



Deux pays pour un seul télescope
L'Afrique du Sud et l'Australie se disputent l'installation du plus grand radiotélescope du monde. Le SKA comprendra environ 3 000 antennes paraboliques disposées en spirales, certaines distantes de 3 000 km de son centre. **PAGE 2**



Climat: la déglaciation remise à l'endroit
Les climato-sceptiques pointaient une anomalie: dans le passé, la hausse des températures semblait avoir précédé celle du CO₂. Une étude internationale montre que cela n'a pas été le cas. **PAGE 3**



Crabes et crevettes des grands fonds à Océanopolis
A Brest, le centre de découverte des océans propose d'observer, dans le cadre de l'exposition « Abysses », des animaux pêchés au sud des Açores et maintenus depuis dans deux aquariums pressurisés. **PAGE 7**

Le vote, une expérience démocratique

Le mode de scrutin conditionne pour partie le résultat des élections. Condorcet avait dénoncé les paradoxes de la méthode uninominale. Des chercheurs suggèrent des alternatives. La présidentielle 2012 leur permettra de les tester. Tour d'horizon des options proposées. **PAGES 4-5**

ILLUSTRATION : ADRIA FRUITOS



CARTE BLANCHE

Laurent Alexandre

Chirurgien urologue, président de DNA Vision
l.alexandre@dnavision.be

(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

Eugénisme 2.0

Le désir de l'enfant parfait habite la plupart des parents et la société encourage la minimisation des risques obstétricaux. La « techno-maternité » s'impose progressivement : l'accouchement à domicile sans sécurité et sans péridurale, qui est découragé aujourd'hui par les pouvoirs publics, était la norme il y a moins d'un siècle ; trier les embryons, éliminer les fœtus non conformes deviennent des étapes classiques de toute grossesse « raisonnable ».

Nous sommes déjà sur un toboggan eugéniste sans nous en être rendu compte. La trisomie 21 est en train de disparaître sous nos yeux : 97% des trisomiques « bénéficient » d'une interruption médicale de grossesse. Bien peu de parents résistent à la pression sociale pour « éradiquer » ce handicap mental. Or, jusqu'à présent, les techniques génétiques ne repéraient qu'une poignée de pathologies. Mais le séquençage intégral de l'ADN du futur bébé – c'est-à-dire des 3 milliards de paires de bases chimiques qui constituent son identité génétique – va changer radicalement la donne. Il est possible de réaliser, dès à présent, un diagnostic gé-

nomique complet du fœtus à partir d'une simple prise de sang chez la future maman : plus besoin de prélever de liquide amniotique par amniocentèse.

L'un des derniers freins à la généralisation du diagnostic prénatal – la peur d'une fausse couche, qui survient dans 0,5 à 1% des cas après une amniocentèse – disparaît ! Un puissant algorithme, mis au point par l'équipe du professeur Dennis Lo (université de Hongkong), spécialiste du dépistage génétique, permet de différencier les séquences ADN du futur bébé et celles de la mère. Grâce à l'effondrement du coût du séquençage ADN, divisé par 3 millions en neuf ans, cette technique va se généraliser avant 2020. Des milliers de maladies pourront être dépistées systématiquement pendant la grossesse sans faire courir de risque à l'enfant.

Nous avons quasiment éradiqué la trisomie 21 en trente ans, bien que les trisomiques soient doux, aient une espérance de vie normale et ne souffrent pas. Pourquoi ferions-nous demain autrement avec les autres pathologies ? Politiquement, comment empêcherait-on les parents de préférer de « beaux enfants plu-

tôt doués » alors que l'avortement pour convenance personnelle est libre, quelle que soit la constitution de l'embryon, et que l'avortement pour handicap intellectuel (trisomie 21 en tête) est légal, socialement accepté et encouragé par les pouvoirs publics ?

Et nous irons probablement plus loin : de la prévention du pire à la sélection de l'enfant, il n'y a qu'un pas qui sera allégrement franchi. On offrira bientôt aux parents le rêve d'un enfant configuré à la carte. Si le diagnostic prénatal permet l'« élimination du pire » – on supprime le fœtus présentant des malformations –, le diagnostic préimplantatoire, lui, représente la « sélection des meilleurs » – on trie les embryons obtenus par fécondation in vitro. L'acceptabilité par les parents sera forte dès que les derniers effets secondaires de la fécondation in vitro seront contrôlés, et il sera moralement moins dérangeant de supprimer des embryons en éprouvette qu'un fœtus dans le ventre. Le retour de l'eugénisme est une bombe éthique et politique passée complètement inaperçue. D'ailleurs, ni M. Hollande ni M. Sarkozy n'ont jamais parlé du séquençage ADN ! ■

CONÇU POUR DEMAIN.
DISPONIBLE
AUJOURD'HUI.

Cloud Privé Microsoft

Demain, vous aurez besoin d'un centre de données qui soit aussi un centre de profit.

Dès aujourd'hui, choisissez une solution de Cloud Privé qui ne facture pas au nombre de machines virtuelles.

En savoir plus sur Microsoft.fr/readynow



Windows Server



Microsoft System Center

Microsoft

Rivalité terre à terre pour un télescope

ASTRONOMIE | L'Afrique du Sud et l'Australie sont en compétition pour accueillir le plus grand radiotélescope du monde. Le SKA sera de 50 à 100 fois plus puissant que ses prédécesseurs

SÉBASTIEN HERVIEU

Carnarvon (Afrique du Sud),
envoyé spécial

Il pianote sur son clavier d'ordinateur, puis se lève et jette un œil par la fenêtre du préfabriqué. Ça y est. Perchées sur des pylônes à 15 mètres de hauteur, les sept paraboles blanches composées de fibre de verre et larges de 12 mètres de diamètre se lancent dans un ballet synchronisé d'à peine une minute pour pointer dans la même direction.

« Imaginez la taille et la précision de la carte du ciel que nous obtenons lorsqu'il y aura non pas sept, mais 3 000 antennes paraboliques ! » Tony Foley a les yeux qui brillent à l'évocation de l'éventuelle construction en Afrique du Sud du plus grand radiotélescope du monde – entre 50 et 100 fois plus puissant que les appareils actuels. Ici, à 450 kilomètres au nord-est de la ville du Cap, dans ce

Le choix, parfois évoqué, d'un partage du projet entre les deux candidatures serait plus coûteux

semi-désert du Karoo où la ligne d'horizon n'est parsemée que de rocaïlle, de buissons et de moutons.

En poste depuis 2010, cet astronome anglais compte bien sur ces « grandes oreilles » à l'écoute des signaux de radiofréquences émises par les corps célestes (à la différence des télescopes optiques) pour percer, après 2024, les plus grands secrets de l'univers : « Nous allons pouvoir fouiller encore plus loin dans le passé et mieux répondre à ces questions : comment s'est passé le Big Bang (il y a 13,7 milliards d'années) ? Comment les trous noirs se sont-ils formés ? Sommes-nous seuls dans l'Univers ? Quelle théorie de la gravitation inventer après celle d'Einstein ? »

L'Afrique du Sud devra toutefois encore patienter pour savoir si elle accueillera le Square Kilometre Array (SKA), dont la surface cumulée fera 1 kilomètre carré. Le comité international de sélection devait initialement départager, le 4 avril, la candidature du pays d'Afrique australe et celle de l'Australie associée à la Nouvelle-Zélande. Mais fin mars on apprenait que la date ne serait finalement que « le point de départ d'un processus de discussion et de négociation entre les

membres du comité » qui pourrait durer plusieurs semaines, voire plusieurs mois.

Quelques jours auparavant, deux journaux australiens, suivis par la revue scientifique *Nature*, rapportaient que le dossier technique sud-africain avait la préférence des experts et allait être recommandé au comité. Son concurrent aurait alors déposé plusieurs réclamations concernant le processus de désignation.

« Si ces fuites non sourcées sont vraies, l'Australie n'a plus rien à perdre », juge Sarah Wild, auteure d'un livre à paraître sur le SKA. Peu d'habitants, peu de vent, peu de précipitations, un ciel souvent clair, le site sud-africain de 14 000 hectares est « phénoménal pour faire de l'astronomie », d'après la journaliste scientifique sud-africaine. Autre avantage : il existe déjà. Les sept antennes paraboliques du prototype KAT-7, installées fin 2010, seront bientôt au nombre de 64. Construites à partir de cette année et sur place, elles seront opérationnelles en 2016. Les créneaux d'observation de ce qui formera alors le MeerKAT, le plus puissant radiotélescope de l'hémisphère Sud, sont déjà réservés pour cinq ans.

A l'entrée du site, un panneau annonce que la zone a été décrétée en 2007 par le gouvernement « réserve radioastronomique ». Comprendre : la chasse aux interférences de radiofréquences pouvant parasiter l'observation est menée. Les employés utilisent des téléphones satellitaires, ainsi que des voitures qui roulent au diesel. Autour des poteaux électriques, des protections électromagnétiques ont été installées pour atténuer les émissions.

Les faiblesses du dossier sud-africain ? Le coût et la vitesse de son réseau Internet, même si le continent est en train d'être relié au très haut débit. Ainsi que le manque d'ingénieurs hautement qualifiés à cause d'un système scolaire local défaillant lié à l'héritage de l'apartheid.

Depuis 2005, un programme de bourses lancé par le gouvernement a attiré 400 jeunes chercheurs. Au pied d'une des antennes, Jonathan Zwart, qui a quitté l'Angleterre pour trois ans, liste ses avantages : « Un salaire de 30 000 euros par an, des exemptions fiscales, le remboursement de mes frais professionnels. » Il ajoute : « Au-delà de l'argent, ce pays est pour moi une rampe de lancement au vu des opportunités offertes en radioastronomie. »

« Le SKA est crucial pour l'avenir de la science sur ce continent car il attire des capitaux et de la matière grise », insiste Bernie Fanaroff, responsable de la candidature sud-africaine. La

moitié des 3 000 antennes paraboliques, disposées en forme de vivement, seront installées dans huit autres pays africains voisins. Les dirigeants sud-africains ont mal pris la récente déclaration d'un ministre australien jugeant la compétition biaisée à cause de la « compassion » des Européens à l'égard de l'Afrique.

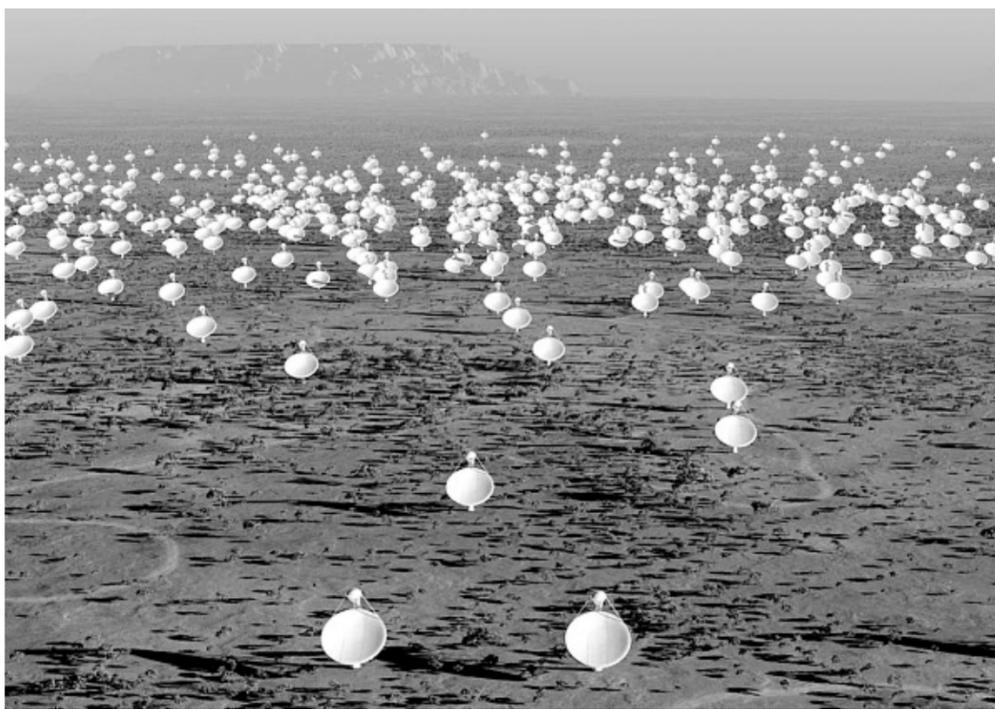
Certains observateurs préfèrent remarquer que le choix de l'Afrique du Sud, dont la main-d'œuvre est moins chère, limiterait le coût du projet (évalué à 2 milliards d'euros) au moment où les bailleurs de fonds occi-

dentaux sont victimes de la crise économique. Le choix parfois évoqué d'un partage du projet entre les deux candidatures serait, à l'inverse, plus coûteux.

Dans sa ferme de 9 000 hectares située à une trentaine de kilomètres du cœur du site, Thinus van Schalkwyk, éleveur de 2 000 moutons, ne sait pas encore si une antenne parabolique sera installée de l'autre côté de sa clôture et s'il devra être équipé d'un téléphone satellitaire. « Mais je vais déjà bientôt profiter de la fibre optique pour Internet et du goudron-

nage de la route devant chez moi », sourit-il.

Chargé des relations avec les communautés avoisinantes, Pieter Snyman explique que « pour obtenir le soutien de la population, nous avons construit un centre informatique, réhabilité une clinique, offert des bourses ». De peur de décevoir, il préfère ne pas se prononcer sur le nombre d'emplois créés dans la région pour la construction du SKA, prévue pour durer dix ans. Le radiotélescope sera opérationnel cinquante ans et emploiera un millier de permanents. ■



Vue d'artiste du projet du futur radiotélescope Square Kilometre Array (SKA) qui comprendra environ 3 000 antennes paraboliques disposées en spirale, certaines distantes de 3 000 km de son centre.

SPDO/TDP/DRAO

Des yeux pour voir l'énergie noire

En attendant que les oreilles du SKA se déploient, les yeux d'autres télescopes sont bien ouverts. Ainsi, le Sloan Digital Sky Survey (SDSS), installé au Nouveau-Mexique, vient de rendre public un énorme catalogue d'environ 264 000 galaxies indiquant non seulement leur position dans le ciel mais aussi leur distance. Pour la première fois sur un aussi grand nombre d'objets, les astronomes remontent à une étape-clé dans l'histoire de l'Univers : le moment où celui-ci a « changé de moteur », il y a environ six milliards d'années.

C'est en effet l'époque où l'Univers se met à gonfler sous l'effet d'une mystérieuse énergie, sombre ou noire, qui était jusqu'alors supplantée par l'effondrement gravitationnel de la matière. Cette accélération de l'expansion modifie la fréquence de la lumière nous parvenant depuis les différentes sources cosmiques, en la décalant vers le rouge. La fréquence de cette lumière, capturée par des fibres optiques derrière le miroir du télescope,

est convertie en distance, ce qui permet d'avoir une cartographie complète couvrant près de 20 % du ciel.

Grâce à ces données sur des milliers d'amas de galaxies situés à quelque 5 à 7 milliards d'années-lumière de nous, la collaboration essentiellement américaine du SDSS a déterminé la valeur de certains paramètres cosmologiques-clés pour comprendre l'évolution de l'Univers, comme justement la quantité d'énergie noire présente ou la forme de l'espace-temps. Les résultats confirment ceux obtenus par d'autres types d'expérience et resserrent l'étau sur cette mystérieuse énergie sombre qui compte pour 71 % de l'énergie totale de l'Univers. Elle se comporterait comme l'avait prévu Albert Einstein, à la manière d'une constante ajoutée aux équations de la relativité – mais sa nature exacte reste inconnue. Dans deux ans, les chercheurs affineront encore leurs modèles en augmentant la taille de leur catalogue, pour atteindre 1,5 million de galaxies. ■ D. L.

Fécondation in vitro : une étude pointe un risque cardiaque

Une équipe suisse a détecté des anomalies artérielles chez des enfants issus de FIV. Des résultats à confirmer

SANDRINE CABUT
ET HERVÉ MORIN

Les enfants issus d'une fécondation in vitro (FIV) ou d'une autre technique de procréation assistée ont-ils un risque accru de maladies cardiovasculaires ? Depuis quelques jours, la question fait couler beaucoup d'encre dans les médias suisses. Ce sont les résultats d'une étude conduite pendant quatre ans par des médecins helvètes, filmée à ses différentes étapes par les journalistes de la RTS (Radio télévision suisse), qui ont mis le feu aux poudres. Le reportage a été diffusé mercredi soir sur la chaîne romande, au cours d'une émission spéciale au titre alarmiste : « Fécondation in vitro : menaces dans l'éprouvette. »

Les auteurs de l'étude suisse, publiée en ligne dans la revue *Circu-*

lation le 20 mars, et les spécialistes de l'assistance médicale à la procréation (AMP) restent toutefois prudents quant à l'interprétation de ces données, inédites et obtenues sur un effectif modeste.

Le professeur Urs Scherrer (cardiologue, hôpital universitaire de Berne) et ses collègues se sont penchés sur le cas de 65 enfants d'une douzaine d'années en bonne santé, issus d'une AMP. Comparées à celles de 57 enfants contrôles (conçus naturellement), leurs artères sont plus rigides et moins réactives à la dilatation et la paroi interne de leurs carotides est plus épaisse. Par ailleurs, à 3 500 mètres d'altitude, la pression dans leurs artères pulmonaires est 30 % plus élevée. Pour les auteurs, ce dérèglement de la réactivité des artères ne serait pas lié à des facteurs parentaux, mais à la procédure d'AMP elle-même.

Les enfants conçus en éprouvette

ne n'ont, pour les plus âgés, qu'une trentaine d'années. Sont-ils plus sujets aux infarctus et autres accidents cardio-vasculaires précoces, ainsi qu'aux complications lors d'un séjour en altitude ?

ADN et environnement

« C'est une étude importante car elle met en exergue pour la première fois des marqueurs de maladies potentielles cardio-vasculaires dans cette population, mais ce doit être un appel à la recherche, pas à la panique, tempère le professeur Marc Germond (Centre de procréation médicalement assistée de Lausanne), l'un des signataires de l'article. Pour l'instant, on ne peut pas dire que ces enfants sont malades ni même qu'ils vont le devenir. » Et d'insister : « Dans le monde, depuis 1978, 4 millions d'individus ont été conçus par ces techniques, sans problème de santé particulier jus-

qu'ici. » Un avis partagé par le professeur René Frydman (hôpital Antoine-Béclère, Clamart) : « De façon récurrente, on voit surgir une publication pointant tel ou tel excès de risque chez des enfants conçus par AMP, puis ce n'est pas confirmé, dit-il. La grande difficulté de ces études est de réussir à constituer une population témoin vraiment comparable. »

Une revue de la littérature, parue en juin 2011 dans le *Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH)*, était globalement rassurante quant à la santé de ces enfants, et ne signalait pas de risque spécifique cardio-vasculaire. Catherine Patrat, coauteure de l'article du *BEH*, note toutefois qu'une étude hollandaise a trouvé des chiffres de tension artérielle plus élevés chez les enfants nés par AMP que dans la population témoin.

Dans un travail publié fin 2011,

le biologiste Jean-Pierre Ozil (INRA), spécialiste de la fécondation in vitro chez la souris, a observé que des modifications ponctuelles du milieu de culture de l'embryon pouvaient déterminer la masse de l'animal à l'âge adulte (*Le Monde* du 31 décembre 2011). Lui-même n'a pas mesuré la pression sanguine chez la souris issue de FIV, mais il a constaté que les animaux les plus gros avaient paradoxalement un cœur plus petit.

« L'hypertension a été étudiée par l'équipe de Tom Fleming [Southampton], qui a montré que des souris issues de fécondation in vitro présentaient une pression systolique supérieure à celle de souris conçues de façon naturelle », rappelle-t-il. La même équipe a constaté des effets similaires induits non par une FIV, mais par une restriction dans l'alimentation maternelle en protéines au moment de la

conception. « L'observation d'effets à long terme sur des enfants nés par FIV ne me surprend donc pas », indique Jean-Pierre Ozil, qui insiste sur la nécessité d'étudier l'influence du milieu de culture sur l'expression du génome. C'est le domaine en pleine explosion de l'épigénétique – les rapports entre ADN et environnement.

David Celemaier (Sydney), qui signe un éditorial dans *Circulation*, est sur la même ligne : il faut examiner les effets des manipulations des gamètes et de l'embryon sur la physiologie cellulaire, les changements épigénétiques et leurs conséquences et mener des études cliniques pour surveiller le devenir de ces enfants.

Toutefois, relève-t-il, les anomalies vasculaires observées par les médecins suisses ne justifient pas pour l'instant un suivi et un traitement particuliers. ■

Le film de la déglaciation reconstitué

CLIMATOLOGIE | Des chercheurs ont reconstitué les variations de température de la transition vers la période chaude actuelle. Son moteur était bien le dioxyde de carbone

STÉPHANE FOUCART

Dans les films-catastrophes, les conjonctions astrales et autres alignements de planètes sont signes de grands bouleversements. De longue date, les scientifiques savent que cette idée n'est pas complètement absurde : ce genre de choses arrive régulièrement. De fait, les pichenettes gravitationnelles des grandes planètes du système solaire suffisent à modifier périodiquement l'inclinaison de la Terre. C'est ainsi que, tous les quelque 100 000 ans, la planète bleue oscille entre ères glaciaires et périodes chaudes.

La dernière transition entre ces deux régimes – qui a commencé il y

**Tous les quelque
100 000 ans,
la planète bleue
oscille entre ères
glaciaires
et périodes chaudes**

à 21 000 ans et en a duré 10 000 – pose de nombreuses questions. Certaines viennent de trouver de surprenantes réponses avec la publication, jeudi 5 avril dans *Nature*, d'une étude reconstituant le film des événements qui ont marqué ce passage du froid vers le chaud.

Pour ce faire, Jeremy Shakun (Harvard University) et ses coauteurs ont utilisé les données de 80 enregistrements climatiques conservés dans les glaces du Groenland et de l'Antarctique, ou dans des sédiments marins et terrestres prélevés à toutes les latitudes. Ils les ont ensuite combinés pour reconstituer l'évolution de la température moyenne globale de la Terre au cours de ce long réchauffement, entre – 21 000 ans et – 10 000 ans. « C'est une avancée majeure », esti-



A Kunlun, la première station chinoise à l'intérieur de l'Antarctique, on projette de forer jusqu'à une profondeur de plus de 3 000 mètres. Les carottes extraites sont utilisées pour reconstituer l'histoire du climat.

BLACK SHEEP PRESS/KCS PRESSE

me Eric Wolff, chercheur au British Antarctic Survey, dans un commentaire publié par *Nature*. Les auteurs montrent notamment que le moteur de ce réchauffement, pourtant initié par une conjonction d'astres, est bel et bien l'augmentation des gaz à effet de serre.

Comment ? D'abord, la subtile inclinaison de la Terre sur son axe de rotation, il y a 21 500 ans, augmente l'insolation de l'hémisphère Nord. Les enregistrements montrent en effet qu'aux plus hautes latitudes nord, la température grimpe entre – 21 500 ans et – 19 000 ans. Ailleurs, aux latitudes moyennes du même hémisphère et dans l'hémisphère austral, c'est encore le calme plat : les températures ne montent pas. Les teneurs en dioxyde de carbone (CO₂) sont également stables.

Puis, vers – 19 000 ans, quelque chose se produit. Les températures de l'ensemble de l'hémisphère Nord

chutent brusquement alors qu'au contraire l'hémisphère Sud se réchauffe. Que s'est-il passé ? « Il est vraisemblable que le début de réchauffement de l'hémisphère Nord a fait fondre beaucoup de glaces continentales dans l'Atlantique nord », explique Edouard Bard, professeur au Collège de France et coauteur de ces travaux. D'où une baisse de sa salinité et l'affaiblissement de la circulation océanique qui apporte de la chaleur du sud vers le nord. La diminution de ce flux de chaleur a fait baisser les températures dans l'Atlantique nord et, par effet de balancier, a fait monter celles de l'hémisphère austral. »

Ainsi, dans l'hémisphère Nord, les températures chutent pendant 1500 ans. « Les Magdaléniens, qui vivaient alors en Europe, ont donc fait l'expérience d'un refroidissement, alors que celui-ci s'inscrivait pourtant dans un réchauffement de

long terme commencé plusieurs millénaires auparavant », dit M. Bard.

Ensuite, ce n'est que vers – 17 500 ans que les teneurs en CO₂ commencent à grimper. Cette augmentation tient à une réponse de l'océan profond, conduisant à un relargage massif de CO₂ qui y était dissous. C'est seulement à partir de ce moment que la Terre se réchauffe réellement, c'est-à-dire au nord, au sud et à l'équateur. « Dans les carottes de glace prélevées en Antarctique, on constate que les températures commencent à monter avant que la concentration de CO₂ n'augmente : ce fait est instrumentalisé par les climato-sceptiques pour faire croire que ce seraient les températures qui feraient monter le CO₂ et non l'inverse », dit M. Bard. Mais nos travaux montrent que ce qui est vrai localement ne l'est pas au niveau mondial. A cette échelle, c'est bien le CO₂ qui précède et domine le réchauffement. Non l'inverse. » ■

Un tyran à plumes

La province de Liaoning, en Chine, est célèbre pour avoir livré toute une collection de petits dinosaures à plumes. Sa renommée va encore croître avec la découverte sur son sol de trois spécimens d'une nouvelle espèce apparentée à *Tyrannosaurus rex*, mais dotés d'un plumage duveteux. *Yutyrannus huali*, le « beau tyran à plumes », selon sa dénomination sino-latine, vivait il y a environ 125 millions d'années. Xing Xu et ses collègues de l'Académie des sciences chinoises présentent les

trois fossiles dans la revue *Nature* du 5 avril. Le plus gros spécimen devait peser 1400 kg et mesurer neuf mètres de long (contre plus de six tonnes et 12 m pour *T. rex*). Les filaments qui les recouvraient au moins partiellement pouvaient avoir une fonction ornementale et/ou de protection thermique : en cette période du crétacé, la température moyenne dans la région était de 10 °C, contre 18 °C juste avant la disparition des dinosaures, il y a 65 millions d'années, quand *T. rex* régnait. ■

(BRIAN CHOO/NATURE)



Le gardien de but au pied du mur aérodynamique

L'étude des trajectoires des ballons de football trouve une application dans les lances à incendie

DAVID LAROUSSERIE

Il ne sert presque à rien de taper fort dans un ballon de football pour espérer le dégager de plus en plus loin. Des physiciens de l'Ecole supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris et de l'Ecole polytechnique viennent de démontrer qu'il existe comme un mur aérodynamique limitant la portée du dégagement du gardien à environ 60 mètres de distance. Cela contredit a priori les connaissances classiques sur les trajectoires en forme de parabole qui sont d'autant plus longues que la vitesse initiale est grande.

La contradiction disparaît en prenant en compte l'aérodynamique du ballon de

foot, de volley ou de la balle de golf. En l'air deux forces agissent sur le projectile : la gravitation, constante, mais aussi la traînée, une force de frottement opposée à la vitesse. Cette force est proportionnelle à la vitesse au carré et à la surface de l'objet.

« Tartaglia »

Si au départ la vitesse est supérieure à un certain seuil, fonction du projectile, la traînée domine et la trajectoire est pratiquement droite. Puis la vitesse diminue, jusqu'à ce que la gravité l'emporte et force le projectile à tomber quasi verticalement – comme le ballon de baudruche qui s'arrête brutalement. La trajectoire ne ressemble donc pas à une parabole mais à une « Tartaglia » comme l'ont nommée les chercheurs en hommage à un mathématicien

italien du XVI^e siècle qui avait observé ces courbes en balistique. Au football, la vitesse de seuil est d'environ 30 mètres par seconde, ce que les gardiens dépassent systématiquement. Pour une balle de pétanque, le seuil est à 100 mètres par seconde, bien plus difficile à réaliser : les trajectoires sont paraboliques. Cette vitesse limite correspond en fait à la vitesse d'un vent vertical qui soulèverait l'objet et le garderait en équilibre.

Les chercheurs prédisent aussi la portée du lancer en fonction de la masse de l'objet, de sa taille, et des coefficients de frottement. « Lors de la Coupe du monde de Mexico, les ballons allaient plus loin à cause aussi d'une moindre densité de l'air en altitude », complète Christophe Clanet, l'un des auteurs de l'étude, présentée à la

conférence « Physique du sport » organisée à l'Ecole polytechnique du 3 au 6 avril.

Le modèle a aussi trouvé une toute autre application... dans les jets d'eau. L'équipe a en effet contacté l'entreprise française POK, fabricant de matériel de lutte contre les incendies. Ses ingénieurs avaient bien constaté que les lances ont une portée limitée mais sans pouvoir la prédire. Ce que les physiciens ont pu faire.

En outre, il vaut mieux diminuer le diamètre des buses plutôt qu'augmenter la pression afin d'améliorer la distance d'arrosage. « Cet exemple montre que la recherche procède par ricochets. Désireux de comprendre ce phénomène de mur aérodynamique dans le sport, nous avons appliqué notre modèle à un domaine a priori très différent », précise Christophe Clanet. ■

TÉLESCOPE

Grippe aviaire

Les « supervirus » H5N1 mutants pas si meurtriers

Deux virus aviaires grippaux H5N1 mutants étudiés par deux équipes aux Pays-Bas et aux Etats-Unis ne seraient finalement pas aussi dangereux qu'a annoncé, selon de nouvelles explications fournies par les responsables de ces expériences, Ron Fouchier (centre Erasmus de Rotterdam) et Yoshihiro Kawaoka (université du Wisconsin). En décembre 2011, le comité américain de biosécurité (NSABB) avait recommandé de restreindre la publication d'articles présentant ces recherches, au motif qu'elles pourraient être détournées à des fins de bioterrorisme. Le NSABB vient de changer d'avis, et les revues *Science* et *Nature* ont annoncé la prochaine publication des résultats. Mardi 3 avril, lors d'une réunion à la Royal Society de Londres, MM. Kawaoka et Fouchier ont précisé qu'un des deux virus modifiés était bien transmissible entre furets, mais n'était pas mortel, facilement combattue avec du Tamiflu et que l'autre était mortel mais uniquement lorsqu'il était dispersé directement dans les bronches des furets.

Physique

Les neutrinos moins rapides que la lumière font tomber des têtes

Antonio Ereditato et Dario Autiero, porte-parole et coordinateur d'Opera, ont démissionné, fin mars, de leurs responsabilités à la tête de cette expérience de physique des particules. Fin septembre 2011, ils avaient annoncé avoir mesuré des neutrinos, des particules presque sans masse, voyageant à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Cette annonce avait suscité l'émotion, car elle contredisait un des piliers de la physique, à savoir que rien ne peut dépasser la vitesse des photons. Des explications théoriques avaient été échauffées, mais beaucoup suspectaient une erreur de mesure.

En février, la collaboration avait annoncé qu'un câble défectueux et une mauvaise synchronisation GPS pouvaient être en cause. Des vérifications ont, depuis, validé ces hypothèses. Les responsables d'Opera avaient été critiqués pour avoir pris à témoin l'opinion mondiale avant d'avoir effectué toutes les vérifications. Ils ont démissionné après un vote de défiance des représentants des institutions scientifiques associées à Opera.

Médecine

La banque de cellules souches dentaires interdite en France

Entre juin et octobre 2011, l'Institut Clinident BioPharma aura été la première banque privée en France permettant de conserver des cellules souches dentaires, en vue d'un usage autologue (pour soi-même) ultérieur. Ses dirigeants vont devoir délocaliser leurs activités dans un autre pays. Dans un jugement rendu le 13 mars, le tribunal administratif de Clermont-Ferrand a en effet confirmé la légalité d'une décision de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), qui a retiré l'autorisation d'activité à cet institut en octobre 2011, quatre mois après l'avoir délivrée (*Le Monde* du 28 janvier). « Le juge suit la nouvelle doctrine de l'Afssaps selon laquelle seules les banques disposant d'une indication thérapeutique avérée peuvent être autorisées en France », note Thomas Roche, avocat de la société Clinident.

Un nanovecteur contre le cancer

La société américaine BIND Biosciences présente des résultats encourageants d'essais d'un nanovecteur permettant de concentrer un anticancéreux dans des tumeurs solides. BIND-014 est une nanoparticule capable de transporter un antitumoral, le Docetaxel, et de s'accrocher aux cellules cibles cancéreuses. Elle a permis de multiplier par dix la concentration du médicament dans la tumeur et a été bien tolérée dans un essai de phase I.

> Hrkach et al., in « *Science Translational Medicine* » du 4 avril.

Une piste vaccinale contre l'asthme

Des chercheurs français ont testé avec succès, chez des souris asthmatiques, un prototype de vaccin contre des acariens. Deux injections intramusculaires de ce vaccin original, à base de séquences d'ADN de l'allergène, ont permis de réduire l'hyper-sensibilité de ces animaux aux acariens, et leur réaction inflammatoire. Une approche prometteuse à confirmer.

> Beilvert Fanny et al., « *Human Gene Therapy* », mars.

Le scrutin, science démocratique

MATHÉMATIQUES

Il y a mille et une façons de voter. Depuis Condorcet, les chercheurs tentent de déterminer la plus juste. La présidentielle leur donnera une nouvelle occasion de tester des alternatives avec l'aide des électeurs

DAVID LAROUSSERIE

Résultat électoral faussé», «points de vue condamnés à être tus», «scrutin empêchant les électeurs de s'exprimer librement», «résultat hautement manipulable»... Nul doute que ces reproches sur des élections s'adressent à des pays fort peu démocratiques. Et pourtant ils s'appliquent en particulier à la France et à son système de vote dit uninominal à deux tours, qui consiste à choisir un président ou un député en ne mettant qu'un seul nom dans une urne.

Ces critiques assez dures sont le reflet de dizaines d'articles scientifiques rédigés par des économistes (spécialisés dans ce qu'on appelle le choix social), des chercheurs en sciences politiques ou encore des mathématiciens. En France, elles se sont même retrouvées dans des rapports très sérieux comme ceux du Centre d'analyse stratégique (CAS) – rattaché au premier ministre –, en 2007, ou de la fondation Terra Nova (un cercle de réflexion proche du Parti socialiste), en 2011.

Contrairement à ce que le poids des habitudes et des rituels électoraux peut faire penser, il n'y a pas qu'une seule manière de choisir ses représentants. «Il y en a même une kyrielle. Je reçois régulièrement de nouvelles idées, parfois un peu folles», témoigne Jean-François Laslier, mathématicien au département d'économie de l'École polytechnique. Parmi les mille façons de voter, on peut élire à un ou deux tours, choisir un seul nom ou plusieurs, classer tout ou une partie des candidats, juger par une note chacun des impétrants... Et l'on ne parle pas, ici, de la multitude des formes de scrutin proportionnel. Toutes ont des défauts et des qualités, avec aussi pour conséquence la possibilité que le vainqueur élu par une méthode ne le soit pas par une autre!

L'art des mathématiciens et des économistes consiste justement à étudier et à analyser les propriétés de tous ces modes de scrutin. C'est de l'analyse logique, consistant à poser des hypothèses et, d'étape logique en étape logique, à voir où cela mène. C'est aussi un terrain d'expérience sur lequel les chercheurs testent leurs théories et mesurent surtout les degrés d'adhésion des électeurs à telle ou telle méthode de vote.

Cette discipline remonte en fait aux mathématiciens français Nicolas de Condorcet et Jean-Charles de Borda au XVIII^e siècle. Ils avaient indépendamment commencé à analyser les effets des scrutins uninominaux et surtout proposé des méthodes de vote censées en éviter les défauts. Cette science a même ses théorèmes, qu'il est possible de démontrer. Le plus connu étant sans doute celui dû à l'Américain Kenneth Arrow. Prix Nobel d'économie en 1972, qui précise qu'aucune méthode de vote n'est parfaite... Mais ces spécialistes sont for-

mels : à défaut de système idéal, nous avons sans doute choisi le pire (peut-être derrière les Britanniques, qui élisent en un tour celui qui recueille le plus de suffrages).

Un premier défaut de notre scrutin uninominal a justement été pointé par Condorcet. Par ces votes, il est possible d'éliminer un candidat qui, en duel, l'aurait emporté devant tous les autres. Une majorité préfère A à B et B à C, mais c'est C qui est élu ! Plus concrètement, en 2007, le centriste François Bayrou pouvait être considéré comme un vainqueur de Condorcet (battant tous les autres en duel) et il n'a finalement même pas été au second tour.

En 2002, la procédure a aussi conduit à devoir choisir entre la droite, Jacques Chirac, et l'extrême droite, Jean-Marie Le Pen, alors que ce dernier était majoritairement rejeté par les électeurs. «Si nous vivons encore un traumatisme de ce genre, alors les citoyens réaliseront qu'il faut changer de système», prévient Michel Balinski, mathématicien, également au département d'économie de l'École polytechnique et défenseur d'une méthode originale.

Le corollaire de ce problème est aussi que le scrutin uninominal tend à introduire la notion de vote utile ou stratégique au détriment du «vote sincère». L'électeur vote non selon ses préférences mais en fonction

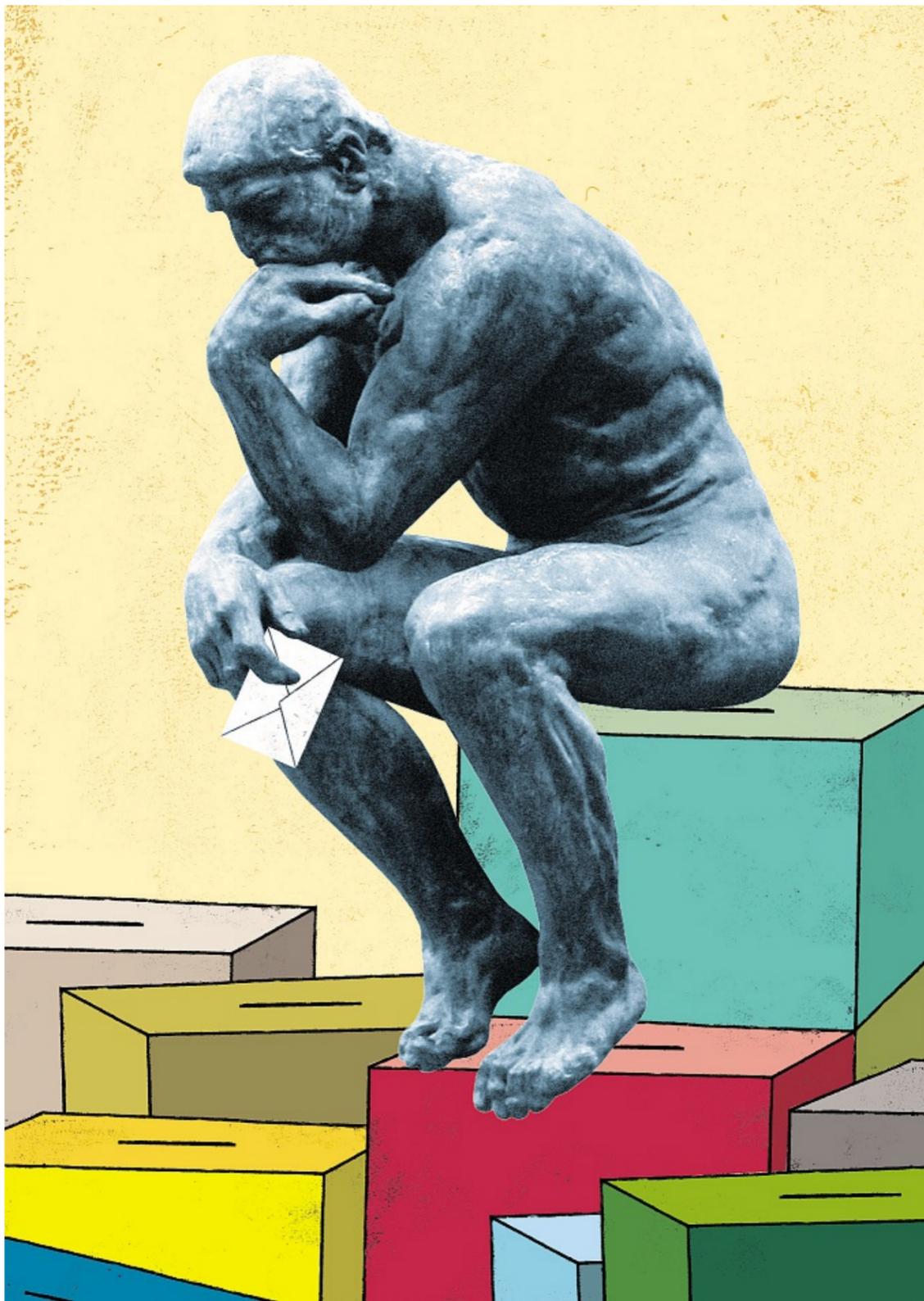
Un premier défaut de notre scrutin uninominal a été pointé par Condorcet. Par ces votes, il est possible d'éliminer un candidat qui, en duel, l'aurait emporté devant tous les autres.

Une majorité préfère A à B et B à C, mais c'est C qui est élu !

de ce qu'il pense être le mieux pour le second tour. «Il faut que le vote du cœur soit utile, aime à dire Michel Balinski. Il est préférable d'avoir des expressions d'opinions honnêtes et non stratégiques.»

Un autre défaut, pointé par exemple dans le rapport du CAS, est que le scrutin uninominal crée de la frustration pour l'électeur car il n'a qu'un seul choix possible. Les méthodes alternatives, en proposant de noter, de classer ou de juger, offrent par définition plus de variété.

Les spécialistes peuvent donc aussi dresser les avantages de voter différemment. En introduisant plusieurs choix, non seulement on ne frustre pas l'électeur, mais en plus on devrait ravir les analystes politiques en apportant un surcroît direct d'informations. Il sera enfin possible de savoir quel est le degré d'adhésion des Français à



l'écologie par exemple. Ou, au contraire, le niveau de rejet du Front national. Ou bien la part des anticapitalistes. On pourra enfin savoir comment se situent les électeurs du centre vis-à-vis des partis dominants... Le tout sans sondages.

Du côté du paradoxe de Condorcet, la situation est en général meilleure que celle du scrutin uninominal même si, en toute rigueur, ces méthodes peuvent éliminer le vainqueur de Condorcet.

Autre avantage souvent commun aux méthodes alternatives : la meilleure résistance au vote stratégique. Il a été démontré que celui-ci ne disparaît pas, mais que l'électeur est moins enclin à tomber dans l'embarras actuel puisqu'il peut s'exprimer avec plus de choix. En outre, elles rendent caduques les discussions sur la prise en compte des votes blancs dans les suffrages exprimés, vu que par définition plusieurs expressions sont possibles. Et, en étant à un tour, elles coûtent moins cher. «Nous avons aussi l'intuition que ces méthodes peuvent réduire l'abstention», explique Herrade Igersheim, de l'université de Strasbourg, qui a expérimenté plusieurs alternatives en 2007.

Pour confirmer ces théories, ou intuitions, la présidentielle de 2012 sera donc aussi un terrain d'expérience dans des bureaux de vote, dans des laboratoires ou sur le Web. A Saint-Etienne, Strasbourg ou Caen, on testera le vote par note et par approbation. A Ivry-sur-Seine (Val-de-Marne), ce sera le jugement majoritaire. Sur le Web, dans un programme de recherche européen et canadien, Jean-François Laslier propose au visiteur de tester quatre méthodes sur le site Voteaupluriel.org.

Toujours sur le Web, mais dans un but pédagogique, www.votedevaleur.org propose de voter avec les notes -2, -1, 0, 1, 2. À l'université de Lille, après avoir testé le vote préférentiel transférable en 2007, on essaiera de mieux comprendre comment se

construisent les préférences des électeurs en invitant des volontaires à se prononcer sur des «profils» de candidats. «Nous cherchons à savoir comment l'électeur arbitre entre la stratégie, les compétences, la proximité personnelle avec un candidat...», explique Hubert Jayet, l'un des responsables à l'université Lille-1.

Bien entendu, comme en 2007, il n'est pas impossible que les résultats diffèrent du scrutin officiel. À l'époque, le rapport du CAS faisait d'ailleurs remarquer qu'il ne faudra pas extrapoler ces résultats. Les bureaux ne sont en effet pas forcément significatifs. Surtout, les modes de scrutin ne changent pas que le résultat, ils changent aussi la stratégie de campagne, les discours de main tendue ou de rejets... Difficile donc d'affirmer que les choix alternatifs auraient été les mêmes à la suite d'une campagne différente (avec, par exemple, un moindre souci de «draguer» les électeurs d'extrême droite, ou un nombre différent de candidats...).

Mais le véritable changement ne sera pas pour demain. «Nous avons constaté une forte réticence de certains élus, qui ont refusé nos expériences», note Herrade Igersheim. «Nous n'arrivons guère à faire passer nos idées auprès des hommes politiques. Ils pensent savoir mieux que les chercheurs quelles sont les bonnes méthodes. Ce sont souvent celles qui les ont élus!», regrette Maurice Salles, cofondateur de la revue *Social Choice and Welfare* et économiste à l'université de Caen.

Il n'est pas certain non plus que ces discussions passionnent tant que cela l'électeur. Dans son livre, *Le Vote* (La Découverte, 2011), Patrick Lehingue, de l'université de Picardie, rappelle que le fameux rituel électoral est central pour les hommes politiques, les journalistes et quelques chercheurs, mais pas forcément pour le citoyen. Il avait ainsi constaté que seulement 37% des électeurs interrogés se souvenaient de leur vote précédent... ■



ILLUSTRATION : ADRIA FRUITOS

Le vote par approbation

Le vote par approbation remonte, pour Jean-François Laslier, auteur, en 2010, d'un *Handbook on Approval Voting* (Springer, 2010, non traduit), aux prémices de la démocratie en Grèce, à Sparte, lorsque les candidats étaient désignés à l'applaudimètre par des juges placés derrière un rideau pour estimer les réactions de la foule. La méthode, remise au goût du jour dans les années 1970, consiste simplement à dire pour chaque candidat si on l'approuve ou non. En fait l'électeur classe les candidats en deux groupes, ceux qu'il soutient et ceux qu'il ne soutient pas, en les entourant par exemple. Le candidat recueillant le plus d'approbations est élu.

Aucun pays ne l'utilise pour élire ses représentants, mais des sociétés savantes y

ont recours. D'une certaine manière, il s'apparente aussi à la règle du panachage des listes lors des scrutins communaux dans les petites villes : les électeurs peuvent biffer des noms sur les listes présentées et en ajouter. Le vote par approbation a également servi lors d'un séminaire de la London School of Economics pour « élire », en juillet 2010, la meilleure méthode de vote, qui fut celle par... approbation (sur un échantillon de 22 spécialistes). La plus mauvaise étant le scrutin uninominal à un tour (utilisé au Royaume-Uni ou au Mexique).

Multiplication des candidatures

En 2007, pour la présidentielle, une expérimentation a été conduite par les universités de Caen et Strasbourg dans six bureaux de vote de ces régions et pour plus de 5 500 inscrits. Pour le vote par approbation, les chercheurs ont constaté qu'en moyenne les électeurs approuvent entre deux et trois candidats. Plus d'un quart n'accordent leur soutien qu'à un seul nom.

Le centriste François Bayrou a recueilli le plus d'approbations, suivi par le candidat de droite, Nicolas Sarkozy, et la socialiste Ségolène Royal, alors que dans ces bureaux, par le vote uninominal, Nicolas Sarkozy devançait Ségolène Royal et François Bayrou. L'écologiste Dominique Voynet ou le candidat d'extrême gauche Olivier Besancenot étaient plus approuvés que l'extrême droite, représentée par Jean-Marie Le Pen, nettement devant eux par la méthode classique.

A priori cette méthode favorise les candidats consensuels au détriment des extrêmes (qui reçoivent en général beaucoup de « désapprobations »). Elle tend aussi à multiplier les candidatures, chaque parti ayant intérêt à profiter de l'élection pour « se compter ».

D.L.

Indiquez, parmi les 10 candidats, quels sont ceux que vous soutenez

Nathalie Arthaud
 François Bayrou
 Jacques Cheminade
 Nicolas Dupont-Aignan
 François Hollande
 Eva Joly
 Marine Le Pen
 Jean-Luc Mélenchon
 Philippe Poutou
 Nicolas Sarkozy

Le vote par note est aussi appelé vote de valeur. Comme son nom l'indique, il s'agit de mettre une note devant chaque candidat, le vainqueur étant celui qui a reçu la meilleure. Mais tout le débat porte sur l'échelle de notes. Les propositions ne manquent pas. Aux expériences de trancher.

En 2007, pour celles des universités de Caen et Strasbourg, les chercheurs avaient testé l'échelle 0, 1 et 2. En 2012, les mêmes récidivent avec une échelle plus grande, graduée de 0 à 20. Ainsi qu'avec une autre à trois notes, -1, 0 et 1. Ces chercheurs ont aussi été contactés par un groupe indépendant qui veut tester cette méthode sur le Web.

Cette année, le site *Votedevaleur.org* proposera de voter avec les notes -2, -1, 0, 1, 2. « Nous trouvons que deux notes étaient insuffisantes et que plus de cinq, c'était trop. Nous aimions bien aussi le côté symétrique de cette échelle », explique David Game, à l'origine de cette initiative, pour justifier son choix.

« L'important est de faire connaître ces alternatives et que les électeurs se forment leur propre idée. En plus, tout en restant anonymes, nous pourrions faire un lien entre les bulletins uninomi-

Le vote par note

naux classiques et les bulletins à notes. Nous espérons que cela pourra aider les chercheurs », précise David Game, qui a déjà « recruté » plus de 1 600 inscrits.

En 2007, les chercheurs n'ont pas constaté de rejet du vote par note. Il a même été légèrement préféré au vote par approbation. Il semble que « noter » soit une activité appréciée des Français, ou en tout cas bien assimilée.

Hiérarchie chamboulée

Deux tiers des notes utilisées étaient des « zéros ». Le résultat final confirme celui tiré du vote par approbation dans le chamboulement de la hiérarchie. Les « petits candidats » montent un peu plus encore dans le classement, alors que le candidat du Front national, Jean-Marie Le Pen, descend à la dixième place (sur douze).

Michel Balinski (Polytechnique) est assez critique car il doute que les électeurs utilisent la même échelle pour exprimer leur préférence. L'écart d'une unité entre 2 et 1 ou entre 0 et 1 pourrait ne pas avoir la même signification. Calculer une note moyenne

n'aurait alors pas grand sens. « C'est vrai, supposer que les électeurs ont une échelle universelle dans la tête est une hypothèse forte », reconnaît Herrade Igersheim, de l'université de Strasbourg. ■

D.L.

Donnez une note à chaque candidat

	2	1	0
Nathalie Arthaud			X
François Bayrou			X
Jacques Cheminade	X		
Nicolas Dupont-Aignan		X	
François Hollande			X
Eva Joly	X		
Marine Le Pen			X
Jean-Luc Mélenchon		X	
Philippe Poutou			X
Nicolas Sarkozy	X		

Le jugement majoritaire

Elle est la méthode la plus récente, inventée par Michel Balinski et Rida Laraki, deux chercheurs CNRS de l'Ecole polytechnique, en 2007. Comme dans les autres alternatives, le jugement majoritaire est plurinominal et à un seul tour. Les électeurs sont invités à donner une mention à chaque candidat, d'« excellent » à « à rejeter », en passant par « bien », « assez bien »... Le nuancier comporte sept choix.

Le bulletin est un tableau à sept colonnes, avec autant de lignes que de candidats. Cela ressemble à une méthode par notes, sauf dans la manière de désigner le vainqueur. Le dépouillement consiste à déterminer quelle est la mention majoritaire de chaque candidat, c'est-à-dire la mention soutenue par une majorité contre toute autre mention. Il s'agit d'établir sa médiane, c'est-à-dire la mention qui permet de partager l'ensemble des votants en deux groupes équivalents : ceux qui lui ont donné au moins cette mention majoritaire et ceux qui au contraire lui ont attribué au plus cette mention. Ce qui peut être très différent d'un éventuel calcul de la « moyenne » des mentions, si celles-ci étaient traduites en notes. Par exemple un candidat sera jugé « bien » si la somme des pourcentages d'« excellent », « très bien » et « bien » est supérieure à 50 % tandis que celle des « bien », « assez bien », « passable », « insuffisant », et « à rejeter » est aussi supérieure à 50 %.

Pour terminer le classement de tous les candidats, on regarde la part des électeurs de part et d'autre de la mention

majoritaire afin d'attribuer un « + » si le nombre de mentions au-dessus est supérieur à celui de celles en dessous (et un « - » dans le cas contraire). Le gagnant est celui qui a la mention la plus haute.

Défavorable aux extrêmes

Cette méthode a été inventée pour aider un œnologue à trouver un mode de classement des vins lors de dégustations. Elle est utilisée dans quelques concours ou commissions pour classer des candidats. Elle a surtout été expérimentée pour la présidentielle, en 2007 à Orsay, sur 2 360 personnes votant réellement (dont 1 752 ont rempli un bulletin « jugement majoritaire »), puis testée par sondage avec 991 personnes, en avril 2011, sur douze candidats potentiels par le cercle de réflexion proche du

Parti socialiste, Terra nova. Enfin, Rida Laraki conduira avec des étudiants de l'Ecole polytechnique une nouvelle expérience dans des bureaux d'Ivry-sur-Seine (Hauts-de-Seine) et sans doute de Fresnes (Val-de-Marne).

Les premiers enseignements montrent que, comme pour les autres méthodes, les électeurs ne sont pas perdus et semblent même satisfaits de l'expérience. En 2007 le « vainqueur » était François Bayrou (avec une mention « assez bien + ») devant Ségolène Royal puis Nicolas Sarkozy, alors que, dans ces bureaux de vote, le tiers du premier tour était « Royal-Sarkozy-Bayrou ». Les inventeurs de cette méthode ont démontré que ce scrutin favorise moins le « centre » que d'autres méthodes alternatives. Il est aussi défavorable aux extrêmes. ■

D.L.

Pour présider la France, ayant pris tous les éléments en compte, je juge en conscience que ce candidat serait :

	Excellent	Très bien	Bien	Assez bien	Passable	Insuffisant	A rejeter
Nathalie Arthaud						X	
François Bayrou			X				
Jacques Cheminade	X						
Nicolas Dupont-Aignan					X		
François Hollande				X			
Eva Joly		X					
Marine Le Pen							X
Jean-Luc Mélenchon				X			

Le vote alternatif

l'équipe d'Hubert Jayet, de l'université de Lille, dans deux bureaux totalisant 960 votants.

Après dix itérations du processus selon la méthode de Hare, il ne restait que les trois candidats principaux, et finalement la droite, représentée par Nicolas Sarkozy, l'a emporté sur la socialiste Ségolène Royal avec des scores proches de ceux du second tour réel. En revanche, par la méthode de dépouillement de Coombs, c'est le centriste François Bayrou qui l'emporte devant Nicolas Sarkozy. Selon Hubert Jayet, la raison est que cette technique retient les candidats les moins « rejetés » par les électeurs. Du coup, elle permet d'échapper au paradoxe de Condorcet, contrairement à sa concurrente.

Complexité apparente

Les arguments contre le vote préférentiel transférable sont en général sa complexité apparente, ce que l'équipe d'Hubert Jayet n'a finalement pas constaté dans son expérience. « Je me souviens avoir vu des spécialistes irlandais m'expliquer qu'ils trouvaient difficile le scrutin uninominal à deux tours. Comme quoi il

faut relativiser... », rappelle Jean-François Laslier, qui, pour son expérience sur le Web *Voteaupluriel.org*, propose aussi de tester cette façon de voter. ■

D.L.

Classez dans l'ordre de vos préférences les candidats de votre choix

Nathalie Arthaud	2
François Bayrou	3
Jacques Cheminade	1
Nicolas Dupont-Aignan	
François Hollande	5
Eva Joly	4
Marine Le Pen	
Jean-Luc Mélenchon	6
Philippe Poutou	

L'autisme, soluble dans la génétique ?

LE LIVRE

Tout le monde l'espère, mais le test de diagnostic de ce trouble complexe n'est pas pour demain

CATHERINE VINCENT

Le premier test de diagnostic de l'autisme va être lancé : pour Bertrand Jordan, c'est ce titre d'un article paru dans *Le Monde*, en 2005, qui a tout déclenché. Généticien, il sait qu'il n'existe aucun marqueur biologique fiable de l'autisme, et cette annonce, émanant de la société française de biotechnologies IntegraGen, lui semble pour le moins prématurée. Et de fait : elle donnera lieu au fil des ans à diverses péripéties scientifiques, médiatiques et judiciaires – sans que le moindre test génétique soit pour autant commercialisé.

Entre science et business, ce sont les méandres de cette aventure que l'auteur, directeur de recherches émérite au CNRS, a choisi de mettre en scène, en alternance avec des chapitres faisant le point sur ce qu'on sait aujourd'hui de l'autisme et de sa prise en charge. Le résultat illustre avec brio les espoirs et les déconvenues de la « médecine génomique » : une discipline dont l'objet est de trouver le (ou les) gène(s) impliqué(s) dans telle ou telle maladie qui, dans le cas de l'autisme comme de tant d'autres, se heurte au mur de la complexité.

Non pas qu'il n'y ait aucun gène impliqué dans l'autisme. Bien au contraire : il y en a trop ! La part de l'hérédité étant depuis longtemps confirmée par la concordance très élevée de la maladie observée dans les couples de vrais jumeaux (de 60 % à 90 %), de multiples équipes ont tenté d'identifier les marqueurs moléculaires qui lui étaient associés. Les outils toujours plus puissants d'exploration du génome humain ont distingué une pléthore de « gènes candidats » susceptibles de jouer un rôle dans cette affection et donné lieu à plus de mille publications entre 2005 et 2011 – trois dans la seule revue *Nature* cette semaine ! Tous ces travaux, résume Bertrand Jordan, « montrent surtout la complexité des corrélats génétiques de l'autisme ». « Le » gène de l'autisme, et même les gènes « majeurs », dont la version défectueuse aurait un effet significatif sur l'incidence de la maladie, restent introuvables. Et pour cause : ils n'existent pas.

Avancée médicale illusoire

Pourquoi alors continuer dans cette voie de recherche ? Parce que mieux connaître les gènes impliqués, même s'ils sont multiples, éclairera l'étiologie de cette affection neurobiologique. Parce que ces connaissances pourraient, à terme, aider à concevoir des médicaments spécifiques. Et parce que l'autisme est un marché.

Sans marqueurs biologiques, le diagnostic de l'autisme ne peut être posé de façon certaine avant l'âge de trois ans. Or tout indique que la prise en charge est d'autant plus efficace qu'elle est menée précocement. D'où l'espoir que suscite, chez les parents comme chez les neuropédiatres, la mise au point d'un test génétique. Et d'où la tentation, pour les entreprises de biotechnologies, de travailler à sa commercialisation. Même si elles savent que ses performances resteront limitées.

Problème : faut-il mettre un tel test sur le marché ? En prenant l'exemple de la société IntegraGen – la plus avancée dans ce domaine –, dont il a longuement rencontré les responsables scientifiques et commerciaux, Bertrand Jordan montre comment la logique d'une petite start-up en biotech, allée à la demande des parents et des médecins, peut déboucher sur une avancée médicale illusoire, ou du moins relative. Comment, s'interroge-t-il, « faire comprendre que le test proposé n'apporte qu'une petite contribution à l'identification d'enfants un peu plus vulnérables que d'autres ? » Comment évaluer les effets négatifs qu'entraînera l'annonce de ce risque légèrement plus élevé que la moyenne sur les parents, et donc sur leurs enfants ? La génétique ne peut pas tout. C'est un des mérites de ce livre, écrit par un homme de l'art, que de le rappeler. ■

Autisme, le gène introuvable, de Bertrand Jordan (Seuil, 224 p., 18 €).

1

C'est, en million d'années, la datation d'ossements et de végétaux calcinés retrouvés dans la grotte de Wonderwerk en Afrique du Sud. Ils témoigneraient de la plus ancienne utilisation attestée du feu par un hominidé – en l'occurrence probablement *Homo erectus* – pour cuire des aliments. La date de la domestication du feu fait débat : on a trouvé des traces de foyers sur plusieurs sites archéologiques, allant jusqu'à 1,5 million d'années, mais on ne peut exclure qu'ils aient eu une origine naturelle. A Wonderwerk, les restes calcinés n'ont pu être apportés dans la grotte par le vent ou le ruissellement, concluent Francesco Berna (université de Boston) et ses collègues dans la revue *PNAS* du 2 avril. Selon les chercheurs, cela repousse de 300 000 ans la première utilisation connue du feu – un moment-clé dans l'évolution humaine.

Livraisons

Neurosciences

« Les filles ont-elles un cerveau fait pour les maths ? »

Halte aux vieux clichés selon lesquels les garçons auraient des aptitudes innées pour les disciplines scientifiques et l'abstraction, contrairement aux filles. Statistiques et études récentes à l'appui, la neurobiologiste Catherine Vidal démontre au contraire que, dans les deux sexes, les performances mathématiques sont étroitement liées à l'environnement culturel, social et économique. A l'heure où les recherches en neurosciences ont révélé les spectaculaires capacités de plasticité du cerveau, qui se façonne en fonction des expériences et des apprentissages, l'argument biologique d'une pseudo-supériorité du sexe masculin en maths ne tient donc plus. Qu'on se le dise : « Plus le contexte politique est favorable à l'égalité hommes-femmes, plus les filles obtiennent de bons scores. »
> Catherine Vidal (Le Pommier, « Les petites pommes du savoir », 64 p., 4,99 €).

Informatique

« Cryptographie : vos secrets sont-ils bien gardés ? »

La revue informatique *MISC* (*Multi-system & Internet Security Cookbook*), spécialisée dans la sécurité informatique et disponible en kiosques, propose un numéro spécial consacré à la cryptographie. Bien qu'assez techniques, les articles permettent de se faire une idée de l'état de l'art de la cryptographie, sur laquelle reposent les paiements par carte ou en ligne, l'authentification des fichiers, l'identification des téléphones portables... On y apprendra ainsi comment « casser » certains codes (en théorie), ou comment « écouter » les puces électroniques pour les obliger à livrer leurs secrets, mais aussi quel système de chiffrement utiliser ou sur quelles bases mathématiques travaillent les cryptographes de demain. Pour passionnés tout de même.
> Hors-série de la revue « MISC », avril-mai, 80 p., 9 €.

BANDE PASSANTE



Chaque semaine, des membres de l'Ouvroir de bande dessinée potentielle (Oubapo) se relaient, inspirés par la science.

Le beaujolais, champion de la supraconductivité



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

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

En 2011, le monde de la physique a célébré les cent ans de la découverte de la supraconductivité, cette propriété étonnante qu'ont certains matériaux de conduire le courant électrique sans aucune résistance. Le phénomène, qui laisse espérer que l'on transporte un jour de l'électricité sans pertes, est d'un intérêt industriel évident, mais la supraconductivité ne fonctionne qu'à des

températures très basses, et de nombreux laboratoires dans le monde cherchent des matériaux facilitant le procédé. Une équipe japonaise, sans doute pour arroser ce centenaire, a exploré une voie inattendue en voulant déterminer si le fait d'imbiber des alliages dans des boissons alcoolisées pouvait « doper » l'apparition de leur supraconductivité. Paru en mars 2011 dans la revue *Superconductor Science and Technology*, l'article qui relate leurs expériences ne précise malheureusement pas le nombre de bouteilles que l'équipe a éclues avant de mettre au point cet improbable projet de recherche.

Voici le détail de son protocole expérimental : après avoir fabriqué des granulés à base de fer, de tellurium et de soufre, elle les a trempés pendant 24 heures dans plusieurs boissons alcoolisées du commerce portées à la température de 70 °C. Les pastilles ont ainsi fait le tour du bar – visiblement bien fourni – du laboratoire, « goûtant » à la bière, au vin blanc, au vin rouge, au whisky, au saké et au shochu, une eau-de-vie japonaise distillée à partir de divers ingrédients comme le riz, l'orge ou la patate douce. Les chercheurs ont aussi soumis leurs granulés à de l'eau et de l'éthanol pur, ainsi qu'à différents mélanges des deux, afin de savoir si le degré d'alcool jouait un rôle éventuel.

Le résultat de ces diverses dégustations

a été stupéfiant, comme l'expliquent les auteurs de l'étude : « Nous avons trouvé que les boissons alcoolisées du commerce, chauffées, étaient efficaces pour induire la supraconductivité, comparées à de l'eau pure, à de l'éthanol et à des mélanges eau-éthanol. » La concentration en alcool n'est pour rien dans l'affaire puisque, dans ce concours de bibine, c'est le vin rouge qui l'a emporté haut la main, tandis que le shochu a fini à la traîne bien que titrant 35°. Mais nos chercheurs nippons ne pouvaient se contenter de ce simple constat. Il leur fallait savoir ce qui, dans le vin rouge, favorisait la supraconductivité.

D'où une seconde expérience : patron, une autre tournée générale ! Cette fois-ci, l'équipe s'est concentrée sur le bon gros bleu qui tache : six vins constitués à partir de différents cépages (quatre vins français, un italien et un japonais...) ont ainsi été testés, comme le rapporte l'étude qui vient d'être mise en ligne sur le site de prépublications scientifiques arXiv.

Le mystérieux composé qui aide à la supraconductivité est l'acide tartrique, et la médaille d'or de l'expérience est revenue au... beaujolais ! Même si on est loin de tremper les lignes électriques dans le jaja, voilà qui ouvre des perspectives insoupçonnées à la viticulture française. Si la science improbable continue de s'en mêler, entre boire et supraconduire, il faudra bientôt choisir. ■

La réserve du savoir



LES COULISSES DE LA PAILLASSE

Marco Zito

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

Une semaine chargée et conflictuelle. Il est temps de plonger dans la bibliothèque : c'est toujours un moment de bonheur. Cela permet de s'extraire du tête-à-tête avec l'ordinateur, mais surtout de dialoguer avec le savoir accumulé par les anciens. Ces jours-ci, j'essaie de comprendre comment focaliser certaines particules chargées pour obtenir un meilleur faisceau de neutrinos : l'objectif est un faisceau dirigé depuis le Centre européen de recherche nucléaire, le CERN, vers la Finlande.

Je commence en lisant un article de revue, je parcours la bibliographie et j'arrive à la référence recherchée : c'est un article publié par des chercheurs soviétiques dans les années 1970. Quand il a été écrit, j'étais littéralement en culotte courte. Pas de version en ligne, il faut aller dans la « réserve », la pièce que je préfère du laboratoire.

C'est une grande salle sans fenêtres, comme une crypte, les murs tapissés de vieilles revues poussiéreuses jusqu'au plafond. Ici, on stocke celles qui ont trente ans d'âge ou plus. Un grand silence y règne, elle est toujours déserte. Caché en deuxième rangée, je trouve le volume, qui n'a pas été ouvert depuis des années. Quelque part, il m'attendait. L'article est un petit trésor : tout ce que je cherchais à comprendre y est calculé.

Les articles que nous écrivons ont deux faces : d'une part, ils annoncent les résultats obtenus pour la communauté des chercheurs actuels, de l'autre ils sont écrits pour ceux à venir. Ainsi, dans la réserve, la plupart des auteurs ont disparu, leur laboratoire et mêmes parfois leur pays n'existent plus. Mais leur contribution aux connaissances reste. Quand nous les lisons, une petite étincelle de leur esprit rejaillit et se reflète dans le nôtre. Si les résultats principaux se retrouvent dans les manuels, les articles fourmillent de techniques et méthodes qui pourront toujours resurgir.

Le sort de l'article que j'étais chargé par la collaboration de rédiger est différent. Le texte a fait l'objet de discussions

animées à l'intérieur de la collaboration. Ensuite est venue la question épineuse : à quelle revue le soumettre, européenne ou américaine ? Nos collègues américains font toujours pression pour leur *Physical Review Letters*, une des plus prestigieuses. Toutefois les critères de publications, notamment l'impact scientifique du résultat, sont des plus stricts. Et là, justement, notre article, qui ne présente pas la mesure la plus précise au monde, est refusé. Une petite douche froide. Je le soumetts alors à une deuxième revue et me prépare à passer par la même longue procédure avec les *referrees*, des chercheurs qui jugent de la qualité de l'article. Bonne nouvelle, l'article est accepté en quelques jours ! Il est publié, pour l'instant seulement dans l'édition en ligne.

Après je me reprends : pourquoi ce « seulement » ? Désormais l'édition en ligne est tout ce qui compte. De toute façon, l'article était déjà disponible sur le serveur arXiv. Personne ne le lira dans l'édition papier, et il n'arrivera jamais dans la réserve, ou alors dans une réserve qui restera virtuelle. Cette transformation du rôle des revues scientifiques n'est pas sans tension. Dans les blogs circule même un appel au boycott d'un éditeur, critiqué parce qu'il exploite le travail des chercheurs qui désormais font la quasi-totalité du travail d'édition.

J'en parlerais peut-être prochainement. En attendant, si je ne suis pas dans mon bureau, cherchez-moi à la bibliothèque ! ■

Agenda

Exposition
« Les mystères de la météorite de Toulouse »

Le 10 avril 1812, vers 20 heures, une météorite embrase le ciel de la région toulousaine. Les témoins effarés assistent à la chute de plusieurs pierres. Des fragments sont recueillis par les paysans dans les heures et jours qui suivent. Très vite, ce phénomène exceptionnel suscite le vif intérêt des notables et des hommes de sciences. Deux cents ans plus tard, le muséum de Toulouse a mené l'enquête sur le phénomène et livre le fruit de ses investigations. Un concours de nouvelles est lancé.

► Du 10 avril au 2 septembre, 35, allée Jules-Guesde, Toulouse.
► www.museum.toulouse.fr

Colloque
« Mediapolis »

Le département sciences, arts, culture, innovations, multimédia de l'université de Versailles - Saint-Quentin-en-Yvelines organise un colloque au Palais de la découverte centré sur les nouveaux médias. Au programme : en quoi les réseaux sociaux favorisent la diffusion de la culture ; quand le virtuel s'impose dans la culture ; vers une humanité « augmentée » ; les médias du futur.

► Jeudi 12 et vendredi 13 avril, de 9 heures à 17 heures, Palais de la découverte, Grand Palais, Paris 8.
► www.nouveauxmedias.uvsq.fr

EXPOSITION

Crevettes et crabes des abysses à Océanopolis

VINCENT DURUPT

Brest, correspondant

C'est une première à l'intention du grand public. A partir du 7 avril, à Brest, le centre de découverte des océans Océanopolis propose, dans le cadre d'une exposition consacrée aux abysses, deux aquariums pressurisés de 600 kg d'inox chacun, avec un hublot qui résisterait au poids de trois Airbus A 320...

L'un accueillera des petits crabes (*Segonzacia mesatlantica*), l'autre des crevettes (*Mirocaris fortunata*). Jusqu'en juillet 2011, tous vivaient par 1700 mètres de fond, au sud des Açores, au milieu de l'Atlantique. Ils ont été pêchés lors d'une mission scientifique impliquant le *Pourquoi-Pas?*, le navire océanographique le plus important de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), ainsi que son robot sous-marin *Victor*, apte à descendre jusqu'à 6000 mètres de profondeur et équipé d'un aspirateur à faune.

Le prélèvement a été effectué sur un champ de sources hydrothermales baptisé Lucky Strike, nom qui illustre la chance de sa

découverte en 1993 et lié peut-être aussi aux sulfures de métaux lourds et d'éléments radioactifs lâchés par les cheminées hydrothermales, à une température de 300 °C. Dans ces abysses, il fait noir, la pression est 170 fois supérieure à celle de l'atmosphère. La vie s'y développe par chimiosynthèse, un sujet de recherche très prisé depuis la découverte des premières sources, en 1977.

Des caissons à vocation scientifique existaient déjà. Ifremer et Océanopolis ont travaillé avec l'équipe de Bruce Shillito (université Pierre-et-Marie-Curie), qui avait développé *Ipocamp* (Incubateurs pressurisés pour l'observation et la culture d'animaux marins profonds). L'enjeu, cette fois, était de développer un véritable aquarium, visible du public.

Chaque prototype, appelé AbyssBox, a une contenance de seize litres. C'est peu comparé aux 3,7 millions de litres des bassins d'Océanopolis. Mais, pour voir plus grand, les contraintes et les coûts auraient été exponentiels. « Chacun coûte déjà 100 000 euros », explique Dominique Barthélémy, chargé du programme à Océanopolis.

Un soin particulier a été apporté au hublot de 15 cm de diamètre (le double à l'intérieur) et d'une épaisseur de 8 cm. L'eau est maintenue sous pression par une pompe utilisée dans l'industrie pour pousser du fromage à tartiner! Pour nourrir les animaux, un sas de 1 cm de diamètre a été imaginé. Des petites billes à base de farine de poisson sont introduites dans l'eau.

Micro-hublots et caméra

Pour le nettoyage, un filtre est installé en partie basse. La température est maintenue entre 5 °C et 8 °C avec, au centre, un anneau dans lequel l'eau circule à une température de 30 °C à 35 °C. Cette simulation de source chaude attire crabs et crevettes. Quatre micro-hublots permettent d'introduire de la lumière bleutée par fibres optiques, ainsi qu'une caméra dont les images seront visibles sur écran.

L'AbyssBox, d'un encombrement de 1 m³, est montée sur roulettes. Tous les appareillages sont visibles à l'extérieur, ce qui permet de mesurer la technicité de l'opération.

Les crevettes et les crabes, à la différence des poissons, peuvent

connaître décompression et compression. Ils sont résistants – mais pas immortels – dans un milieu qui n'est pas celui de départ. Des 300 crevettes ramenées en août 2011, il en reste 43. Les onze crabes, prédateurs entre eux, ne sont plus que trois, heureusement de la même taille. Ils montrent un meilleur appétit qu'auparavant et les crevettes ont elles-mêmes un comportement très vif.

Une nouvelle mission du *Pourquoi-Pas?*, cet été, permettra un nouvel approvisionnement. « On est au début de quelque chose, commente Dominique Barthélémy. Mais il y a vingt ans on était aux balbutiements pour les coraux. Aujourd'hui, on sait les reproduire. » Demain, qui sait, les crevettes des grands fonds pourraient prospérer à Océanopolis. Jozée Sarrazin, chercheuse en écologie benthique à Ifremer, se prend à imaginer de pouvoir montrer un jour les grands vers géants emblématiques des sources hydrothermales. « Mais ce sera encore un autre défi! » ■



Des plantes touchées (par ricochet) par la pollution sonore

BOTANIQUE

Hervé Morin

Journaliste au « Monde »

Il ne sera pas question dans cette chronique d'évoquer les vertus supposées de Mozart sur la bonne mine des tomates ou la pousse des yuccas. Ni de laisser entendre que les mûriers ont des oreilles. Mais de raconter comment la pollution sonore peut toucher les plantes, par des voies détournées.

C'est une équipe américaine, conduite par Clinton Francis (National Evolutionary Synthesis Center, Durham, Caroline du Nord), qui en apporte la démonstration, dans l'édition du 21 mars des *Proceedings of the Royal Society B*. Avec ses collègues, M. Francis s'est rendu à de nombreuses reprises, entre 2007 et 2010, dans la réserve naturelle de Rattlesnake Canyon, au Nouveau-Mexique.

Une réserve naturelle d'un genre particulier, puisqu'elle est parsemée de milliers de puits d'extraction de gaz naturel, dont beaucoup sont couplés à de bruyants compresseurs qui extraient cette ressource et la propulsent dans les

pipelines. Le vacarme est ininterrompu. C'était pour les chercheurs le milieu idéal pour tester différentes hypothèses. Ils ont tout d'abord disposé des plantes artificielles dans divers points du décor, dont certaines étaient saupoudrées de pollen tout aussi artificiel.

Ce dispositif était destiné à estimer précisément le nombre de visites d'oiseaux pollinisateurs. Ils ont constaté que les fleurs disposées dans les zones les plus bruyantes recevaient cinq fois plus de visites d'un oiseau-mouche (*Archilochus alexandri*). « Ils pourraient préférer ces sites bruyants parce qu'un autre oiseau, qui attaque volontiers ses nichées, évite lui-même ces endroits », avance Clinton Francis. Le bruit pourrait ainsi indirectement profiter à la petite plante pollinisée par l'oiseau-mouche.

Conséquences sur le long terme

Les chercheurs sont allés plus loin : ils ont voulu voir comment le bruit agissait sur les animaux susceptibles de disperser les graines du pin à pignons (*Pinus edulis*). Ils ont pointé des caméras sous 120 pins plus ou moins éloignés des compresseurs, saupoudré de pignons le sol sous ces arbres, et attendu patiemment.

Le résultat ne s'est pas fait attendre. Les arbres exposés au tintamarre n'étaient pas visités par le geai buissonnier (*Aphelocoma californica*), qui a



Le geai buissonnier (« *Aphelocoma californica* »), qui a pour habitude de cacher ses graines dans le sol pour plus tard, n'aime pas être exposé au tintamarre.

ROLF NUSSBAUMER/HEMIS

pour habitude de cacher des centaines de ces graines dans le sol pour plus tard – ce qui laisse la chance à certaines d'entre elles de germer. Au contraire, les chercheurs ont vu affluer les souris, qui se sont régalingées des pignons sans leur

laisser une chance de se transformer en arbre. Dans les zones calmes, les jeunes pousses de pin étaient quatre fois plus nombreuses.

Pour Clinton Francis et ses collègues, la conclusion est limpide : le bruit pour-

rait avoir des conséquences sur le long terme. « Moins de pousses dans les zones bruyantes pourrait signifier moins d'arbres matures en définitive, mais dans la mesure où ces pins ont une croissance lente ce changement pourrait passer inaperçu pendant des années. » Or, souligne-t-il, cet habitat est d'une importance critique pour des centaines d'espèces.

« Ingénierie écologique »

Denis Couvet, du laboratoire Conservation des espèces, restauration et suivi des populations au Muséum national d'histoire naturelle de Paris, juge ces résultats « nouveaux et intéressants ». Des effets du bruit sur le comportement des oiseaux étaient déjà connus, rappelle-t-il, notamment le changement de la tonalité du chant chez les mâles selon le bruit. L'originalité de l'étude américaine était de considérer « les conséquences sur les fonctionnalités des écosystèmes, à travers le rôle qu'y jouent les oiseaux ».

L'« ingénierie écologique », encore émergente en France, pourrait bénéficier d'une telle approche, qui prend en compte les « services écosystémiques » rendus par les différentes espèces, estime le chercheur français : « On pourrait par exemple déterminer les espèces moins sensibles au bruit qu'il conviendrait de favoriser dans de tels écosystèmes, afin de ne pas perdre, ou de restaurer, telle ou telle fonctionnalité. » ■

AFFAIRE DE LOGIQUE

Groupes pacifiques

Depuis la dernière visite d'*Affaire de logique* (n° 758) au Poker Sport Gang (PSG), l'ambiance s'est améliorée, mais chacun des onze joueurs compte encore deux ennemis irréductibles au sein de l'équipe. Il est d'ailleurs possible de faire asseoir toute l'équipe autour d'une table de sorte que chaque joueur soit entouré par ses deux ennemis.

L'entraîneur constitue, pour prodiguer ses conseils, des groupes pacifiques, comportant un ou plusieurs joueurs, parmi lesquels ne figure aucune paire d'ennemis. Combien existe-t-il de groupes pacifiques différents issus des 11 joueurs ?

SOLUTION DU N° 769

La plus longue suite décente compte 38 nombres

On commence par remarquer que : (1) pour qu'une suite décente contienne une dizaine complète (10A, 10A+1, ..., 10A+9), le « préfixe » A devant le dernier chiffre doit avoir pour somme de ses chiffres un multiple de 11 augmenté de 1 ; (2) pour qu'elle contienne la dizaine complète suivante, il faut que les chiffres de A+1 aient également pour somme un multiple de 11 augmenté de 1.

Si A s'écrit B (non terminé par 9)

suivi de n chiffres 9, A+1 s'écrit

(B+1) suivi de n chiffres 0.

La condition (2) impose à la somme

des chiffres de B d'être un multiple

de 11 : B est un décimé.

Alors, la condition (1) entraîne que

9n est un multiple de 11 plus 1. On en

déduit que n est un multiple de 11

plus 5. Prenons par exemple n = 5.

La dizaine complète commençant à

10A = B9999990 jusqu'à B9999999

convient, tout comme la suivante de

(B+1)000000 jusqu'à (B+1)000009.

Après cette séquence, conviennent

encore les neuf nombres de

(B+1)000010 à (B+1)000018, le sui-

vant (B+1)000019 étant un décimé.

Avant cette séquence, neuf autres

nombres conviennent encore, en

remontant, de B999989 à B999981,

le précédent B999980 étant un décimé.

On a donc construit une suite

décécente de 38 nombres, dont la plus

petite, obtenue pour B = 0, va de

999 981 à 1 000 018.

Il est clair qu'on ne peut pas faire

mieux, puisque le résultat obtenu

est général dès lors que deux

dizaines consécutives complètes

appartiennent à la suite décente.

N° 770

Les jeux sont faits (à Genève)

Prévoir l'avenir et dompter le hasard sont des questions qui hantent l'homme depuis la nuit des temps, du jeu de dés, l'*alea* des Romains et l'*al-zahr* des Arabes – d'où sont nés les mots « aléatoire » et « hasard » – jusqu'aux recensements, statistiques en tout genre et sondages d'opinion d'aujourd'hui.

Les probabilités et les jeux qui les ont fait naître, les outils qu'on a créés pour leur calcul, c'est par ces deux approches que le Musée d'histoire des sciences, magnifiquement situé au bord du lac de Genève, propose d'explorer l'univers du hasard au travers de son exposition « Les jeux sont faits ».

Au programme chaque jour : présentation de collections d'instruments de calcul, anciens et modernes, exposition de nombreux jeux de hasard, projections de films (émission « C'est pas sorcier » et « L'ironie du sort », entre 11 heures et 15 heures). De plus, des « Conférences de printemps » seront données certains mercredis à 18 h 30 :

• Le 25 avril : « Les machines à calculer de Blaise Pascal » par Nathalie Vidal et Dominique Vogt,

• Le 2 mai, « Des statistiques spatiales environnementales pour analyser la survenue de catastrophes naturelles » par Gregory Giuliani et Pascal Peduzzi,

• Le 9 mai « *Alea jacta est* » par Michel Kühne.

Accès gratuit, tout public. Infos sur www.ville-ge.ch

MATHIEU VIDARD
14h - La tête au carré

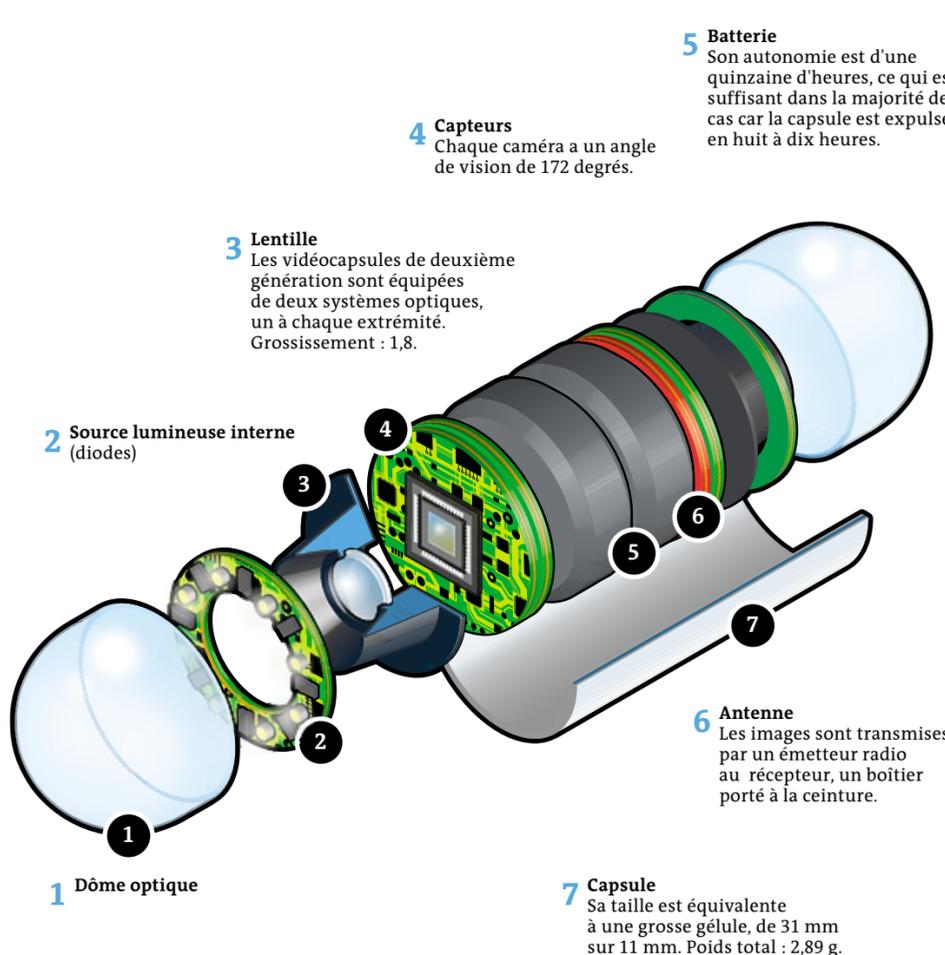
avec chaque vendredi la chronique de la rédaction du cahier Science&techno *Le Monde*

france
inter
franceinter.fr

Des vidéocapsules pour explorer le tube digestif

Tous les étages ou presque de l'appareil digestif peuvent désormais être explorés grâce à des vidéocapsules à usage unique, avalées comme un médicament. Les PillCam destinées à étudier l'intestin grêle sont utilisées depuis une dizaine d'années. Conçues également par la firme israélienne Given Imaging, les modèles pour visualiser le côlon sont plus récents. Ceux de deuxième génération sont équipés de deux caméras, avec un angle de vision plus large que les premiers prototypes. Autre innovation technique, le rythme de captation des images varie de 4 images/seconde – quand la capsule est immobile – à 35 images/s quand elle est en mouvement.

En France, la technique est déjà proposée dans une quarantaine de centres publics ou privés, où elle est évaluée en continu par un observatoire national. « Les vidéocapsules coliques détectent 85 % des lésions de plus de six millimètres, précise le professeur Robert Benamouzig, chef du service de gastro-entérologie de l'hôpital Avicenne, à Bobigny. Et leur spécificité est satisfaisante, c'est-à-dire que l'examen reste négatif en l'absence de lésion. » Mais il ne s'agit pas d'une technique de première intention. « Elle est proposée quand la coloscopie est contre-indiquée ou a été incomplète, ou qu'elle est refusée catégoriquement par le patient », poursuit Robert Benamouzig. La préparation (qui consiste à ingérer un liquide qui nettoie le côlon) doit être aussi soignée que pour une coloscopie. Des vidéocapsules œsophagiennes sont à l'étude, principalement pour surveiller l'apparition de varices digestives chez des patients ayant une cirrhose du foie.



1 Dôme optique

2 Source lumineuse interne (diodes)

3 Lentille
Les vidéocapsules de deuxième génération sont équipées de deux systèmes optiques, un à chaque extrémité. Grossissement : 1,8.

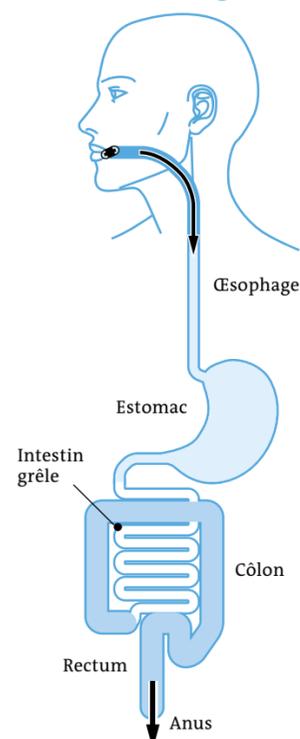
4 Capteurs
Chaque caméra a un angle de vision de 172 degrés.

5 Batterie
Son autonomie est d'une quinzaine d'heures, ce qui est suffisant dans la majorité des cas car la capsule est expulsée en huit à dix heures.

6 Antenne
Les images sont transmises par un émetteur radio au récepteur, un boîtier porté à la ceinture.

7 Capsule
Sa taille est équivalente à une grosse gélule, de 31 mm sur 11 mm. Poids total : 2,89 g.

Parcours digestif

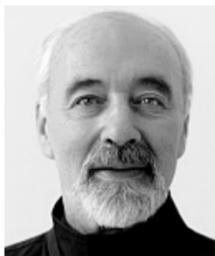


Vue interne

INFOGRAPHIE LE MONDE

SOURCES : MAYO CLINIC, GIVEN IMAGING

L'Argentine part à la conquête des Etats-Unis (et de la Grande-Bretagne)



TOUR DU MONDE DE L'INNOVATION

Francis Pisani

Journaliste et blogueur (winch5.blog.lemonde.fr)

(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Les marchés se trouvent au Nord, les talents au Sud, et la technologie partout, telle est la formule sur laquelle Globant.com, une société argentine de logiciels pour entreprises, a établi sa stratégie. Et ça marche : créée, en 2002, avec 5 000 dollars (3 800 euros), elle a maintenant 2 500 employés, quatre bureaux aux Etats-Unis, un en Grande-Bretagne et vingt en Amérique latine. Dans sa longue liste de clients, elle compte certaines des sociétés les plus performantes en termes d'innovation, de Google à Electronic Arts en passant par LinkedIn et Zynga.

La recette : 90 % de sa facturation provient du Nord, alors que 80 % du développement technologique et artistique se fait au Sud. « Les grands marchés manquent de talents, alors qu'il y en a beaucoup dans des villes relativement petites, dans des coins inattendus où personne ne se préoccupe de leur donner une opportunité », explique Guibert Englebienne, responsable de la technologie de l'entreprise, dans son bureau de Buenos Aires.

Les « talents » qui intéressent M. Englebienne sont designers et développeurs. Il utilise cet alliage, indispensable à qui se soucie d'innover aujourd'hui, dans un contexte d'innovation ouverte pour éviter de tomber dans le plus grand piège du B2B (business to business, d'entreprise à entreprise), le fait de s'adresser aux utilisateurs captifs de l'entreprise avec laquelle on a un contrat (les clients d'une banque par exemple), ce qui pousse à construire des logiciels moins robustes.

Séduire les nouvelles générations

« Les nouvelles générations sont plus autonomes, disposées à produire autant qu'à consommer. Elles appartiennent à des communautés globales ouvertes et disposent de la meilleure technologie chez eux, dit M. Englebienne. La plupart des entreprises considèrent qu'elles sont un défi. Nous poussons nos clients à les séduire. »

« Tous mes employés veulent participer au processus de création », indique M. Englebienne. Dès qu'un client a un nou-

veau problème, l'entreprise ouvre une liste sur laquelle peuvent s'inscrire ceux qui souhaitent y réfléchir. Plusieurs sessions de « brain storming » ont lieu (toujours en anglais) pour mieux « écouter l'intelligence distribuée dans toute l'organisation ».

« Nous sommes dans le business du fitness, de la mise en condition, poursuit-il. Nous permettons à nos clients, à nos employés et aux pays dans lesquels nous opérons d'être toujours prêts pour entrer dans la compétition d'où émergera le monde de demain. » Il pense que le monde est plus plat (au sens où il est plus ouvert) et que « les besoins sont si grands qu'on aura recours aux innovations venant de partout sans qu'externaliser soit signe de mauvaise qualité ».

Le défi est d'accéder à un nombre suffisant de talents pour opérer au niveau mondial. En Argentine, comme partout ailleurs, l'éducation a cinquante ans de retard, au moins. D'où un effort constant sur la formation et sur les « Globant Labs », qui font de la recherche sur des pro-

jets futuristes tels que robotique, biotechnologie, réalité augmentée, jeux, etc.

Globant ne s'intéresse pas aux marchés du Sud, « 90 % de la demande mondiale de services numériques sont aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne et au Japon. Nous perdons notre temps ailleurs », signale M. Englebienne. Les marchés qui nous intéressent sont ceux dans lesquels la corruption a disparu, qui reposent sur une stricte méritocratie et dans lesquels la prise de décision est rapide. Mais quand on lui demande s'il envisage de s'installer à New York, il répond : « Pas nécessairement. La composante culturelle compte énormément dans les entreprises qui reposent sur les personnes. Il faut en prendre soin continuellement. Nous nous efforçons d'être toujours près de nos employés et toujours près de l'avion. » Le monde est plat, dit-il, mais sa pratique indique qu'il n'est pas homogène. ■



Le navigateur Yves Parlier parie sur le cerf-volant

De nouveaux systèmes d'ails de traction pourraient réduire la consommation en carburant du transport maritime

HERVÉ MORIN

Le navigateur Yves Parlier est aussi ingénieur. Depuis quelques mois, il s'est embarqué dans une nouvelle aventure : remplacer les voiles par des cerfs-volants, pour tracter les bateaux – de course, de pêche ou de fret. « Il y a une motivation environnementale et économique : les énergies fossiles s'épuisent et elles vont devenir de plus en plus onéreuses, dit-il. Les économiser peut permettre de gagner du temps, car la société telle qu'elle est organisée aujourd'hui ne saurait pas faire sans pétrole. »

Il propose donc de révolutionner la marine grâce à des ailes volantes. L'idée n'est pas nouvelle, elle est déjà mise en pratique par une société allemande, Skysails, qui propose depuis plusieurs années des cerfs-volants allant jusqu'à 320 m² de surface, pour soulager les moteurs de porte-conteneurs ou de bateaux de pêche. La société hambourgeoise a mis au point un procédé de pilotage d'ails à caissons, proches de la structure des parapentes, grâce



Yves Parlier a commencé des tests de traction par cerf-volant sur un « cata-kite ».

BEYOND THE SEA

à une nacelle qui actionne des suspentes, le tout étant relié au navire par un câble unique. Le déploiement de ce cerf-volant nécessite l'ajout d'une grue sur le pont. La force de traction maximale est obtenue en faisant parcourir à la voile des « huit »

dans le ciel – on parle de vol dynamique. Pour Yves Parlier, cette solution n'est pas optimale. « La combinaison du vent vitesse dû au déplacement du bateau et du vent météo réel donne fréquemment un vent apparent arrivant sur l'avant du

bateau, explique-t-il. Dans ces conditions, le vol dynamique exerce une partie du temps une force qui ne concourt pas à la traction du navire. Il doit être réservé au portant, avec un vent soutenu. » De son point de vue, il serait préférable de s'appuyer sur des ailes plus grandes, volant de façon statique – avec un angle constant par rapport au vent apparent. L'enjeu sera de démultiplier la surface. Yves Parlier imagine un « train » de cerfs-volants, avec un mode de lancement inédit.

Il a formé un consortium, Beyond the Sea, espère lever 15 millions d'euros auprès de l'Ademe et fait plancher des écoles d'ingénieurs sur le projet. Au laboratoire d'hydrodynamique de Polytechnique, Christophe Clanet a été séduit : « Nous avons lancé une thèse, sur deux volets : quel est le dessin de l'aile optimal ? Comment déplier et replier ces structures ? »

L'idée de départ est donc de mettre au point un « mille-feuille » volant pour additionner la portance. Il faudra déterminer la meilleure distance à respecter entre ces ailes pour minimiser les turbulences. De plus, la rigidité de l'ensemble sera assurée

par des boudins gonflables, comme pour les kitesurfs de loisir. « Nous voulons voir à partir de quel moment des plis se forment sur ces structures en boudin », dit Christophe Clanet. La forme définitive est encore loin d'être établie. Il réfléchit même à des box wings, des ailes multiplans sans extrémité, qui auraient le mérite de retarder la formation de tourbillons. « Du point de vue aéronautique, ce sujet-là est vraiment merveilleux », s'enthousiasme-t-il.

Stephan Wrage, le fondateur de Skysails, se réjouit de voir un « navigateur de talent » comme Yves Parlier plaider la cause des cerfs-volants. Il n'est cependant pas convaincu par l'option choisie, qu'il avait explorée avant de l'abandonner. « C'est vrai que le vol statique présente des avantages, note-t-il. Mais multiplier les voiles compliquera leur lancement et leur rapatriement. Cela risque d'être coûteux par rapport à la performance obtenue. » Pour l'heure, un obstacle de taille bouche l'horizon : la crise, qui a mis le transport maritime à genoux. Sa société a baissé la voilure, de 80 à 40 salariés, et il n'envisage pas d'embellie avant douze à dix-huit mois. ■