et une très grande marée le lendemain. **PAGE 7**

Au CERN, le choc des protons, saison 2

La découverte du boson de Higgs en 2012 n'était qu'une étape. Le très grand accélérateur du CERN, après deux ans de travaux, va reprendre les collisions de particules. L'objectif des chercheurs : découvrir de la matière noire ou des indices de l'existence d'une « supersymétrie » au cœur de la nature.

PAGES 4-5



Le Grand Collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, près de Genève, forme, à 100 mètres de profondeur, un anneau de 27 kilomètres de circonférence. ANDRI POL/FOCUS/COSMOS



CARTE BLANCHE

Roland Lehoucq

Astrophysicien,
Commissariat à l'énergie
atomique et aux énergies
alternatives
(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

La lumière, témoin de la « formation des mondes »

Les astrophysiciens rendent grâce à la lumière, car c'est elle qui porte la majorité des informations qu'ils reçoivent de l'Univers. Témoignant de ce qui s'est passé loin de nous, dans l'espace et le temps, elle a permis d'élucider certains des mécanismes à l'œuvre dans le cosmos. Ainsi, nous avons compris que c'est au centre du Soleil qu'est produite l'énergie qui lui permet de briller depuis plus de 4,5 milliards d'années. Transférée de proche en proche vers les régions externes plus froides, cette énergie s'échappe sous forme de lumière : l'étoile brille !

La lumière met environ 100 000 ans pour sortir du Soleil en raison de ses multiples interactions avec la matière. Le Soleil ne devient transparent que dans les 500 derniers kilomètres, et c'est de cette fine couche, la photosphère, que semble émise la lumière que nous recevons. Une fois libérée, la lumière se propage en ligne droite dans le vide interplanétaire et ne met que 500 secondes pour atteindre la Terre. Seule une partie de la lumière solaire parvient au sol. Les rayons X et ultraviolets, nocifs pour la vie, sont arrêtés dans la couche d'ozone de la haute atmosphère. L'infrarouge est aussi

majoritairement absorbé. Une partie de la lumière visible est diffusée par les molécules d'air, ce qui rend bleu le ciel. L'interaction entre la lumière solaire et l'atmosphère est le moteur du climat de notre planète. Elle est aussi source d'une partie de la vie terrestre car elle permet la photosynthèse et la croissance des plantes, qui sont à la base de la chaîne alimentaire.

Quand le soleil se couche, les étoiles apparaissent. Du ciel noir sur lequel elles se détachent, nulle lumière ne semble venir. Et pourtant... Il y a bien longtemps, l'Univers est passé par une phase où il était si dense et si chaud que la matière était opaque à la lumière. Comme l'Univers est en expansion, la matière se dilue et se refroidit. Quand la température devient suffisamment basse, les premiers atomes neutres se forment et le brouillard cosmique se lève. Il a fallu environ 380 000 ans pour que la lumière se propage librement dans un Univers qui lui est devenu transparent.

Son énergie, initialement presque égale à celle de la lumière solaire, a décliné à cause de l'expansion. Après 13,8 milliards d'années de voyage, cette lumière atteint la Terre avec une énergie mille fois plus faible qu'au départ

et apparaît dans la gamme des micro-ondes, invisibles à nos yeux. Elle provient de tout le ciel et semble émise d'une photosphère très froide, seulement 2,7 degrés au-dessus du zéro absolu, qui borne l'Univers observable. La cartographie la plus précise de ce rayonnement a été réalisée par le satellite européen Planck et a permis de préciser l'histoire de l'Univers.

La lumière nous a permis de prendre conscience d'une frappante symétrie : nous sommes situés entre la photosphère solaire et la photosphère cosmique. Georges Lemaître, un des pères fondateurs de la cosmologie moderne, résumait cette position : « *L'évolution du monde peut être comparée à un feu d'artifice qui vient de se terminer. Debout sur une escarille mieux refroidie, nous voyons s'éteindre doucement les soleils et cherchons à reconstituer l'éclat disparu de la formation des mondes.* » ■

A l'occasion de l'Année internationale de la lumière, la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, accueille, jusqu'au 30 août, l'exposition « 2015, l'odyssée de la lumière » (Odysseedelalumiere.fr), dont Roland Lehoucq est un des commissaires.

Une maison à l'écoute des autistes

ACCOMPAGNEMENT | L'architecture et l'aménagement intérieur d'un centre accueillant des patients ont été spécialement conçus pour prendre en compte leurs handicaps. Une réalisation qui a reçu, début mars, un prix prestigieux

SANDRINE CABUT

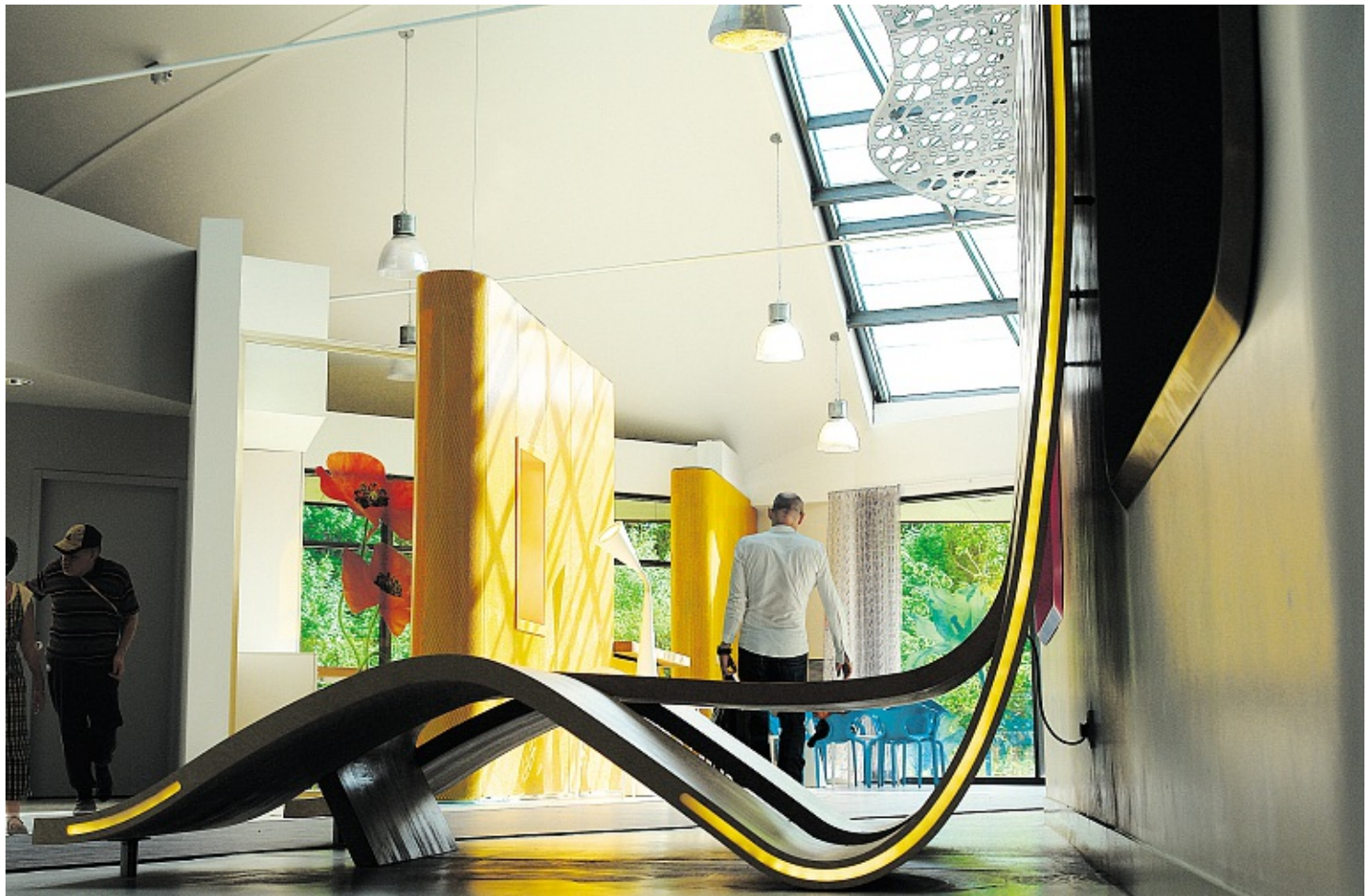
Champcevrains (Yonne), envoyée spéciale

Sur la place du village, à quelques pas d'un arbre magnifique, un petit groupe bavarde en prenant le café. Un peu plus loin, quelques personnes lisent ou font la sieste, lovées dans des sortes de chaises longues en bois aux courbes accueillantes. Une scène presque ordinaire de la vie à la campagne.

Presque. Le tronc de l'olivier bicentenaire se prolonge par une ramification... de chêne. La «place du village» autour de laquelle s'organise la vie de la collectivité est recouverte d'une voûte en zinc, traversée par des verrières et des puits de lumière. C'est le cœur d'un bâtiment unique en son genre où résident, depuis novembre 2014, 18 autistes âgés de 20 à 60 ans.

Agencement, courbes, matériaux, couleurs, lumière, meubles... Tout a été pensé pour adoucir leur existence, en prenant en compte leurs handicaps et, singulièrement, l'hypersensibilité sensorielle. «J'avais une obsession : que les résidents n'aient pas l'impression d'être dans un hôpital, enfermés. Alors, j'ai supprimé les couloirs, anxiogènes, et imaginé un système de voûte elliptique qui donne du volume tout en étant protecteur», raconte l'architecte designer Emmanuel Negroni, en faisant la visite guidée.

Bâtie en pleine nature, près de la petite commune de Champcevrains (Yonne), cette maison d'accueil a été baptisée l'Eveil du scarabée, en référence à la forme du bâtiment et à la symbolique de ce coléoptère, la résurrection. Pour réduire au maximum les effets d'écho et de façon générale les bruits, sources de stress, voire de souffrance chez les autistes, l'architecte a eu recours à des murs en tôle perforée (pièges à sons) doublés d'isolant acoustique, un système utilisé dans les salles de concert. Les plafonds ont été équipés de plaques de plâtre aux propriétés acoustiques. Emmanuel Negroni, qui n'avait



L'Eveil du scarabée, à Champcevrains (Yonne), a ouvert ses portes en novembre 2014. Ici, le salon. DR

« Depuis dix ans, Dominique démontait postes de radio, de télé, prises électriques... Ici, ces troubles ont disparu »

JEAN-PIERRE SANCHIS

directeur de l'Eveil du scarabée

aucune connaissance de l'autisme mais s'est documenté, a aussi beaucoup travaillé sur les couleurs et les éclairages.

Pour qui a en tête l'ambiance impersonnelle, blafarde ou verdâtre de bien des lieux de soins, c'est un choc. Ici, quel que soit l'endroit, la lumière naturelle est présente, avec une vue sur la nature environnante ou le ciel, mais elle peut être tamisée pour ne pas aggraver. Quant aux éclairages artificiels, surtout indirects, ils font notamment appel à des projecteurs à LED, «qui permettent de programmer à volonté l'ambiance», souligne Emmanuel Negroni. On peut choisir une lumière dynamisée le matin et plus douce dans la soirée. Il est même possible de sélectionner

des codes couleur correspondant à des moments de la journée, les heures des repas par exemple. Cette signalisation peut être utile pour ceux qui ont du mal à se repérer dans le temps ».

Autour de la place centrale et de son arbre rayonnent les pièces plus techniques (infirmerie, salle informatique, espace sensoriel avec balnéothérapie...), ainsi qu'un restaurant, avec un bar et une cuisine thérapeutique. Les espaces privés s'organisent en cinq «maisons», chacune composée de quatre chambres individuelles avec salle de bains. «L'un des défis a été de gommer les aspects médicaux, tout en restant conforme aux besoins et à la réglementation, très contraignante pour ce type de bâtiment, et sans dépasser l'enveloppe budgétaire de 2 000 euros du mètre carré», précise l'architecte.

Il y a encore quelque mois, la plupart des résidents de l'Eveil du scarabée vivaient à quelques kilomètres de là, dans une ancienne ferme. «J'ai tenu à ce qu'ils puissent choisir leur chambre, et quand ils sont arrivés, nous avons fait une remise symbolique des clés. Pour beaucoup, c'est la première fois qu'ils ont un vrai chez-eux», souligne Jean-Pierre Sanchis, directeur de l'Eveil du scarabée ainsi que de la maison de retraite (Ehpad) et de l'unité Alzheimer de Champcevrains, situées à quelques centaines de mètres.

Les intéressés sont ravis de faire visiter leurs appartements. A l'instar de Dominique, qui montre fièrement son téléviseur mural et sa lampe de chevet. «Depuis dix ans, il démontait postes de radio, de télé, prises électriques... Il en a

consommé un nombre incalculable. En arrivant ici, ces troubles ont disparu», note M. Sanchis.

Le directeur en est persuadé, un bâtiment peut être thérapeutique. «C'est un membre de l'équipe», insiste-t-il. Adeline Moneuse, la cadre de l'unité, témoigne aussi de changements flagrants de comportement chez plusieurs résidents : ils sont plus apaisés, ont moins de crises d'agressivité, un meilleur sommeil...

Les bénéfices médicaux de cet environnement vont-ils se maintenir et seront-ils un jour évalués objectivement ? Ce serait sans doute la plus belle des récompenses pour le directeur et

pour Pierre Denis, le maire de la commune, qui ont bataillé pendant près de dix ans pour qu'aboutisse ce projet novateur, très critiqué par certains politiques locaux. Au final, il a coûté 4,2 millions d'euros, la «fourchette haute dans cette catégorie d'établissement, pas plus», selon Jean-Pierre Sanchis. Emmanuel Negroni, lui, a reçu le 3 mars un prestigieux prix d'architecture (ArchiDesignClub Awards 2015), dans la catégorie établissements de santé. ■

► **Sur le Web** L'Eveil du scarabée : <https://fr-fr.facebook.com/autisme.autiste>

L'architecture au service des malades

Faut-il développer des structures d'accueil spécialisées pour les autistes ou tout faire pour les intégrer dans la société ? La question divise. Une chose est sûre : les besoins spécifiques de ces patients, et en particulier leur hypersensibilité sensorielle, sont rarement pris en compte dans les constructions classiques. Mais ce champ de recherche s'entrouvre. Un cabinet d'architectes londonien (GA Architectes) s'est spécialisé dans la conception d'écoles et de lieux d'accueil adaptés. En France, le sujet «architecture et autisme» a fait l'objet de la thèse de doctorat d'architecture d'Estelle Demilly, soutenue à Lyon, en 2014. Mené dans vingt établissements accueillant 148 adultes autistes, ce travail confirme que les caractéristiques architecturales in-

fluent sur leur état de santé mentale. Les pré-occupations architecturales existent depuis longtemps déjà dans le domaine de la maladie d'Alzheimer. Ces dernières décennies, des résidences conçues pour le mieux-être et la sécurité de ces patients ont vu le jour, en Australie, aux États-Unis, au Canada, en France... Et les bénéfices d'un environnement favorable ont été démontrés : pour les malades, qui sont plus calmes et ont moins besoin de psychotropes ; mais aussi pour les soignants, ainsi que pour les familles. Un «village Alzheimer» de 150 habitants a même été créé près d'Amsterdam, aux Pays-Bas. Le modèle séduit : un projet comparable est à l'étude en Suisse, et un autre en France, dans les Landes.

Fumeurs en vue autour de Saturne

Encelade, une des lunes de la planète gazeuse, abriterait des sources hydrothermales qui, sur Terre, foisonnent de vie

In'y a pas que sur Terre qu'il y a des fumeurs. Encelade, une lune parmi la soixantaine qui gravitent autour de Saturne, abriterait en effet un phénomène géologique jusqu'à présent connu seulement sur Terre : des sources hydrothermales, ou «fumeurs». Dans ces cheminées de plusieurs mètres de hauteur, l'eau des océans entre en contact avec le manteau terrestre, conduisant à de nombreuses réactions chimiques. En outre, dans ces zones s'épanouissent nombre de micro-organismes, et certains scientifiques pensent qu'elles sont à l'origine de la vie sur Terre.

Aurait-on donc pour la première fois trouvé de la vie ailleurs que sur notre planète ? Les astronomes n'en sont pas là, mais deux équipes indépendantes apportent des

indices qu'Encelade, cette boule de glace de 250 km de rayon, réfléchissante comme un lac glacé, est un corps plus actif qu'il n'y paraît. Des sources hydrothermales dans son océan liquide caché sous une trentaine de kilomètres de matière gelée constitueraient un véritable chaudron chimique.

En fait, les deux articles concernant ces recherches, parus le 12 mars respectivement dans *Nature* et *Geophysical Research Letters*, résolvent deux mystères à propos d'Encelade, et leurs deux réponses vont dans le sens de l'existence de ces fameux fumeurs.

Le premier mystère est celui du méthane, que d'impressionnants geysers au pôle Sud de la lune rejettent à des centaines de kilomètres d'altitude. Ceux-ci, au nombre d'une centaine, ont été re-

pérés dès les premiers survols par la sonde américano-européenne Cassini en 2005. Le problème est que les scientifiques ne comprennent pas l'origine de ce méthane. «Il ne devrait pas y en avoir car l'océan d'Encelade est une véritable lessiveuse à méthane. Il piège tout», explique Olivier Mousis, de l'université Aix-Marseille, co-auteur de l'article.

Méthane piégé

Ses calculs, reposant sur les conditions thermodynamiques de la masse liquide, montrent en effet que ce gaz est piégé sous forme de clathrates, une sorte de cage d'eau. Le phénomène de formation est si efficace que le méthane devrait être totalement absent des jets d'Encelade. Sauf si des sources en émettent en continu.

Et le bon candidat est un fumeur, comme sur Terre, où des réactions chimiques entre l'eau chaude et de l'olivine, par exemple, forment notamment des carbonates et du méthane.

Le second mystère est celui de minuscules grains de quelques nanomètres de diamètre à l'origine inconnue et repérés également par Cassini lors de son approche de Saturne en 2004. Une équipe internationale explique dans *Nature* que ce serait de la silice (l'identification précise est en fait impossible). Ces grains auraient été éjectés d'un des anneaux de Saturne, dont le contenu est lui-même alimenté par les geysers d'Encelade. En outre, des expériences de laboratoire ont permis de trouver la recette de fabrication de ces grains.

Ils nécessitent une eau chaude à 90 °C, une acidité très faible (pH 8,5) et une faible teneur en sels de sodium ou de potassium (comme il en a été trouvé dans les panaches d'Encelade). Gabriel Tobie, chercheur CNRS au Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes, explique dans un commentaire de la revue *Nature* que de telles conditions existent sur Terre. Par exemple, au milieu de l'Atlantique, au niveau du champ hydrothermal appelé Lost City, découvert fin 2000.

Les preuves des fumeurs sont donc assez indirectes et ténues. L'hypothèse d'une vie sous-marine microbienne est, a fortiori, encore plus spéculative. «Mais pas exclue !», indique Olivier Mousis. «Nous ne comprenons pas comment l'océan d'Encelade pourrait

être chauffé ainsi. Les effets de marée actuels, qui déforment la lune, semblent insuffisants pour expliquer l'activité hydrothermale», rappelle Gabriel Tobie.

Cela confirme néanmoins l'intérêt pour Encelade, plus encore que pour Titan, une autre lune de Saturne, ou pour Europe, une lune de Jupiter, dans la quête d'une vie extraterrestre. «L'avantage est que grâce aux geysers, il n'y a pas forcément besoin de creuser pour savoir ce qui se passe à l'intérieur», signale Olivier Mousis. Une mission, Enceladus Life Finder, a d'ailleurs été proposée à la NASA par l'un des coauteurs de l'article de *Geophysical Research Letters*, afin de trouver des indices plus clairs d'activité biochimique sur cette lune mystérieuse. ■

DAVID LAROUSERIE

A l'hôpital, le diabète mis en scène

MÉDECINE | Des diabétiques décrivent leur vie avec la maladie, qui est ensuite jouée par des comédiens professionnels. Un théâtre dont malades et soignants saluent les vertus cathartiques

FLORENCE ROSIER

« Tu te souviens de notre rencontre, en mai 2007 ?
– Oh oui, tu étais si faible et si pâle. Et tous ces litres d'eau que tu t'enfilais...
– Pourquoi es-tu venu vers moi ? Je me suis toujours posé cette question : pourquoi moi ? »

Ainsi débute un dialogue insolite : celui d'une jeune femme, Yasmina, et de sa maladie chronique, un diabète de type 1. Nous sommes à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris, un jeudi de février. Sept patients, avec leur équipe soignante, entourent la « scène » où se joue ce tête-à-tête, au septième étage de l'« Institut E3M ». Il s'agit du tout nouveau centre de référence pour les maladies métaboliques comme le diabète.

Alexandre Salberg et Muriel Roland, les comédiens qui interprètent ce dialogue écrit par Yasmina, appartiennent au Théâtre du Vécu. Une initiative née en 2002, de la rencontre d'un médecin et d'un metteur en scène. Le premier est le professeur Jean-Philippe Assal : ce diabétologue suisse est un des « pères » de l'éducation thérapeutique des patients. Forgé en 1979, ce concept montre comment le personnel soignant peut – et doit – aider les patients à gérer au mieux leur vie avec une maladie chronique.

« Cette mise à distance rend la souffrance plus facile à apprivoiser »

MARCOS MALAVIA

metteur en scène du Théâtre du Vécu

« Il y a quinze ans, Jean-Philippe Assal est venu me voir à l'Opéra-Comique, où je jouais un spectacle de pantomime. Il m'a dit : "En tant que médecins, nous ne savons pas lire le langage des patients. Mais vous, les artistes, qui travaillez avec le vécu des gens, vous pourriez nous aider" », raconte Marcos Malavia. Ce metteur en scène bolivien a fondé avec Muriel Roland la Compagnie SourouS, qui héberge le Théâtre du Vécu. Il revendique deux maîtres au théâtre : Marcel Marceau et Jean-Louis Barrault. « Le mime, cet art de la métamorphose, est une école propice à notre approche : l'acteur y efface son personnage social pour entrer en



Au répertoire du Théâtre du Vécu, la pièce « Vous n'êtes plus malade », de Marcos Malavia, inspirée des récits de patients. DR

vibration avec l'histoire de chacun », témoigne Muriel Roland.

Il y a quatre ans, ce théâtre a été invité à la Pitié-Salpêtrière par le professeur André Grimaldi, alors chef du service de diabétologie : « La grande erreur des soignants est de ne pas assez ouvrir la parole aux patients. Ici, nous cherchons à leur faire exprimer ce qui ne se rationalise pas : leur vécu émotionnel. »

« La souffrance est un brouillard, un nuage sans forme, renchérit Marcos Malavia. Si les patients parviennent à raconter ce nuage qui les habite, il prend forme avec la mise en scène. Et cette mise à distance rend la souffrance plus facile à apprivoiser. »

Fascinant processus de création. Décors, éclairages, jeu émotionnel et parfois très physique des acteurs, tout est minutieusement étudié, testé, puis retravaillé, pour donner corps à la parole des patients. Libérée de sa gangue de papier, elle révèle ses pépites. Marcos Malavia interroge Yasmina : « Et là, quand ton diabète te dit : "Nous deux, c'est pour la vie !", comment tu le vois : provocateur ? narquois ? presque complice ? » Entre révolte, humour et fatalisme, Yasmina finira par pactiser avec sa maladie, ce « vrai pot de colle ». Un pacte concrétisé par Muriel et Alexandre, qui topent là.

Le lundi précédent, les sept patients de ce groupe avaient été hos-

pitalisés pour une semaine : aucun ne parvenait à équilibrer son diabète de type 1, malgré un traitement par l'insuline. Le mardi, tous ont écrit une « lettre à (ou sur) leur diabète ». Le mercredi, chacun l'a lue devant les autres, dans « un grand silence émotionnel, une contagion empathique », selon André Grimaldi. Le jeudi était consacré à la mise en scène.

Le diabète d'Antoine, 21 ans, a été diagnostiqué quand il avait 18 mois. « J'ai toujours vécu avec, il est intégré dans ma vie quotidienne. Cette maladie ne me dérange pas trop. Mais cet atelier m'a permis de voir comment les autres vivent leur diabète : c'est plus difficile quand il est apparu à l'âge adulte. Cela m'a rappelé que la maladie reste présente, qu'il faut la prendre au sérieux », raconte ce jeune homme insouciant, débordant d'énergie, qui pratique la gymnastique de compétition tout en suivant un BTS de maîtrise de l'eau.

Emmanuelle a eu connaissance de son diabète le jour de ses 36 ans, il y a moins d'un an : « Un choc immense, une rupture d'autant plus violente que je venais de me séparer du père de ma fille. Ces six derniers mois, j'ai fait trois hypoglycémies avec coma : j'étais de plus en plus vulnérable, effrayée par l'insulinothérapie. Le stage a permis de réévaluer mon traitement. Et le Théâtre du Vécu est ar-

rivé à point : j'ai réalisé combien j'avais besoin de mettre des mots sur ce que je ressentais. » Cette directrice d'une MJC en témoigne : voir comment les comédiens se sont approprié son texte lui a permis d'être « moins à vif. Le temps s'arrête, c'est une richesse énorme ».

Interne en diabétologie, Margot Denis salue également cet exercice : « Il nous fait découvrir des facettes inattendues de certains patients un peu introvertis. Cela nous livre des clés pour mieux les comprendre, leur proposer des interventions plus personnalisées. »

Mais cette forme d'art-thérapie n'est pas reconnue comme telle : le Théâtre du Vécu ne fait pas appel à des professionnels de santé. D'où les difficultés de son financement : « Nous rémunérons le travail des comédiens par des contrats avec des industriels, des formations et la diffusion d'un film sur cette expérience », explique André Grimaldi.

Les vertus thérapeutiques de cette démarche restent difficiles à évaluer : « C'est tellement multifactoriel, admet le diabétologue. Tous les malades n'en tirent pas profit. C'est plus difficile avec les adolescents, par exemple. Mais ce qui change pour chacun, c'est le sentiment d'être pris en charge dans toute sa dimension humaine. » ■

TÉLESCOPE

Astronomie

Un lapin de jade chinois a sondé la surface de la Lune...

Le rover lunaire chinois Yutu, alias « Lapin de jade », a sondé le sous-sol du site où il a été déployé par l'atterrisseur Chang'e-3, fin 2013. Ses antennes radar ont révélé l'existence de pas moins de neuf couches différentes sur les 400 premiers mètres de roche lunaire. Pour les chercheurs chinois, ce mille-feuille témoigne de multiples processus géologiques intervenus depuis 3,3 milliards d'années à l'aplomb du cratère au bord duquel Yutu a effectué un parcours en zigzag de 114 mètres, avant de s'immobiliser, le 15 janvier 2014 : flots de lave liés à des éruptions successives, érosion de roche en régolithe, couches de poussière... Ils en concluent que la Lune présente « une histoire géologique plus complexe qu'on ne l'avait pensée ». > Xiao et al., « Science » du 13 mars.

... dont les entrailles sont révélées par les données d'Appolo

Entre juillet 1969 et septembre 1977, des capteurs posés sur la Lune par les missions américaines Apollo ont renvoyé vers la Terre des données sismiques. Une partie de ces archives oubliées, récemment mises dans le domaine public, nourrit un nouveau modèle de la structure interne de notre satellite. Ce modèle résulte de la comparaison de la vitesse de propagation du son mesurée à l'intérieur de la Lune par les missions Appolo avec celle mesurée sur différentes configurations de fer à l'état solide et à l'état liquide mis sous pression en laboratoire. Il propose un cœur de fer solide de 245 km à 250 km de rayon entouré d'une enveloppe de fer liquide mêlé de soufre de 80 km d'épaisseur. Ce modèle pourrait être appliqué à Mars, quand des données sismiques, prévues dans la mission américaine InSight, fin 2016, seront disponibles.

> Antonangeli et al., « PNAS » du 16 mars.

Biorobotique

Un scarabée-drone télécommandé



Une équipe internationale est parvenue à télécommander en vol et sans fil un grand scarabée de l'espèce *Mecnorrhina torquata*, grâce à un dispositif électronique qui stimulait alternativement deux muscles commandant l'orientation de ses ailes. Hirotaka Sato (université technologique Naniang, à Singapour) et ses collègues ont étudié le rôle de ce muscle, appelé 3AX, et ont constaté qu'il modifiait plus ou moins l'incidence de l'aile selon la fréquence de la stimulation électrique qui y était appliquée. Équipé d'un système électronique et « branché » à ses six électrodes (1,5 g au total), le cyberinsecte (8 g) tournait effectivement à droite et à gauche selon les commandes appliquées par les chercheurs, qui ne peuvent cependant pas encore contrôler son altitude de vol ou la phase d'atterrissage. (PHOTO : HIROTAKA SATO/NTU SINGAPORE)

> Sato et al., « Current Biology » du 16 mars.

Glioblastome : la piste d'un vaccin en deux temps

Une injection préalable de vaccin tétanos-diphtérie pourrait accroître les effets de l'immunothérapie

Stimuler fortement le système immunitaire par un vaccin combiné tétanos-diphtérie avant d'administrer un vaccin thérapeutique contre un cancer. C'est par cette stratégie originale qu'une équipe américaine a réussi à prolonger significativement la survie d'un petit nombre de patients atteints de glioblastome, la plus fréquente et la plus redoutable des tumeurs cérébrales. Les résultats préliminaires obtenus par John Sampson (université Duke, Caroline du Nord) et ses collègues ont été publiés dans la revue *Nature* datée du 11 mars.

Les glioblastomes, qui représentent les trois quarts des tumeurs cérébrales agressives (soit environ 2 500 cas par an en France), sont classiquement traités par chirurgie, radiothérapie et chimiothérapie. Pour améliorer

leur pronostic, d'autres pistes sont explorées, dont des approches vaccinales, qui consistent à stimuler des cellules immunitaires du patient pour qu'elles détruisent sélectivement sa tumeur.

Antigènes et placebo

Contrairement aux succès obtenus dans d'autres cancers – mélanomes notamment –, les essais d'immunothérapie n'ont jusqu'ici pas vraiment été couronnés de succès dans les glioblastomes. Mais la donne est peut-être en train de changer avec la technique mise au point par l'équipe de l'université Duke, très spécialisée dans les recherches sur ces tumeurs cérébrales.

Pour cette étude préliminaire, ces chercheurs ont inclus douze patients bénéficiant d'un traitement standard, et ils les ont ré-

partis aléatoirement en deux groupes. Six ont été « préconditionnés » par une injection d'antigènes puissants mais sans danger (tétanos et diphtérie), les six autres ont reçu un placebo. Ni les malades ni les médecins ne savaient quel était le traitement administré (procédure en double aveugle).

Dans un second temps, tous les participants ont été vaccinés avec des cellules dites dendritiques – des cellules immunitaires isolées de leur propre sang –, cultivées et préparées en laboratoire pour combattre les cellules de glioblastome.

Dans le groupe sans stimulation préalable, la survie moyenne a été de 11,6 mois. Dans l'autre groupe, trois des six patients sont restés en vie plus de trois ans. Un d'entre eux est même toujours vivant, sans

croissance tumorale, plus de huit ans après le traitement, souligne le communiqué de l'université Duke. Parallèlement, John Sampson et ses collègues ont mené des expériences sur des souris pour mieux comprendre le mécanisme d'action de leur stratégie. Ils ont ainsi mis en évidence le rôle d'une protéine (CCL3), qui faciliterait la migration des cellules dendritiques vers la tumeur.

Comme d'autres spécialistes des tumeurs cérébrales, le docteur Frédéric Dhermain (Institut Gustave-Roussy, Villejuif), salue l'originalité de l'approche de l'équipe de Duke, et la publication dans *Nature*, une revue de très haut niveau. « Jusqu'à présent, les essais de vaccination n'avaient pas obtenu de résultat significatif dans le glioblastome. Dans cette expérimentation, trois patients ont une survie considé-

rée comme très longue. Les données cliniques et chez la souris vont dans le sens d'une preuve de concept », explique ce médecin, oncologue et radiothérapeute. Il souligne cependant les limites de l'étude : son effectif très limité, mais également le profil des participants, qui ont un pronostic parmi les plus favorables.

L'équipe américaine prévoit de mener des essais à plus large échelle, pour confirmer l'efficacité de cette immunothérapie en deux temps. Cette stratégie pourrait-elle aussi accroître les effets d'un vaccin thérapeutique dans d'autres cancers ? C'est ce qu'espèrent les auteurs de l'étude. Trois d'entre eux ont d'ailleurs déposé une demande de brevet provisoire pour l'utilisation du vaccin tétanos-diphtérie en préconditionnement. ■

SANDRINE CABUT

100 000

euros

C'est le montant de la condamnation infligée, le 12 mars, par le tribunal de Ravensbourg (sud-ouest de l'Allemagne), à un biologiste qui avait nié le caractère viral de la rougeole. En 2011, l'homme avait promis, sur son site Web, de verser cette somme à quiconque lui prouverait le contraire. Un médecin avait rassemblé des publications scientifiques sur le sujet et réclamé sa récompense. Le biologiste avait refusé de la lui verser. Le juge a estimé que les preuves étaient suffisantes et l'a contraint de s'exécuter. Comme l'ouest des États-Unis, l'Allemagne, et plus particulièrement Berlin, fait face à une recrudescence de la maladie, en raison notamment d'une baisse de la couverture vaccinale. Un bébé de 18 mois y est mort à la mi-février.

LHC

La quête des particules est relancée

PHYSIQUE

Trois ans après la découverte du boson de Higgs, le Grand Collisionneur de hadrons (LHC) a été amélioré pour explorer des contrées inconnues de l'infiniment petit

DAVID LAROUSSE

C'est reparti ! Le manège infernal reprend à l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), dans l'accélérateur de particules géant, le Grand Collisionneur de hadrons (LHC, pour Large Hadron Collider). Avant la fin mars, de minuscules paquets de protons vont à nouveau faire le tour de l'anneau de 27 kilomètres qui court sous la frontière franco-suisse, à raison de 11 000 fois par seconde, presque aussi vite que la lumière. Puis dans deux mois, ces paquets se fracasseront les uns contre les autres. Les derniers feux d'artifice avaient eu lieu le 14 février 2013 à 7h24. Ils avaient été fructueux. Le 4 juillet 2012, les chercheurs avaient annoncé que les chocs frontaux entre protons au LHC avaient fait jaillir une nouvelle particule, le boson de Brout-Englert-Higgs, qui valut le prix Nobel en 2013 à François Englert et Peter Higgs (Robert Brout étant mort en 2011). Et pour cette année ?

« Pour les débuts du LHC en 2010, nous faisons un bond dans l'inconnu, mais il était assez clair que nous devions trouver ce boson. Pour cette nouvelle étape, c'est comme si nous n'avions ni feuille de route ni GPS », estime John Ellis, théoricien du CERN. « La tension est encore plus importante. Les deux prochaines années seront intenses », ajoute Yves Sirois, du CNRS, et membre de la collaboration sur le Solénoïde compact pour muons (CMS), une des deux plus grosses expériences autour du LHC. Le LHC saison 2 sera plus costaud, avec des énergies mises en jeu 60 % plus élevées que lors de la campagne précédente, entre 2010 et 2013. De quoi explorer des régions totalement inconnues. Et donc lever un coin du voile sur les lois physiques au-delà du

modèle achevé par la découverte du « Higgs ».

Personne n'a chômé depuis deux ans pour améliorer les performances de l'accélérateur, mais aussi des détecteurs et du système informatique qui permet de traiter et stocker toutes les précieuses données. « Au pic d'activité des travaux, nous avons eu jusqu'à 1600 personnes dans les tunnels où sont installés les accélérateurs [le LHC et ses injecteurs]. Et le plus souvent 1000 à 1200 », indique Frédéric Bordry, directeur des accélérateurs et de la technologie au CERN. « Nous avons eu deux jours d'avance sur un planning fixé deux ans avant ! », souligne Jean-Philippe Tock, responsable d'une des phases principales des

« En cas de problème, nous devons arrêter le courant le plus vite possible. C'est comme bloquer un paquebot filant à 80 km/heure »

JEAN-PHILIPPE TOCK
ingénieurs au CERN

travaux de consolidation de la machine, visant à éviter les problèmes électriques.

Pour augmenter l'énergie des collisions, il faut augmenter l'intensité du courant qui circule, de 6 500 ampères, entre 2010 et 2013, à 11 000 ampères, à partir de 2015. Seuls des câbles supraconducteurs, qui n'offrent aucune résistance au courant, peuvent remplir cette exigence extrême. A condition d'être placés à très basse température (moins de 2 degrés au-dessus du zéro absolu, soit - 271 °C environ) grâce à de l'hélium superfluide. Mais l'ensemble est fragile : la moindre résistance parasite

sur le chemin du courant fait grimper la température, un arc électrique provoque une fuite d'hélium, qui devient gazeux, et les cylindres métalliques formant l'anneau deviennent des Cocotte-Minute prêtes à exploser. Ce qui est arrivé en septembre 2008 lors du premier démarrage. Résultat, plus d'un an d'arrêt, et un vrai démarrage en 2009, à une énergie plus faible que prévu.

C'est désormais l'énergie nominale qui est visée. Alors, pas de droit à l'erreur. Tout a été vérifié et renforcé. 10 170 interconnexions électriques entre les câbles supraconducteurs ont été scrutées et consolidées. La solution trouvée par les ingénieurs a été de poser sur le chemin du courant des petites dérivations en cuivre. De simples plaques de 5 centimètres de long et de 2 millimètres d'épaisseur. 27 000 de ces plaques ont été posées par brasure au lieu de soudure. Soit une toutes les trois minutes environ, au cœur des éléments cylindriques constituant l'anneau.

A cause des exigences de sécurité et de qualité, d'un à six mois ont été nécessaires pour la formation des techniciens. Douze postes de travail étaient actifs en même temps. En fait, tous les 20 mètres, il y avait un chantier nécessitant l'ouverture de l'anneau. « En cas de problème, pour préserver l'accélérateur, nous devons arrêter le courant le plus vite possible. C'est comme bloquer un paquebot filant à 80 kilomètres par heure. Pendant ces quelques minutes, le courant passe par ces plaques de cuivre », rappelle Jean-Philippe Tock. « Ce sont nos "airbags". Depuis qu'ils sont posés, je dors mieux !, sourit Frédéric Bordry, responsable de l'ensemble de cette phase de consolidation. Un travail prodigieux. »

Ce n'est pas le seul. Ainsi, 600 soupapes de plus ont été posées afin d'évacuer le gaz de la Cocotte-Minute si les « airbags » ne marchent pas. Des armatures électriques ont aussi été déplacées dans des pièces annexes, derrière des murs de béton, pour éviter que le rayonnement des particules

n'abîme l'électronique. Dix-huit aimants, servant à guider et à focaliser les protons le long de l'anneau, ont également été remplacés. Les plus longs, de 15 mètres, sont au nombre de 1 232 – lors de l'incident de 2008, 39 avaient été touchés. « Au final, c'est presque comme si nous avions affaire à un nouvel accélérateur », résume Frédéric Bordry.

« Depuis l'été 2014, ces aimants sont à l'entraînement, comme des sportifs ! », s'amuse Jean-Philippe Tock. En effet, ils sont constitués de bobinage des fameux câbles supraconducteurs qui, lors du refroidissement intense et du passage du courant, subissent des forces et des contraintes énormes et « bougent » de quelques centimètres. Il faut donc progressivement injecter du courant. Peu à peu, la structure prend ses aises et se comporte de mieux en mieux. D'où l'incertitude sur la date exacte des premiers tours de piste. Les entraînements étant minutieux.

Les aimants n'ont pas été les seuls à s'échauffer. Du côté des détecteurs aussi, le travail a été intense. « Nous avons utilisé les rayons cosmiques pour tester nos détecteurs. Nous avons pu aussi injecter électroniquement des données dans la chaîne de traitement », note Alexandre Zabi, spécialiste du traitement des données sur l'expérience CMS. La nouvelle machine a imposé de changer cette partie capitale pour les expériences : le tri des événements. Au cœur des détecteurs, les croisements de paquets se succèdent toutes les 25 nanosecondes, une cadence doublée par rapport à la première phase. En outre, les collisions par croisement vont plus que doubler.

Résultat, les données vont pleuvoir, au rythme de 40 millions d'interactions par seconde, sept jours sur sept, vingt-quatre heures sur vingt-quatre ! Autant dire qu'il est impossible de tout garder et de tout traiter. C'est à l'électronique de faire, avant les ordinateurs, un tri pertinent afin de ne garder « que » 1 000 événements par seconde. « Cela a nécessité

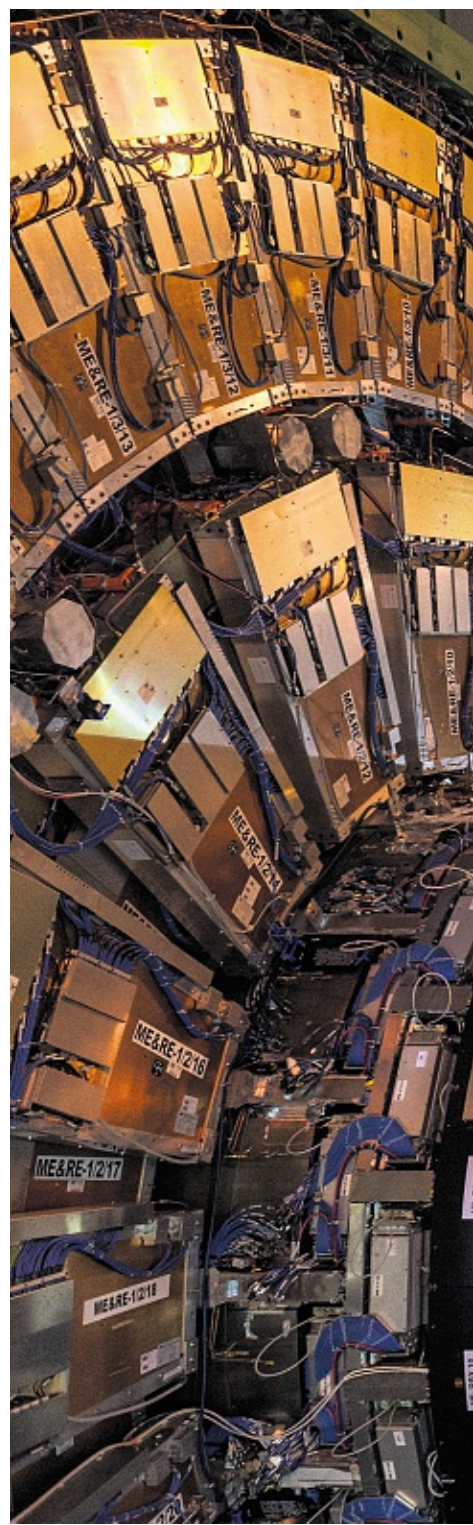
d'importants changements pour le détecteur », confirme Andreas Hoecker, responsable scientifique de l'expérience concurrente Atlas. « Les systèmes précédents de tri n'auraient pas tenu. On va les conserver, mais en parallèle nous utiliserons les nouveaux », indique Alexandre Zabi, qui a déjà passé beaucoup de nuits à améliorer ces dispositifs. « Nous sommes stressés. Sur le papier et dans nos tests, ça marche. Mais en vrai ? »

Il n'est pas le seul à être un peu tendu. Du côté de l'infrastructure informatique, l'activité a été intense. « Le flux constant de données s'est arrêté depuis deux ans. Maintenant, il va revenir avec des paramètres inconnus, comme le débit exact. On doit donc rester prêts à résoudre les problèmes éventuels. On ne peut pas se permettre de perdre des données ! », rappelle Frédéric Hemmer, chef du département technologie de l'information du CERN. Près de 800 commutateurs réseau ont été changés, 300 kilomètres de câbles posés, 60 000 nouveaux processeurs installés, la capacité de stockage a été doublée (l'actuelle archive des données de la première saison occupe 100 pétaoctets, soit 100 millions de gigaoctets)...

Un nouveau centre de calcul, extension de celui du CERN, a été construit en Hongrie et relié à la Suisse par des connexions à 100 milliards de bits par seconde... Les équipes informatiques ont même été mobilisées dans le tunnel. « Pour localiser précisément les personnels et aider l'intervention de secours, nous avons posé 1300 bornes de géolocalisation, décompte Frédéric Hemmer. Heureusement, elles n'ont pas servi. » Au total, le coût de cette mise à niveau est estimé à 150 millions de francs suisses (140 millions d'euros), mais sans augmentation du budget du CERN.

Pourquoi autant d'efforts ? Simplement pour trouver des failles dans l'édifice que les physiciens ont eux-mêmes construit. Et pour cela, un bélior de la puissance du LHC ne sera pas de trop. En effet, depuis 2012, tout va bien pour la physique. Un bel échafaudage a été construit où chaque particule élémentaire trouve sa place, ainsi que les trois forces agissant sur elle (à l'exception de la gravitation).

Mais la liste des problèmes non résolus reste longue. Notre Univers a l'air de baigner dans une matière invisible, dite



Recherche SuSy énergiquement

Elle est belle, séduisante. Son nom est sur toutes les lèvres, et dans bien des cœurs. Son côté insaisissable fait perdre la tête. « Moins on la trouve, moins elle est là », constate, énigmatique, un de ses fans. Elle, c'est SuSy, pour *supersymmetry*. Une théorie, voire LA théorie dont l'existence sera testée au Grand Collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. « Son but est de comprendre le paysage qui nous entoure, les forces, la matière... » détaille Pierre Fayet, physicien au laboratoire de physique théorique à l'Ecole normale supérieure et l'un des pères de cette théorie. « Super » signifie qu'elle agit au-delà de ce qui avait pu être imaginé auparavant, « symmetry » désigne le concept mathématique qu'elle utilise.

Le monde des particules se divise, en effet, en deux familles, les bosons et les fermions, chacun ayant des propriétés différentes. Les bosons ont l'esprit grégaire et aiment se rassembler ; les fermions sont plus individualistes et ne peuvent se trouver dans le même état qu'un de leurs voisins. L'électron, par exemple, est

un fermion, quand le photon, qui transporte la lumière, est un boson.

D'une certaine manière, SuSy dit qu'il n'y a finalement pas de grandes différences entre les deux espèces. A condition d'élargir le monde. C'est une sorte de réunification, qui passe par l'établissement de liens qui n'existaient pas entre les fermions et les bosons. Ce serait en fait un monde miroir au nôtre, chaque particule ayant un superpartenaire : l'électron a un cousin boson, le « sélectron ». Le photon, un « photino ». Et ainsi de suite.

« Une évidence aujourd'hui »

« Ceci est présenté comme une évidence aujourd'hui mais, au début, les gens se moquaient un peu de cette idée », se souvient Pierre Fayet, qui a développé cette hypothèse peu de temps après les premiers travaux de Bruno Zumino et Julius Wess, en 1973. L'invention est donc ancienne et n'a pas attendu les dernières confirmations concernant le modèle standard pour être développée. L'idée rappelle celle de Paul Dirac, qui « imagine » en 1928 pour des raisons mathématiques l'existence d'un antiélectron,

« symétrique » de l'électron, et qui fut découvert plus tard, en 1932.

Mais SuSy n'en est pas là. Personne n'a jamais vu la queue d'une « sparticule ». « Certes, les expériences du LHC première saison n'en ont pas détecté, et c'est une déception. Mais pas une tragédie », constate John Ellis, physicien théoricien au CERN, spécialiste de SuSy. Mais je ne suis pas prêt à jeter tous mes articles. Je vendrais même mes actions de théories alternatives pour garder celles de SuSy. Il est vrai que les expériences du LHC ont fait le ménage sur les étagères des théoriciens et qu'il reste peu de « concurrents » pour SuSy.

Outre le fait qu'elle utilise à nouveau la notion de symétrie, déjà féconde en physique des particules, cette théorie ne manque pas d'atouts. Ainsi la particule supersymétrique la plus stable et légère qu'elle prévoit, baptisée « neutralino », ferait un excellent candidat pour la matière noire, cette substance qui constitue 25 % de l'Univers mais qu'on n'a toujours pas détectée directement. Elle pourrait apparaître dans les désintégrations de particules plus lourdes, créées dans

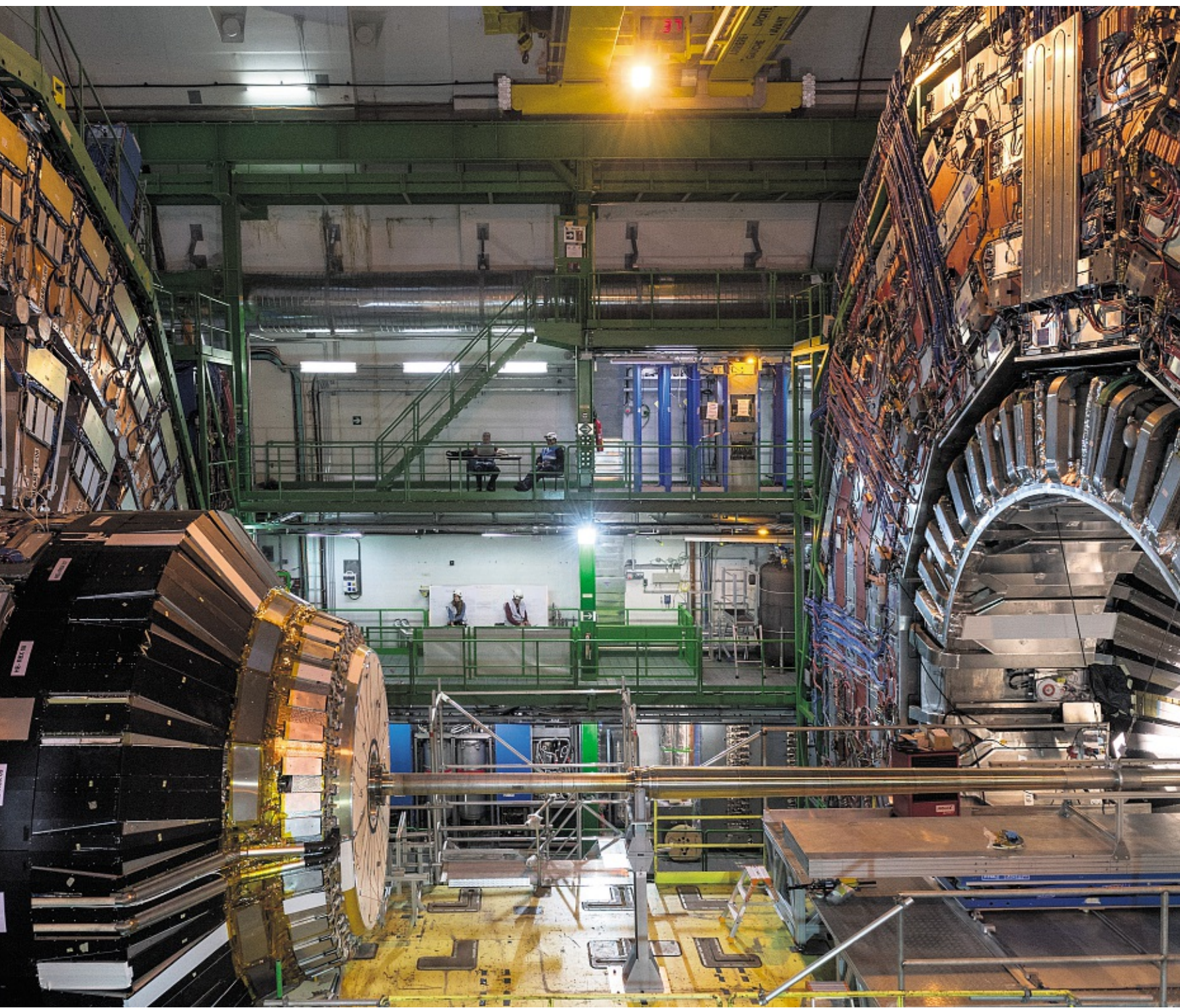
les collisions de protons du LHC.

SuSy est aussi commode pour empêcher le boson de Higgs de devenir en quelque sorte instable, c'est-à-dire pour expliquer sa masse, qui aurait pu sans cela devenir gigantesque.

Le concept supersymétrique apparaît dans une autre théorie, encore plus globale car incluant la force de gravitation, la théorie des cordes, elle aussi en quête de preuves expérimentales et qui mobilise une importante communauté. Or s'il n'y a pas trace de SuSy, cela nuirait à la prétention des cordes à décrire l'Univers.

L'enjeu des futures expériences au LHC est donc immense. « L'un des problèmes est qu'il est difficile de prévoir à quel niveau d'énergie des signes de la supersymétrie seront visibles. Cela pourrait se produire au LHC, mais il faut aussi rappeler que le modèle standard pourrait rester valable longtemps », souligne Pierre Fayet. « Nous explorerons un nouveau territoire. Nous verrons ce que nous trouverons », a déclaré, le 12 mars, Dave Charlton, porte-parole de l'expérience Atlas, l'un des deux détecteurs géants du LHC. ■

D. L.



Le détecteur CMS, installé sur l'anneau du LHC, mesure 21 m de long, 15 m de large et 15 m de haut.

ANDRI POL/COSMOS

Dates

16 décembre 1994

Décision de construire le LHC dans le même tunnel que le Grand Collisionneur électron-positron (LEP), mis en service en 1989.

10 septembre 2008

Premiers faisceaux dans le LHC, huit ans après l'arrêt du LEP.

19 septembre 2008

Incident matériel qui détruit plusieurs aimants.

Novembre 2009

Reprise des expériences à une énergie plus basse que celle prévue.

30 mars 2010

Premières collisions à haute énergie.

4 juillet 2012

Découverte du boson de Brout-Englert-Higgs, qui parachève l'édifice du modèle standard.

14 février 2013

Arrêt de la première phase.

8 octobre 2013

Prix Nobel pour François Englert et Peter Higgs.

Mars 2015 Redémarrage pour de premières collisions attendues en mai.

2018 et 2023 Nouvelles modifications destinées à augmenter le nombre de collisions.



Les physiciens John Ellis (à g.) et Keith Olive, spécialistes de la supersymétrie.

ANDRI POL/COSMOS

«noire», qui pourtant fait tenir les galaxies et qui occuperait tout de même plus de 25 % de l'Univers. De quoi est-elle faite? De même, pourquoi les particules ont-elles des masses si différentes? Un gros quark pèse 340 000 fois plus lourd que le léger électron. Ou encore, pourquoi la sœur jumelle de la matière ordinaire, l'antimatière, a-t-elle disparu? Elle était là au début de l'Univers et si les deux jumelles se rencontrent, pfuuit! tout s'annihile. Que dire de la quatrième force, la gravitation, qui n'entre toujours pas dans le tableau standard?...

Pour trouver les réponses, les collisions entre particules, en mobilisant des énergies que l'Univers a connues à ses débuts, sont un bon outil. Soit pour voir des détails qui avaient échappé jusqu'à présent, comme un biologiste découvrant l'ADN dans une cellule. Soit pour découvrir des choses totalement nouvelles, tel un astronome pointant sa lunette sur une exoplanète. Les deux options sont possibles.

En particulier, certaines théories prévoient que de nouvelles particules pourraient surgir dans la gamme sondée par le LHC. Certaines pourraient même composer cette fameuse matière noire. Comme elle est restée invisible jusqu'alors, elle n'apparaîtra pas directement sur un

écran, mais elle se révélera, car il manquera, dans le bilan final, un peu de masse dans la balance des physiciens. Après tout, c'est comme cela que les neutrinos, autres particules fugaces, ont d'abord été repérés en 1956. D'où l'importance de ne pas jeter au panier trop de collisions...

« Je rêve de voir la première lueur de l'Univers sombre »

ROLF HEUER

directeur général du CERN

En fait, si la théorie appelée SuSy (pour supersymétrie) est correcte, c'est même une pluie de particules qui devrait tomber dans les détecteurs. En effet, il y en aurait autant à découvrir que toutes celles déjà connues! «*Si nous avons de la chance, cela pourrait arriver vite*», espère le physicien John Ellis.

L'autre option est plus indirecte et a déjà commencé... dans les archives précédentes. «*Nous avons publié 350 articles en deux ans et 200 sont encore à faire*», note

Andreas Hoecker. «*Le 1^{er} janvier 2014, à minuit, 200 000 calculs tournaient sur les ordinateurs du CERN*», souligne aussi Frédéric Hemmer... Il s'agit d'affiner le portrait du boson, découvert en 2012, produit seulement en quelques centaines d'exemplaires. Par exemple, préciser comment cette particule apparaît (car plusieurs recettes sont autorisées) et disparaît (là aussi, plusieurs solutions sont possibles). Les paramètres exacts qui contrôlent ces phénomènes, pour l'instant, sont conformes à la théorie standard. Mais la moindre anomalie sera l'indice que quelque chose de nouveau est à l'œuvre.

«*Nous avons contribué à rendre concret le boson de Higgs et ses interactions avec les autres particules. Nous allons poursuivre. On sait qu'il existe une brèche quelque part. Il faut continuer de pousser au maximum le modèle standard*», indique Gavin Salam, théoricien au CERN. «*Je rêve de voir la première lueur de l'Univers sombre*», a pour sa part déclaré Rolf Heuer, le directeur général du CERN, lors d'un point presse, le 12 mars.

Le problème est qu'il n'est pas si sûr qu'une brèche s'ouvre ou qu'une lueur vacille. Le LHC pourrait rester bredouille. Ce diable de boson a en effet une masse déroutante: elle a exactement la bonne valeur pour que le bon vieux modèle et ses équations résistent jusqu'aux hautes énergies du Big Bang et a fortiori aux coups de boutoir de l'accélérateur nouvelle version. «*Techniquement, cette masse nous permet de prolonger le modèle très loin, à condition d'ajuster très précisément les différents paramètres. C'est finalement comme si l'Univers était au bord d'une falaise, mais il tient! Cet ajustement fin est pour le moins déroutant*», estime Yves Sirois, très motivé pour comprendre les raisons de cet équilibre. Et de philosopher: «*La question est de savoir si l'Univers est inévitable ou improbable*». Autrement dit, y a-t-il des lois physiques qui font que l'Univers est tel qu'il est? Lois que la physique s'est attachée jusqu'à aujourd'hui à découvrir. Ou bien notre monde est-il le résultat d'un tirage au sort, d'un heureux hasard?

Les prochaines années le diront sûrement. Entre pluie tropicale (de particules) ou désert aride, la physique est au bord d'un changement climatique. ■

Un projet encore plus ambitieux

Pendant les travaux effectués au CERN, du début 2013 jusqu'à l'été 2014, un autre chantier a commencé, sur le papier: l'étude d'un accélérateur ambitieux succédant au Grand Collisionneur de hadrons (LHC). Ses auteurs tiendront congrès du 23 au 27 mars à Washington, où plus de 300 personnes sont attendues. Le nouveau géant impressionne: près de 100 kilomètres de circonférence, dans un tunnel à 200 mètres sous la surface passant sous le lac Léman et les montagnes environnantes. Quatre expériences seront probablement installées sur l'anneau.

Surprenant retour d'une idée qu'on croyait abandonnée, voire impossible à réaliser: accélérer des particules sur un anneau aussi gigantesque. Les Américains avaient ainsi renoncé en 1993 à poursuivre le chantier d'un Superconducting Super Collider de 87 kilomètres. Certains pensaient aussi que, dans les virages, les particules perdraient plus d'énergie par rayonnement qu'on ne pourrait leur en fournir. Beaucoup s'étaient donc mobilisés sur un autre type d'accélérateur, en ligne droite, tel l'International Linear Collider (ILC), lui aussi à l'état de projet.

Répéter l'histoire qui a fonctionné

Mais des physiciens ont tenu bon. Depuis début 2013, ils se réunissent régulièrement pour convaincre de répéter l'histoire qui a fonctionné à l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN): commencer par des collisions d'électrons (ce fut le Grand Collisionneur électron-positron, LEP, de 1989 à 2000) puis, dans le même tunnel, poursuivre avec des protons (ce fut le LHC à partir de 2010). En fracassant des électrons les uns contre les autres, l'énergie est «faible», mais la précision est grande, car chaque collision est en quelque sorte efficace. Avec les protons, plus lourds mais composés d'autres particules, l'énergie est plus grande et permet d'explorer des régions inconnues. Ainsi le Future Circular Collider (FCC) vise au moins 350 milliards d'électron-volts (350 GeV) – contre 200 GeV pour le LEP –, avec des électrons et 100 000 milliards d'électron volts (TeV) avec des protons (sept fois le LHC environ).

«*Nous partons pour un projet de soixante ans!*», rappelle Alain Blondel, l'un des initiateurs de ce projet, qui espère de premiers coups de pioche avant 2025. L'idée est de faire de cette machine une sorte d'usine à bosons de Higgs, capable de cerner les moindres recoins de la théorie. Si le LHC a identifié quelques centaines de ce nouveau venu, l'ILC en récolterait 70 000 et le FCC 2 millions, selon les calculs de ses promoteurs.

«*Les machines circulaires sont bien connues, plus que les accélérateurs linéaires pour lesquels d'importants défis technologiques sont à relever*», estimait Roy Aleksan, du Commissariat à l'énergie atomique, à Paris, lors de la 8^e Rencontre des promoteurs du FCC en octobre 2014. A cet atelier, Patrick Janot, du CERN, mobilisait ses troupes pour promouvoir ce projet, y compris auprès des collègues des accélérateurs linéaires.

Pour ces pionniers, la prochaine échéance est 2018, date à laquelle ils devront rendre leur premier projet. Ce sera le moment où la nouvelle stratégie européenne de physique des particules sera décidée, tenant compte des premiers résultats de la deuxième saison de l'aventure LHC.

D'ici là, la Chine les aura peut-être devancés, car ce pays s'est lancé lui aussi dans la course avec une machine de 54 kilomètres qu'il espère terminer avant 2030. L'initiative est prise au sérieux: récemment, une expérience sur les neutrinos, Daya Bay, a damé le pion à son homologue européenne en terminant plus tôt la construction. ■

D. L.

L'anatomie virtuelle au musée

L'EXPOSITION

Les secrets de pièces rares sont révélés par le scanner. Une démonstration au Quai Branly

HERVÉ MORIN

C'est une petite exposition, mais qui en dit long sur la capacité des techniques modernes d'imagerie à renouveler notre regard sur le patrimoine artistique et ethnologique. Intitulée « L'anatomie des chefs-d'œuvre », cette installation du Musée du quai Branly présente conjointement quatorze pièces de la collection et des images obtenues grâce à des scanners médicaux ou des tirages en impression 3D effectués grâce à ces jeux de données.

Une statue nkisi du Congo (fin du XVII^e siècle ou du début du XIX^e) laisse ainsi deviner tout un réseau interne de conduits, depuis le haut du crâne obtenu. Ce « système digestif » accueillait la « charge magique » qui donnait sa puissance à la statuette. L'intérieur d'une autre statuette, celle-là du Guatemala (800 à 300 avant J.-C.), est lui aussi mis au jour, avec trois perles dont l'impression en 3D laisse supposer qu'elles étaient faites de jade. Autre exemple d'objet mystère révélé par le scanner : une tête de gorille femelle empaquetée dans une résille végétale, dans laquelle semblait rouler une bille. Des spécialistes du Musée national d'histoire naturelle, à Paris, ont déterminé qu'il s'agissait d'un fruit de palmier à huile.

« Ces outils donnent des informations dans une sphère qui est celle du secret », souligne Hélène Joubert, conservatrice en chef du patrimoine, dans une vidéo présentée dans l'exposition. Le pouvoir magique accordé à ces objets n'est pas pour autant annulé par ces opérations de dévoilement scientifique, précise un cartel. La tomographie par rayons X « autorise une fouille virtuelle, qui conserve l'intégrité des objets », résume Christophe Moulhérat, chargé d'analyses des collections du Musée du quai Branly.

« Le processus déclencheur a été les têtes maories », se souvient-il. Avant d'être restituées en 2012 au Musée national néo-zélandais, une partie de celles appartenant à des collections publiques françaises ont été scannées. Cet examen par le légiste-anthropologue Philippe Charlier a contribué à montrer que certaines étaient des faux – ces fétiches prisés par les Occidentaux ayant donné lieu à des trafics.

Ce pouvoir de révélation a poussé le Quai Branly à se doter d'une plate-forme de visualisation avec un logiciel développé par Vizua, une start-up émanant de l'Ecole de médecine de Paris-Descartes. Cet outil lui permet d'interpréter les données tirées de scans effectuées dans divers hôpitaux d'Ile-de-France, en accord avec des médecins passionnés par ces collections.

« C'est un outil de recherche avant d'être un instrument de communication », souligne Christophe Moulhérat : c'est à la demande des conservateurs ou des restaurateurs des pièces du musée que celles-ci subissent cet examen. « Mais il y a aussi un aspect ludique », admet-il en faisant la démonstration, dans son laboratoire, d'une plongée dans des détails invisibles d'une relique, face à un écran 3D. Cette allusion à l'univers du jeu n'est pas fortuite : les progrès des cartes graphiques pour satisfaire le marché des « gamers » ont contribué à ces avancées qui pourraient révolutionner la muséographie. ■

L'anatomie des chefs-d'œuvre, jusqu'au 17 mai, Musée du quai Branly, Paris 7^e. www.quaibranly.fr



Statue guatémaltèque scannée.

CHRISTOPHE MOULHERAT/MUSÉE DU QUAI BRANLY.

AVEC LA COLLABORATION DE CHLOÉ VANET, DE LA SOCIÉTÉ XTREMVIZ.

L'aérodynamisme de vos cils, qu'ils soient vrais ou faux



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

Journaliste et blogueur
Passeurdsciences.blog.lemonde.fr
(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

A quoi servent nos cils ? Plusieurs hypothèses s'affrontent et vous pouvez cocher juste : A/ à attraper la poussière, comme les poils de nos narines ; B/ à empêcher les gouttes de sueur de pé-

nétrer dans nos yeux ; C/ à tamiser la lumière du Soleil ; D/ à agir comme des organes sensitifs semblables aux vibrisses des chats ; E/ à faire la fortune de l'industrie des cosmétiques, qui n'en est pas à un baratin et à un néologisme près, si l'on en croit la profusion de mascaras à « effet volumateur » présents sur le marché du poil d'œil.

Soufflerie miniature

A moins qu'aucune de ces possibilités ne soit la bonne. Selon une étude américaine publiée le 25 février par la revue *Interface*, la réponse se situerait plutôt du côté de l'interaction des cils avec l'air. Pour l'analyser, ces chercheurs du Georgia Institute of Technology ont commencé par construire, à partir d'un ventilateur d'ordinateur, une soufflerie miniature à laquelle ils ont exposé la reconstitution d'un œil-type de mammifère, en changeant la longueur des cils entre chaque série de tests. Le faux œil était artificiellement humidifié en permanence et placé sur une balance précise au cent millième de gramme, afin de mesurer dans quelles circonstances l'évaporation des « larmes » était la plus grande.

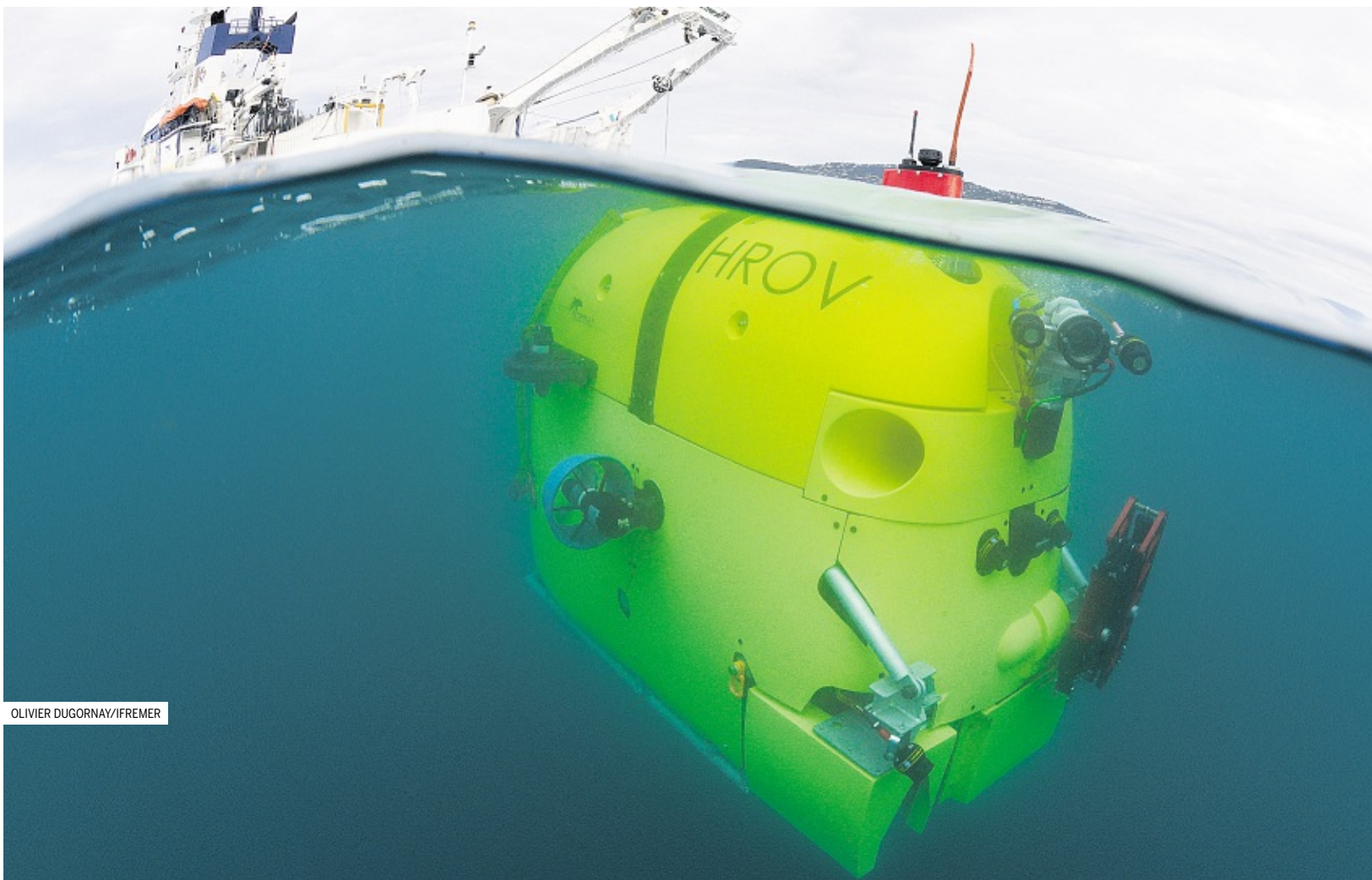
Ces chercheurs ont aussi modélisé le flux d'air s'écoulant le long des cils et à travers eux, et celui qui parvenait à la surface de l'œil. Enfin, ils ont mesuré très précisément la taille des yeux et des cils chez 22 espèces de mammifères.

Comme ils ne tenaient pas particulièrement à courir après une girafe, à savoir des exemplaires empaillés rencontrés au Muséum d'histoire naturelle de New York et chez un taxidermiste de Géorgie. J'ai cherché un *Homo sapiens* dans la liste des animaux sélectionnés... en vain, comme si les scientifiques n'en avaient pas sous la main. Un bref instant, j'ai cru l'avoir trouvé en voyant apparaître le mot « cougar », mais il ne s'agissait là que d'un puma – je me demandais aussi où ils avaient bien pu dénicher une femme empaillée.

Résultat de ces mesures : chez tous ces mammifères, la taille des cils vaut environ un tiers de la longueur de l'œil. Or, les expériences et modélisations présentées dans l'étude mon-

trèrent qu'il s'agit du ratio le plus efficace pour protéger du dessèchement l'organe de la vision. Plus court, le cil se révèle être un paravent insuffisant et, s'il est plus long, le réseau de cils se comporte comme un cylindre qui dirige le flux d'air vers la cornée. Quand le faisceau de poils mesure un tiers de la longueur de l'œil, apparaît une zone de stagnation de l'air qui agit comme une sorte de bouclier réduisant jusqu'à 50 % l'évaporation des larmes et le dépôt de particules. Mettre des faux cils, souvent beaucoup plus longs et denses que les vrais, pourrait donc conduire à un assèchement accéléré des yeux.

Ce n'est pas la première fois que cette équipe, dirigée par David Hu, a les honneurs de cette chronique pour la découverte d'un invariant chez les mammifères. En 2013, elle avait ainsi montré que, du chat à l'éléphant, en passant par le gorille et le tatou à neuf bandes, il fallait en moyenne vingt et une secondes à la vessie pour se vider. Ainsi que l'expliquait au *New York Times* un confrère de David Hu, ce dernier a un talent particulier pour « regarder où tout le monde a regardé et y voir ce que personne n'a vu ». ■



OLIVIER DUGORNAV/IFREMER

Le sous-marin Ariane, avec ou sans fil

En mer aussi, le véhicule hybride a la cote : l'Ifremer vient de présenter son dernier sous-marin, le HROV (Hybrid Remotely Operated Vehicle) Ariane. Ce submersible sans passager peut fonctionner soit relié à un navire par un câble de commande en fibre optique, soit en mode auto-

nome, jusqu'à 2 500 mètres d'immersion. Il est équipé de deux bras manipulateurs, d'un préleveur d'échantillons, d'une caméra géoréférencée. Ses futures missions : observation, cartographie, recherche de boîte noire, inspection d'ouvrages industriels ou de sites archéologiques, etc. ■

AFFAIRE DE LOGIQUE

La gauche plurielle

N° 904

On considère les nombres entiers positifs dont l'écriture décimale est faite de chiffres non nuls.

On dit qu'un de ces nombres appartient à la « gauche plurielle » si, en supprimant l'un après l'autre ses chiffres à partir de la gauche, on obtient à chaque fois un diviseur du nombre précédent.

Quel est le plus grand nombre qui peut se réclamer de la gauche plurielle ?

SOLUTION DU N° 903

On peut, en deux questions, identifier de manière certaine les touches mal accordées.

On numérote les touches, dans l'ordre, de 1 à 18. Il existe 16 trios T possibles de trois touches consécutives désaccordées, que l'on peut noter de 1 (1-2-3) à 16 (16-17-18). Une question Q sera assimilée à un sous-ensemble des 18 touches. La réponse en sera un entier compris entre 0 et 3, indiquant le nombre de touches appartenant à la fois à T et Q. Les réponses possibles à deux questions sont donc les 16 couples (a ; b) formés d'entiers de 0 à 3.

En choisissant convenablement les questions, on peut donc imaginer d'associer les 16 couples de réponses aux 16 configurations du trio T.

C'est le cas des sous-ensembles repré-

sentés en deux nuances de gris sur les deux lignes du tableau ci-dessous. Q1 = {7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 18} et Q2 = {1, 2, 3, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18}.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

À chaque couple possible de réponses correspond un et un seul des 16 trios. On peut alors résumer les conclusions dans le tableau ci-contre où, en fonction des réponses à Q1 et Q2 (en gris), le trio solution est représenté par le numéro de sa première touche.

	0	1	2	3
0	4	5	6	7
1	3	12	11	8
2	2	13	10	9
3	1	14	15	16

ÉLISABETH BUSSER ET GILLES COHEN © POLE 2015 www.affairedelogique.com

Forum des mathématiques vivantes à Paris, Lyon, Marseille...

La Semaine des mathématiques se termine cette année par des manifestations ouvertes au public dans de nombreuses villes. Un Forum des mathématiques vivantes, de l'école au monde est organisé par la CFEM (Commission française pour l'enseignement des mathématiques) avec l'aide de nombreuses associations les 21 et 22 mars à Paris, Lyon et Marseille. Le samedi 21 s'adressera au grand public, le dimanche 22 concernera plutôt les enseignants. Sélection de quelques événements du samedi :

- Paris (*programme complet sur <http://www.cfem.asso.fr/actualites/ProgrammeForumMaths2015Paris.pdf>*).
- Au Cenquatre (5, rue Curial, 19^e), de 10 heures à 15 heures : ateliers de jeux mathématiques, concours Mini-kangourou, construction de polyèdres géants, présentations de projets MATH.en.JEANS par des groupes d'élèves, exposition « Espaces imaginaires : motifs et mirages géométriques ».
- A la BNF (11, quai François-Mauriac, Paris 13^e), à partir de 14 h 30 : conférences « Mathématiques des mouvements de foule », « Sciences du numérique et transports », zoom sur les métiers des maths et de l'informatique, célébration des dix ans du cycle de conférences « Un texte, un mathématicien ».
- A l'Espace Tangente (80, boulevard Saint-Michel, Paris 6^e) : signature à 16 h 30 du livre d'art fractal de Jérémie Brunet.
- Lyon (*programme complet sur <http://www.cfem.asso.fr/actualites/ProgrammeForumMath2015Lyon.pdf>*).
- A l'Académie des sciences, belles lettres et arts, palais Saint-Jean, 4, avenue Adolphe-Max, Lyon 5^e, de 9 h 30 à 16 h 30 : exposés et conférences comme « Comment concevoir un circuit de train miniature qui reboude toujours bien ? », ou « La machine à marcher et la bicyclette de Tchebychev », projections de films mathématiques, expériences et manipulations, jeux, exposition d'objets mathématiques, mini-rallye mathématique à la découverte du Vieux-Lyon...
- Marseille (*programme sur <http://www.cfem.asso.fr/actualites/ProgrammeForumMath2015Marseille.pdf>*).
- Sous l'Ombrière (Vieux-Port) : exposition « Imaginary » de surfaces algébriques.
- Au grand amphithéâtre de la Bibliothèque de l'Alcazar, 58, cours Belsunce : conférences de 20 min suivies de débats (« Les défis actuels des maths en médecine », « Les mathématiques au service du projet Rosetta », « Maths et Physique, la preuve par l'ITER ») alternant avec des projections de séquences du film « Chaos ».
- Sur toute la France (14 villes), championnats de sudoku et jeux de grilles logiques ouverts à tous. Pour y participer, rendez-vous sur le site <http://fffjm.org/> pour s'inscrire et avoir accès aux modèles des jeux de grilles ou aux variantes du Sudoku proposées lors des épreuves, ce qui permet de s'y entraîner. Un exemplaire du magazine *Spécial logique* sera envoyé à chaque participant.

Cache-cache entre la Lune et le Soleil, avant la « marée du siècle »

Le Soleil a de nouveau rendez-vous avec la Lune pour gratifier les Terriens de deux phénomènes astronomiques et hydrographiques spectaculaires. Une éclipse de Lune occultera totalement la lumière du Soleil, vendredi 20 mars, dans le nord de l'Europe, les îles Féroé et l'archipel de Svalbard constituant un lieu d'observation de choix – si la météo est clémente. En France métropolitaine, l'occultation de notre étoile ne sera que partielle, étant plus forte (jusqu'à 81,5 %) dans l'Ouest que dans le Sud-Est (63,3 % à Nice), et sera à son maximum vers 10 h 30. Cet alignement de la Terre, de la Lune et du Soleil se traduira quelques heures plus tard par la première « marée du siècle », d'un coefficient de 119 (pour un maximum théorique de 120). « *Les deux phénomènes ont bien la même cause, la position relative de ces trois astres* », indique Patrick Rocher, astronome à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, à Paris. Il a d'ailleurs calculé que la plupart des éclipses du XXI^e siècle seraient accompagnées de grandes marées. « *En 1997, on s'est trouvé exactement dans le même cas* », rappelle-t-il. « *Il est un peu abusif de parler de "marée du siècle", puisque cette configuration particulière se reproduit suivant un cycle de dix-huit ans* », confirme Nicolas Weber, ingénieur au Service hydrographique et océanographique de la marine. ■

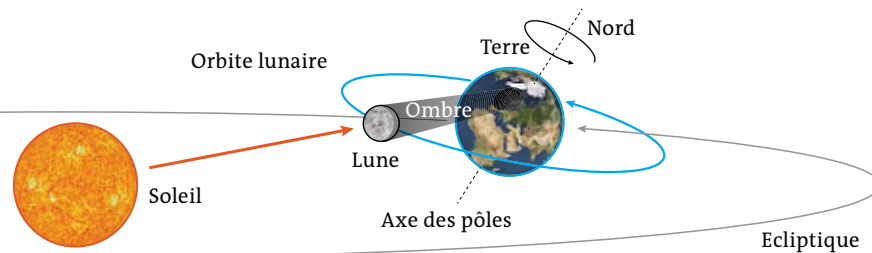
HERVÉ MORIN

Une conjonction astronomique

19 mars, à 20 h 38, la Lune est au périgée (distance minimale à la Terre de 357 584 km).

20 mars, à 7 h 13, la Lune est dans l'équateur terrestre ; à 10 h 36, nouvelle Lune ; à 10 h 46, maximum de l'éclipse totale du Soleil ; à 23 h 45, équinoxe de printemps (Soleil dans l'équateur terrestre).

21 mars, à 17 h 52, pleine mer à Brest, avec un coefficient 119 de la marée de vive-eau.

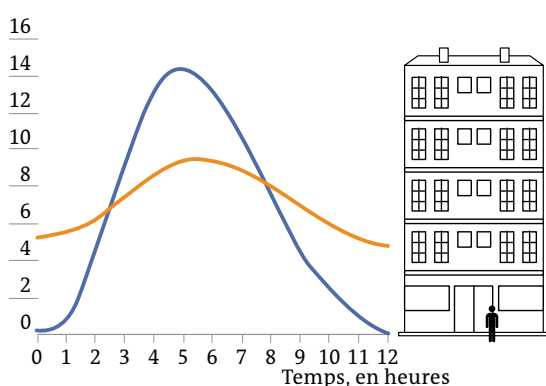


Lois de l'attraction

La marée s'explique par la conjugaison de l'attraction exercée sur les masses d'eau par la Lune et le Soleil, alignés avec la Terre. Le relief sous-marin et la structure côtière peuvent accentuer le marnage (différence entre une pleine mer et une basse mer successives), qui sera maximal dans la baie du Mont-Saint-Michel avec 14,15 m.

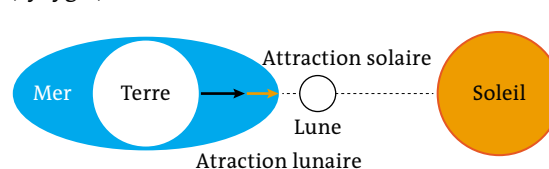
Hauteur d'eau, en mètres, dans la baie du Mont-Saint-Michel

— Coefficient 119 — Coefficient 38

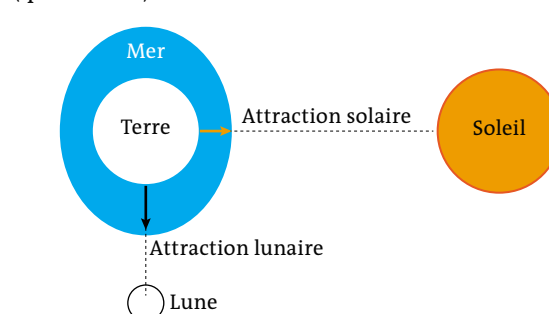


INFOGRAPHIE : HENRI-OLIVIER & PATRICIA FORLINI

Marée de vive-eau en nouvelle Lune (syzygie)



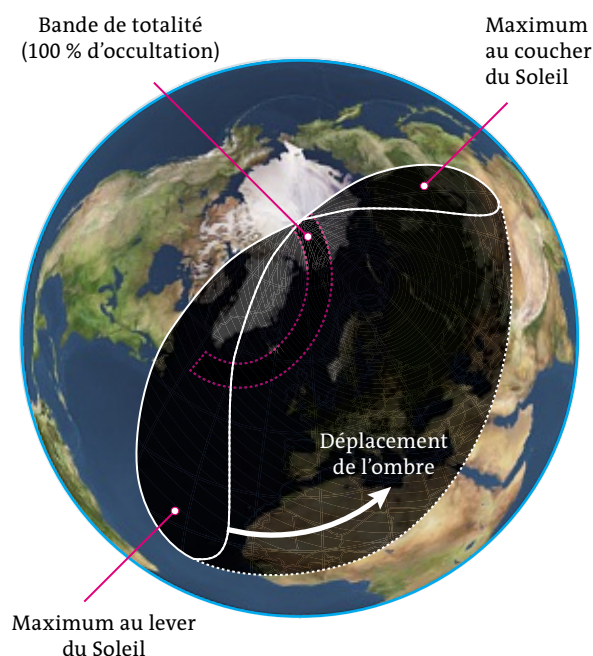
Marée de morte-eau en premier quartier (quadrature)



Attention : il est impératif d'utiliser des lunettes adaptées pour observer l'éclipse

Une ombre sur la Terre

L'éclipse du 20 mars sera totale – mais pas sur la France. Sur les huit « marées du siècle » qui se succéderont au cours du XXI^e siècle, seule celle de 2068 ne sera pas accompagnée d'une éclipse de Soleil ou de Lune.



SOURCES : SHOM; IMCCE

Un collectif de chercheurs appelle, dans la prochaine loi de santé, à la mise sur pied d'une plate-forme mutualisée qui faciliterait l'accès et le partage des données médico-administratives

Pour un meilleur accès aux données de santé

| TRIBUNE |

La loi de santé sera bientôt débattue au Parlement. Elle organise l'ouverture des données de santé demandée par de nombreux acteurs issus du monde associatif, des industries de santé, des assurances complémentaires et de la recherche. Le projet de loi prévoit de regrouper dans un système national des données de santé (SNDS) les grandes bases de données médico-administratives (remboursements des soins, séjours hospitaliers, données des établissements pour personnes handicapées, causes de décès) et d'en faciliter l'accès pour des finalités d'intérêt général.

Plébiscitée par de nombreux acteurs, cette ouverture représente une opportunité de première importance pour la recherche biomédicale, la recherche en santé publique et pour les sciences sociales. A terme, l'analyse des données de santé aidera à mieux fonder les politiques de santé sur des éléments objectifs. Les appariements entre les bases de données médico-administratives et des études cliniques, biologiques, économiques ou sociologiques, ainsi que des cohortes ou d'autres enquêtes épidémiologiques permettront de mieux connaître et d'agir plus directement sur le système de santé, ou plus concrètement sur l'organisation de parcours de soins et de santé, sur l'usage des médicaments, sur les conditions d'exposition des personnes à leur environnement, sur les risques liés au travail, ou encore sur la lutte contre les inégalités sociales de santé.

Tous ces sujets constituent des priorités de la Stratégie nationale de santé inspirant l'actuel projet de loi. L'accès facilité au SNDS contribuera à améliorer tant les connaissances que l'action publique, aux échelons nationaux et régionaux, tout en favorisant le débat démocratique sur les politiques de santé.

Pour autant, la mise à disposition de données de santé massives concernant des personnes exige des précautions. Les acteurs œuvrant dans ces domaines, et en particulier les chercheurs, en sont conscients. La protection des données personnelles et le caractère éthique des recherches constituent des exigences permanentes dans l'organisation du travail scientifique, exigences que le droit garantit. L'accès aux données qui seront regroupées dans le SNDS est d'ores et déjà possible pour les chercheurs. Pour en garantir la confidentialité, ces derniers doivent par exemple cloisonner les données présentant un risque d'identification des personnes, en cryptant ou en dissociant ces informations, et s'assurer de la traçabilité de tous les accès.

Quel citoyen accepterait que, sous couvert de recherche, ses données de santé entrent dans le do-

maine public ou fassent l'objet d'appropriations illégitimes, au risque d'être utilisées à des fins commerciales, ou dans le milieu de travail, voire de manière discriminatoire ou malveillante ?

Ces risques sont réels et doivent être pris en compte. Mais les procédures d'accès aux données existantes sont anciennes et peu adaptées aux standards contemporains de la recherche. Elles nécessitent des démarches longues et fastidieuses auprès de nombreuses instances. Les recherches qui utilisent le numéro identifiant de Sécurité sociale (NIR) doivent même faire l'objet, au cas par cas, d'un décret en Conseil d'Etat !

Souvent, les délais d'instruction sont préjudiciables à la recherche et finalement à la santé elle-même. Pour définir les conditions d'accès aux données et d'utilisation de celles-ci à des fins de recherche, le régulateur doit s'associer aux communautés

« Pour garantir la confidentialité, les chercheurs doivent par exemple cloisonner les données présentant un risque d'identification des personnes, en cryptant ou en dissociant ces informations, et s'assurer de la traçabilité de tous les accès »

scientifiques concernées et bâtir avec elles une régulation exigeante, efficace et réactive.

L'intérêt général auquel concourt la recherche publique en mettant à la disposition de tous de nouvelles connaissances, dans un contexte international souvent très compétitif, justifie de lui faciliter l'accès au Système national de données de santé, sans d'ailleurs freiner l'accès que revendiquent légitimement d'autres acteurs de santé, notamment associatifs et professionnels. C'est le sens des propositions que nous formulons à l'adresse des décideurs pour qu'elles soient traduites dans le texte de loi et dans ses décrets d'application. En amont de l'écriture du projet de loi, le rapport Bras et celui de la commission Open Data se sont fait l'écho de nos préoccupations.

Du point de vue organisationnel, une plate-forme technique mutualisée à l'ensemble des organismes

de recherche et des universités pourrait jouer un rôle d'interface entre les demandes d'équipes de recherche et le SNDS, dont les bases de données sont souvent complexes. Les équipes seraient ainsi accompagnées d'un point de vue technique, réglementaire et éthique, afin que leurs projets aboutissent dans les meilleures conditions aux autorisations indispensables, comme c'est déjà le cas dans certains pays, tel le Danemark. Dotée de moyens humains et financiers adéquats, cette plate-forme serait confiée à l'Alliance nationale pour la vie et la santé (Aviesan) et à l'Alliance nationale des humanités, sciences humaines et sociales (Athena), qui coordonnent la recherche publique en santé et en sciences sociales.

Du point de vue réglementaire, les procédures d'accès au système national des données de santé ne doivent pas perturber les normes s'appliquant à d'autres données de recherche. S'il est indispensable de veiller à la cohérence des dispositions législatives françaises avec le cadre européen, en cours de redéfinition, les dispositions envisagées pour le SNDS ne doivent pas pénaliser des travaux mobilisant des données moins sensibles. Il serait également dommageable d'associer les données nationales sur les causes de mortalité, depuis longtemps produites à des fins de recherche, à des données directement identifiantes, ce qui pourrait rapidement nuire à la sincérité des déclarations faites par les professionnels de santé au moment du décès.

Enfin, en amont de l'accès aux données de santé, il importe que l'évaluation de la qualité des projets scientifiques requérant l'accès au SNDS prenne simultanément en compte les aspects scientifiques et éthiques, qui sont toujours indissociables, tout en restant clairement indépendante d'enjeux plus généraux de gouvernance des bases de données, qui doivent de leur côté associer l'ensemble des acteurs de santé concernés.

Au total, l'ouverture des données de santé est une formidable chance pour la recherche. Les chercheurs l'appellent de leurs vœux sans réserve. Les infrastructures qui devront être mises en œuvre pour répondre aux besoins de connaissance devront s'articuler avec un respect scrupuleux de l'éthique, de la qualité scientifique et de la vie privée des citoyens. Il incombe au gouvernement et au législateur d'y veiller. ■

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

Daniel Benamouzig,
Yann Bourgueil,
Anita Burgun,
Chantal Cases,
Geneviève Chêne,
Dominique Costagliola,
Pierre-Yves Geoffard,
Marcel Goldberg,
Frédérique Lesaulnier,
Jean-Paul Moatti,
Grégoire Rey
et Alfred Spira.
(Voir la liste complète sur lemonde.fr)

L'expertise VICHY DERCOS au service du cheveu

Grâce à deux produits innovants, Vichy offre des solutions efficaces aux personnes qui souffrent de problèmes capillaires. A partir d'un diagnostic essentiel établi par un expert, chute de cheveux ou perte de densité capillaire ne sont plus une fatalité.

C'est souvent un événement mal vécu par les hommes comme par les femmes. Chute « anormale » de cheveux, sensation d'une chevelure moins dense... Si certaines personnes supportent la perte de leurs cheveux, d'autres peuvent mal le vivre : sentiment de vieillissement, perte de confiance en soi, difficultés relationnelles. Mais il existe aujourd'hui des solutions efficaces pour lutter contre ces problèmes capillaires. D'abord, il est important de comprendre que la chute des cheveux est naturelle. La « vie » du cheveu comporte quatre étapes. La première, dite « anagène », concerne la phase de croissance et dure entre un à dix ans. La deuxième (catagène) correspond à la phase de régression : durant deux à trois semaines, le follicule pileux (la racine du cheveu) arrête ses synthèses cellulaires. Puis survient la phase de chute proprement dite (télogène), qui se déroule sur trois mois. Enfin, la phase de « dormance » se caractérise par une période de latence, variable de 2 à 12 mois selon le follicule, avant qu'un nouveau cheveu apparaisse.

Chaque individu compte entre 100 000 et 150 000 cheveux, et tous ne vivent bien sûr pas au même rythme. Pas de panique donc : le fait de retrouver tous les matins des cheveux sur sa brosse ou son oreiller n'est pas forcément synonyme de chute des cheveux. En moyenne, 80 à 90% des cheveux sont en phase anagène (croissance), contre 10 à 20% en phase télogène (chute ou repos). Mais chez certaines personnes, un taux de chute supérieur à 20% peut signaler une chute de cheveux avérée. Outre les causes génétiques, de nombreux facteurs peuvent l'expliquer : maladies chroniques, stress, fatigue, nutrition, saisonnalité... Quant à la perte de densité capillaire, elle se caractérise par un cuir chevelu plus visible, des cheveux plus fins et donc une diminution du volume de la chevelure sans observer de chute apparente. Depuis plus de vingt ans, la Recherche L'Oréal se mobilise pour mieux comprendre ces phénomènes et mettre au point des solutions appropriées. Environ une personne sur deux qui pense perdre ses cheveux a en réalité un problème de densité capillaire.

« Le manque de densité et la chute des cheveux sont deux problématiques distinctes qui nécessitent des traitements spécifiques, précise Pascale Mora, directrice de la communication scientifique chez Vichy. Notre marque, Vichy Dercos, aide à poser le bon diagnostic pour choisir le soin adapté. »

Pour poser le bon diagnostic, il suffit de se livrer à quelques observations. Avez-vous le sentiment de retrouver plus de cheveux que d'habitude sur votre brosse, votre oreiller ou dans la douche ? Si oui, c'est que vous présentez à priori des signes de perte de cheveux. Ce n'est pas le cas, mais vous trouvez que votre chevelure perd du volume, que votre cuir chevelu apparait de façon plus marquée ? Alors, c'est sans doute que vous souffrez d'un problème de densité capillaire.

Le Vrai/Faux

Un cheveu pousse en moyenne d'un centimètre par mois.



Chaque cheveu pousse d'environ 0,3 mm par jour.

Un cheveu qui tombe ne repousse jamais.



En effet, le même cheveu ne repousse pas, mais il est remplacé par un nouveau cheveu au bout de deux à douze mois.

En cas de perte de densité de la chevelure, le phénomène est irréversible.



Des produits comme Neogenic, permettent de redonner de l'épaisseur et du volume à la chevelure, grâce à une application quotidienne pendant trois mois.

Dercos Aminexil Pro



Femme



Homme



Dercos Neogenic



L'arme anti-chute à l'efficacité prouvée

Contre la chute des cheveux, Vichy Dercos propose Aminexil Pro, un produit qui combine trois actifs, l'aminexil, le SP 94 et l'arginine. L'aminexil est une molécule, découverte par la Recherche L'Oréal qui a pour propriété de lutter contre la rigidification de la gaine de collagène qui entoure le cheveu, souvent à l'origine de la chute. Le SP 94 apporte une réserve énergétique pour construire une fibre forte. Enfin,



« C'est un produit d'autant plus efficace qu'il est employé de façon précoce, dès que le patient a le sentiment de perdre ses cheveux, témoigne le Dr Philippe Deshayes, dermatologue conseil pour Vichy. Il est important d'aller au bout de la durée du traitement pour obtenir des résultats probants. Ils apparaissent au bout d'un mois et demi mais sont meilleurs à l'issue de la cure recommandée, soit trois mois. Mes patients sont en général satisfaits, ils apprécient également l'agrément cosmétique offert par ce produit. »



l'arginine, alliée à l'embout massant permet de favoriser la stimulation de la microcirculation. Fortifiée, revitalisée, la chevelure devient plus belle, plus facile à coiffer. De texture agréable, Aminexil Pro procure une réelle sensation de bien-être au moment de l'application.

Avec ces trois composants, l'efficacité d'Aminexil Pro est prouvée par plusieurs études. L'une d'entre elle, menée en Italie auprès de 130 sujets, a permis de prouver cliniquement versus placebo son efficacité anti-chute, en 6 semaines. Les dermatologues recommandent volontiers Aminexil Pro en consultation. Proposé sous deux formules (homme ou femme) Aminexil Pro s'applique sur le cuir chevelu par le biais d'un embout massant.

Le bon soin traitant pour une meilleure densité capillaire

En cas de perte de densité capillaire, Vichy Dercos propose Neogenic, un produit qui contient une molécule révolutionnaire, la Stémoxydine. Ce produit, développé par la Recherche L'Oréal, favorise l'augmentation de la densité capillaire et l'apparition de plus de cheveux. Plusieurs études ont été menées, dont une en double aveugle sur 100 personnes qui a permis de prouver l'efficacité de la Stémoxydine. La densité capillaire a été ainsi augmentée de + 4% vs. placebo. Une autre étude conduite en Italie auprès de 133 personnes démontre qu'au bout de trois mois d'application, 90% des participants ont trouvé leur chevelure plus couvrante. L'efficacité de Neogenic dépend de la stricte observance du soin traitant : l'application d'une ampoule par jour durant trois mois est nécessaire pour observer un résultat satisfaisant. A l'issue des trois mois, les usagers perçoivent une augmentation visible de l'abondance et du volume de leur chevelure. Et ils ressentent également une plus grande facilité de coiffage. Par ailleurs, le niveau de tolérance est excellent, comme le montre l'évaluation du produit sous contrôle

dermatologique. A l'instar de l'ensemble des produits Vichy, Neogenic n'est disponible que dans les pharmacies et parapharmacies.



« Le rôle du pharmacien est important pour aider le consommateur à poser le bon diagnostic, à recommander le produit adapté et à bien expliquer son mode d'emploi, témoigne Pauline Levêque, pharmacienne à Paris. En trois ans, j'ai pu constater l'efficacité de Neogenic qui permet de favoriser la densité capillaire, mais aussi apprécier la satisfaction des utilisateurs. Le pharmacien intervient comme un expert du cheveu et un relais pour promouvoir la bonne observance du traitement. »



Pour Vichy, la pharmacie est le lieu d'expertise idéal pour promouvoir un traitement capillaire adapté à chaque situation, assorti des conseils d'usage nécessaires pour une efficacité optimale.

Dercos Aminexil Pro

Étude menée en Italie auprès de 124 personnes. Après 3 semaines d'utilisation :

89%

des utilisateurs trouvent que leur chute de cheveux a été freinée.

En ce moment, Vichy vous propose des offres spéciales sur des programmes capillaires complets*.

Demandez conseil en pharmacie ou parapharmacie et faites dès maintenant votre diagnostic sur www.vichy.fr

*Liste des points de vente participants sur www.vichy.fr. Dans la limite des stocks disponibles.

Renseignements : www.vichy.fr

Dercos Neogenic

Étude menée en Italie auprès de 133 personnes après trois mois d'application régulière :

90%

des participants ont trouvé leur chevelure plus couvrante.