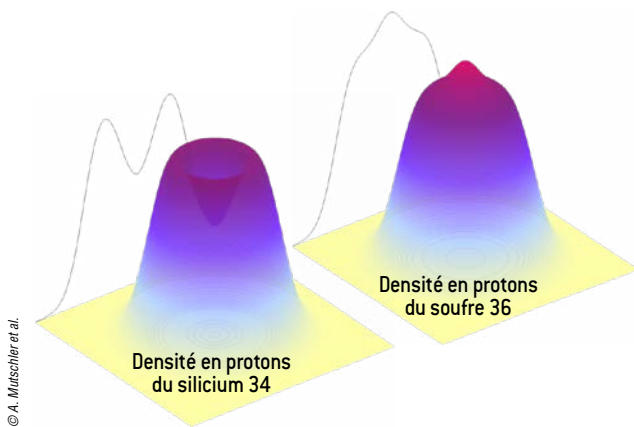


Physique nucléaire



Des noyaux atomiques qui font des bulles

Certains noyaux exotiques présenteraient un creux en leur centre. Après quarante ans de recherche, l'existence de ces « noyaux bulles » vient d'être confirmée expérimentalement.

On se représente souvent les noyaux atomiques comme des amas sphériques de protons et neutrons. Pourtant, ils prennent parfois des formes étonnantes : en poire, en cigare, etc. Dans toutes ces configurations, le cœur du noyau est dense. Dès les années 1970, cependant, il a été suggéré que certains noyaux pouvaient avoir un cœur appauvri en protons et former des noyaux « bulles ». Un tel noyau a été mis en évidence par l'équipe d'Olivier Sorlin, chercheur au Ganil (le Grand accélérateur national d'ions lourds, à Caen).

L'existence des noyaux bulles a été longtemps considérée comme peu probable au regard des modèles décrivant la matière nucléaire. La structure nucléaire est surtout définie par l'interaction forte qui lie les protons aux neutrons. Les propriétés de cette force sont telles que la densité est uniforme et quasi universelle au cœur de tous les noyaux connus : environ 0,16 nucléon par femtomètre cube (soit une densité de 200 millions de tonnes par centimètre cube). Cette densité est quasi constante jusqu'à la

périphérie du noyau, où elle chute rapidement.

Quelques noyaux exotiques découverts par la suite, tels que les noyaux à halo, échappent à cette description. Mais qu'en était-il des noyaux bulles ? Si l'on considère que les protons et les neutrons du noyau atomique sont des objets quantiques, leurs probabilités de présence dans le volume du noyau se déduisent de leurs fonctions d'onde. Dans certains cas, elles s'annulent au centre du noyau. Des calculs prévoyaient que le silicium 34 présentait une déplétion en protons au centre de 40 % par rapport au soufre 36, qui a deux protons de plus que le silicium 34. Mais ces résultats dépendaient du modèle théorique utilisé, et il était donc crucial de les mettre à l'épreuve.

En analysant des données de collisions et de désintégrations au Laboratoire américain du cyclotron supraconducteur de l'université d'État du Michigan, Olivier Sorlin et ses collègues ont comparé la structure du silicium 34 et du soufre 36. Ils ont montré que les deux protons manquants du silicium sont ceux qui occupent

précisément le cœur du noyau de soufre. Le silicium présente donc un déficit de protons en son cœur : il s'agit bien d'un noyau bulle.

Les perspectives de l'étude des noyaux bulles sont nombreuses. Par exemple, les noyaux sont en général si denses qu'ils sont considérés comme très difficilement compressibles. Avec sa structure de noyau bulle, le silicium 34 présenterait un mode de compression tout à fait unique.

Par ailleurs, le silicium 34 n'est peut-être pas le seul noyau où la densité est atypique. Selon certains modèles, les noyaux superlourds présenteraient une « peau de neutrons » telle que la densité de neutrons à la surface du noyau serait caractérisée par une décroissance lente plutôt qu'abrupte. Au Ganil, le nouvel accélérateur d'ions Spiral2 a été inauguré le 3 novembre 2016. Il est dédié à l'étude de la structure de tels noyaux et révélera sans doute de nouvelles structures tout aussi exotiques dans les années à venir.

S. B.

A. Mutschler et al., *Nature Physics*, en ligne le 24 octobre 2016

Le noyau atomique du silicium 34 est étonnant : sa densité en protons (graphique à gauche) présente un déficit vers le centre du noyau, en comparaison avec un noyau plus classique tel que le soufre 36. Cette structure exotique de « noyau bulle » vient d'être mise en évidence. Au Ganil, à Caen, le nouvel accélérateur d'ions Spiral2 (ci-dessus à droite, quelques-uns de ses aimants de focalisation) permettra de rechercher d'autres noyaux bulles parmi les éléments superlourds.

Chimie

Du phosphate à l'ARN

Les premières formes de vie seraient-elles essentiellement fondées sur l'acide ribonucléique (ou ARN)? Cette hypothèse repose sur les remarquables propriétés de cette macromolécule, capable de servir à la fois de support de l'information génétique (rôle surtout assuré par l'ADN aujourd'hui) et de catalyseur des réactions indispensables au développement de l'organisme (comme les protéines aujourd'hui). Elle se heurte néanmoins au « problème du phosphate ». Les ions phosphate sont indispensables à la constitution de l'ARN, où ils servent de lien entre ses nucléosides. Or ces ions sont très rares en condition abiotique, car ils forment rapidement un minéral stable en présence de calcium, l'hydroxyapatite.

Au lieu d'imaginer des conditions permettant à cette roche de libérer des ions phosphate, l'équipe de Steven Benner, de l'entreprise Firebird Biomolecular Sciences, en Floride, a recherché d'autres minéraux susceptibles de phosphoryler les nucléosides : la lüneburgite serait un excellent candidat.

Constituée de magnésium, de borate et de phosphate, la lüneburgite se forme lors de l'évaporation d'eau riche en ces composés. Reproduisant en laboratoire un simple cycle de précipitation et d'évaporation tel qu'on peut l'observer en milieu désertique, les chimistes ont mis en présence une solution aqueuse contenant des nucléosides avec de la lüneburgite, avant de faire évaporer l'eau résiduelle. Après 16 heures, 15 % des nucléosides étaient phosphorylés. Le mécanisme de cette réaction s'effectue en deux temps : les nucléosides déstabilisent tout d'abord la lüneburgite en se liant aux borates, ce qui provoque la libération des ions phosphate. Ceux-ci peuvent alors se fixer sur les nucléosides à leur tour. « Cette étude montre tout l'intérêt du bore en chimie prébiotique, dont le rôle est probablement négligé », estime Laurent Boiteau, chimiste du CNRS à Montpellier.

Une interrogation subsiste néanmoins. Le bore est un élément rare, et le contexte géologique lors de l'apparition des premières formes de vie, il y a 3,8 milliards d'années, est différent de celui que l'on connaît aujourd'hui : y avait-il réellement de la lüneburgite à cette époque? Cette roche se dégradant facilement, il n'en reste pas de trace. Pour Steven Benner et ses collaborateurs, il existe cependant des indices. En effet, elle se décompose en tourmaline, apatite et monazite. Or ces minéraux ont justement été retrouvés dans des échantillons du Groenland datant d'environ 3,8 milliards d'années.

Martin Tiano

H.-J. Kim et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, en ligne le 9 novembre 2016

Biologie végétale

Plants de tabac dopés

En modifiant des plants de tabac, Johannes Kromdijk, de l'université de l'Illinois, et ses collègues ont accéléré leur croissance dans des conditions de culture en plein champ : après 22 jours, le poids à sec des plants modifiés était de 14 % à 20 % plus élevé que celui des plants non modifiés. Les biologistes ont augmenté l'efficacité de la photosynthèse non pas en élevant sa cadence, mais en optimisant son délai de mise en route.

La photosynthèse, avec l'aide du soleil, transforme en glucides le dioxyde de carbone fixé par la plante et l'eau absorbée. Toutefois, ce n'est pas parce que les plantes ont besoin du soleil pour croître qu'elles ne risquent pas de brûler sous ses rayons. Au fil de l'évolution, elles ont ainsi développé un mécanisme de protection solaire – un mécanisme qui, en cas d'excès, dissipe sous forme de chaleur une partie de l'énergie lumineuse reçue. Mieux, ce

processus se déclenche dès que la plante est trop exposée et s'arrête lorsqu'un nuage passe ou quand une feuille en ombre une autre.

Cependant, l'arrêt prend quelques minutes à quelques heures, ce qui n'est pas anodin. En effet, d'après des simulations, une plante fixe sur une journée entre 7,5 % et 30 % de dioxyde de carbone en moins que si la protection solaire se levait sans délai. Les biologistes ont donc eu l'idée d'augmenter la production de protéines impliquées dans la levée de la protection. À cette fin, ils ont introduit dans le génome du tabac des copies supplémentaires de trois gènes codant ces protéines, issues d'une autre plante, l'arabette des dames. Ces travaux auront-ils une quelconque utilité pour répondre aux besoins alimentaires de la population mondiale croissante, comme le suggèrent leurs auteurs? Rien n'est moins sûr.

M.-N. C.

Science, vol. 354, pp. 857-861, 2016



© Zhigang Guozhong/Shutterstock.com

En cas de fort ensoleillement, les plantes se protègent en dissipant sous forme de chaleur l'excès d'énergie solaire reçue. Des biologistes ont joué sur ce mécanisme pour accélérer la croissance de plants de tabac.

Le cœur de glace de Pluton

La surface de Pluton présente une région de couleur claire en forme de cœur. Des astrophysiciens ont utilisé les données de la sonde *New Horizons* pour étudier une zone de son lobe gauche, surnommée Sputnik Planitia. Il s'agit d'une dépression remplie de cristaux de monoxyde de carbone et d'azote qui se sont condensés dans cette région froide, âgée de dix millions d'années. En réfléchissant mieux la lumière du Soleil, son refroidissement s'est accentué, d'où l'accumulation de cristaux.

Les astrocytes ouvrent l'appétit

Notre appétit est contrôlé par différents neurones du noyau arqué de l'hypothalamus. Naiyan Chen, du MIT, et ses collègues ont découvert un nouvel acteur : les cellules gliales, et en particulier les astrocytes, des cellules cérébrales non neuronales. Ils ont montré que des rongeurs mangeaient

davantage que les souris témoins si les astrocytes de leur noyau arqué étaient activés (par génie génétique), mais moins s'ils étaient bloqués (avec des drogues). Dans le premier cas, les neurones stimulant l'appétit étaient aussi excités. Moduler l'activité des astrocytes serait donc une piste possible pour traiter l'obésité.

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



Retrouvez
plus d'actualités sur
www.pourlascience.fr

POINT DE VUE

Recherche : la France n'investit plus assez pour garder son rang

Fauteuil ou strapontin ? Quelle place notre pays veut-il occuper demain sur la scène scientifique mondiale ? La question se pose aujourd'hui alors que la stagnation des budgets nous affaiblit peu à peu dans un contexte international de plus en plus compétitif.

Alain FUCHS

Décembre a été un mois faste en célébrations pour la recherche française. On l'a vue briller à Stockholm lors de la cérémonie de remise du prix Nobel de chimie à notre collègue Jean-Pierre Sauvage, couronné avec J. Fraser Stoddart et Bernard L. Feringa pour leurs travaux sur la conception et la synthèse de machines moléculaires. Elle a été célébrée sous les ors de la Sorbonne à Paris à travers Claire Voisin, une grande mathématicienne au sein d'une communauté française de tout premier rang mondial, qui vient de se voir décerner la médaille d'or 2016 du CNRS.

L'excellence scientifique, dans notre pays, n'est pas un mot creux : elle est incarnée et bien vivante. Ces exemples, et bien d'autres encore, comme le rang que tiennent les opérateurs scientifiques nationaux (CNRS, Inserm, CEA) dans des classements tels que Nature Index ou le Reuters Top25 Global Innovators, montrent que la France occupe une place à part entière sur la scène scientifique mondiale. Une place de choix et pas un strapontin. Mais pour combien de temps encore ?

Car la question qui se pose est bien de savoir si la recherche française va se maintenir à ce niveau ou si elle va décrocher. Quand la Corée, « jeune » pays en matière de recherche de base, a augmenté la part de son PIB consacrée à la recherche de 2,63 % en 2005 à 4,29 %

en 2014, notre vieux pays est à la peine en enregistrant une augmentation de 2,04 % à 2,24 % sur la même période, selon la Banque mondiale. Tandis que, le 3 novembre dernier, le président François Hollande estimait tout juste « atteignable et réaliste » l'objectif des 3 % du PIB d'ici à dix ans.

Outre que cette perspective nous éloigne de celle fixée par la stratégie Horizon 2020, qui prévoit que l'Union européenne consacre 3 % de son PIB à la recherche en 2020, signalons que notre voisin allemand, doté d'un budget dédié à la recherche qui a bondi de 75 % en dix ans, y est déjà quasiment parvenu. Si ce

Les prix Nobel d'aujourd'hui résultent des investissements d'hier

cap est maintenu, les dépenses de recherche en Allemagne atteindront alors près de 4 %, creusant encore l'écart avec la France.

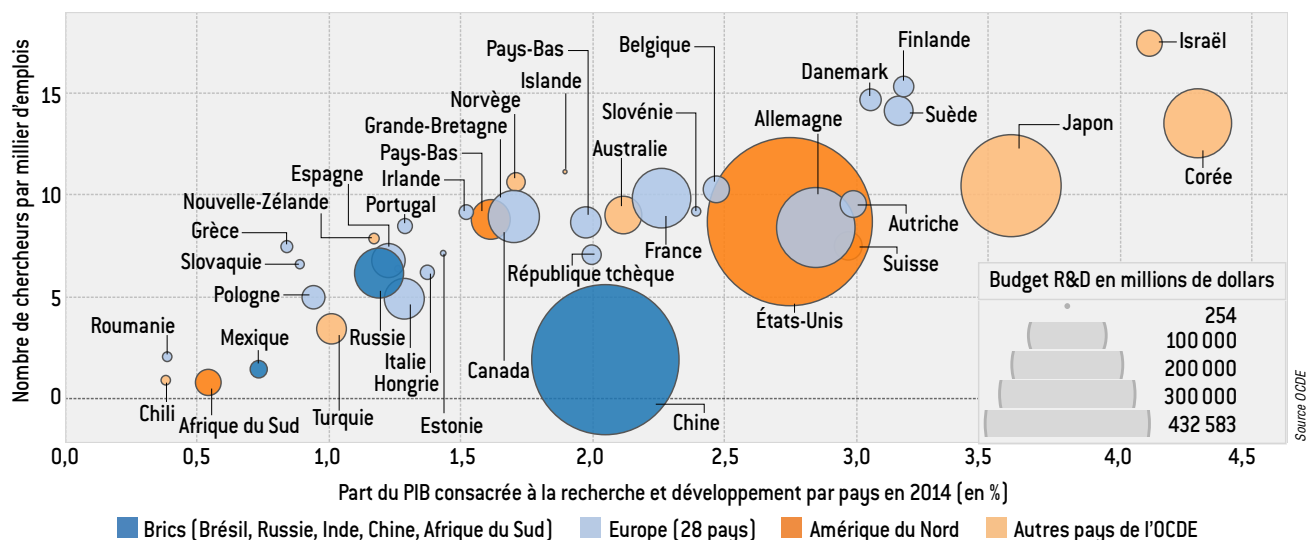
Force est de constater que la « priorité à la recherche » et la « sanctuarisation » des budgets invoquées dans les discours ont souvent du mal à se frayer un chemin dans la réalité. En période de contraintes budgétaires, la tentation est forte de rogner dans nos enveloppes, en laissant entendre dans l'opinion que les organismes de recherche disposent d'un « matelas » financier. L'épisode de l'annulation de crédits traversé il y a quelques

mois en témoigne : l'émotion de huit grands scientifiques français estimant, dans une tribune publiée par *Le Monde* le 23 mai 2016, qu'une perte sèche de 256 millions dans les laboratoires fragiliserait la recherche pour de longues années a contraint le gouvernement à renoncer à son projet.

Mais la tentative montre la précarité de notre édifice. Elle montre aussi que le maintien du budget de l'enseignement supérieur et de la recherche en France, si souvent évoqué, aboutit année après année à une stagnation dommageable dans un contexte de compétition internationale qui s'accroît à mesure des enjeux. Cette année encore, l'augmentation de 850 millions d'euros concédée au budget de l'enseignement supérieur et de la recherche permet essentiellement d'assurer la hausse du point d'indice accordée aux fonctionnaires. Ces 850 millions ne changeront quasiment rien à la réalité des laboratoires.

Contraint de contenir l'évolution de sa masse salariale depuis 2010, le CNRS s'est fait fort de maintenir un recrutement honorable de 307 chercheur·es et de largement plus de 300 ingénieur·es et technicien·es. Depuis six ans, je me suis battu pour continuer d'assurer le renouvellement des générations. Car fermer les portes des laboratoires, c'est décourager les jeunes qui veulent entreprendre des études scientifiques, c'est désespérer les

LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT PAR PAYS EN 2014



jeunes docteurs et doctorants qui sont le carburant de la science, c'est nous priver de talents étrangers alors que tant de scientifiques brillants veulent nous rejoindre.

Mais cet effort a un prix : celui de limiter de manière drastique nos marges de manœuvre, portant ainsi atteinte à notre capacité de réponse dans des domaines nouveaux, émergents et souvent interdisciplinaires. Il pénalise notre capacité unique de soutenir des projets risqués de long terme, à l'image des travaux qui ont valu leur Nobel à Jean-Pierre Sauvage (2016), Jules Hoffmann (2011) et Serge Haroche (2012).

Cette situation n'est pas davantage soutenable au regard du rôle majeur que la recherche française doit continuer à jouer dans tous les champs scientifiques, de plus en plus nombreux, qui requièrent des investissements dans de très grandes infrastructures de recherche telles que les grands observatoires en sciences de l'Univers ou les sources de neutrons ou de lumière synchrotron. Devons-nous par exemple abandonner le leadership du calcul haute performance (et bientôt du stockage et du traitement des données massives, etc.) à la Chine et à d'autres puissances qui dominent d'ores et déjà la liste des 500 machines les plus puissantes du monde ?

Que nous disent les succès engrangés année après année dans les laboratoires ? Que la recherche se joue sur le temps long ; que la persévérance humaine et budgétaire

■ L'AUTEUR



Alain FUCHS est président du CNRS depuis janvier 2010.

est, avec la sélection des meilleurs talents, la condition majeure de la réussite ; que les résultats obtenus sont le fruit d'un travail d'équipe, un travail collectif qui comprend des ingénieurs et des techniciens de grande qualité. Chaque pays, chaque culture les accommode avec son génie propre, mais les ingrédients d'une science de qualité sont peu ou prou identiques partout dans le monde.

Les stratégies, en revanche, peuvent être différenciées et elles le sont. En France et singulièrement au CNRS, nous opérons des recherches sur quasiment l'ensemble du front de la connaissance, car les découvertes les plus importantes (celles dites « de rupture ») viennent le plus souvent d'où on ne les attendait pas. Citons par exemple le premier traitement chimiothérapeutique de la syphilis au début du XX^e siècle, issu de travaux de chimistes sur les colorants textiles, lesquels doivent beaucoup à l'invention du gaz d'éclairage au XIX^e siècle ! Cela ne nous empêche pas de définir des priorités scientifiques et de faire des choix, car tous les projets de recherche ne se valent pas.

Si la France figure encore aujourd'hui parmi les nations les plus prospères du monde, c'est aux sciences et aux technologies qu'elle le doit. Sa prospérité repose sur plusieurs siècles de découvertes. Les engagements financiers en matière de recherche sont les promesses qu'une société fait à elle-même et à ses enfants. Ne dilapidons pas notre héritage. ■



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES par Gérald Bronner



J'en étais sûr !

Pour plusieurs commentateurs, les surprises de l'actualité politique récente n'en étaient pas. Mais ce sont des jugements a posteriori, faussés par le biais de rétrospection.

Le monde est devenu déconcertant ces derniers temps, ce ne sont pas les responsables des instituts de sondages qui vous diront le contraire : *Brexit*, élection de Donald Trump aux États-Unis, victoire de François Fillon à la primaire de la droite en France... L'imprédictibilité des phénomènes sociaux n'aura jamais été aussi tangible.

Bizarrement, on trouve de nombreux éditorialistes de réseaux sociaux qui ne paraissent pas si surpris que cela. Tout leur paraît assez logique *a posteriori*, ce qui illustre la malicieuse remarque du célèbre physicien danois Niels Bohr : « La prédiction est un exercice très compliqué, particulièrement lorsqu'elle porte sur le futur. »

En effet, pour prolonger l'idée de Bohr, les prédictions assurées du plus grand succès sont celles qui sont faites après les événements. Il serait un peu cruel de remonter le fil de la publication de ces éditorialistes d'Internet pour voir si leurs éventuels commentaires révélaient réellement leur prémonition des événements.

Cruel, mais sans doute intéressant. C'est justement une expérience de ce genre qu'ont réalisée deux psychologues de l'université hébraïque de Jérusalem, Baruch Fischhoff et Ruth Beyth, bien avant l'existence de Facebook ou Twitter puisque leur article a été publié en 1975.

Quelques années auparavant, le président des États-Unis, Richard Nixon, s'apprêtait à faire une visite historique en Union soviétique et en Chine. Cette rencontre au sommet pouvait susciter bien des spécu-

lations : Mao Tsé-toung accepterait-il de rencontrer le président des États-Unis ? Ceux-ci reconnaîtraient-ils officiellement la Chine communiste ? Les décennies de guerre froide allaient-elles permettre aux deux blocs de passer des accords ?

Pour toutes ces questions, les deux psychologues ont demandé aux sujets de l'expérience d'assigner une probabilité, par



L'ÉLECTION DE DONALD TRUMP :
un résultat auquel on pouvait s'attendre,
selon des commentaires faits après coup.

exemple : « À votre avis, quel pourcentage de chances Nixon a-t-il de rencontrer véritablement le leader de la Chine ? »

Après la rencontre historique effectivement réalisée, les psychologues revinrent vers ceux qui avaient accepté de se prêter au jeu de la prédiction et les interrogèrent sur l'exactitude de leur pronostic.

Les résultats obtenus sont amusants. Les sujets de l'expérience avaient tendance à nettement surestimer la probabilité qu'ils avaient attribuée à un événement qui s'était effectivement produit, tandis qu'ils minoraient

beaucoup celle qu'ils avaient attribuée à un événement possible mais qui, lui, ne s'était pas réalisé. De façon générale, ils exagéraient franchement l'exactitude de leur prévision.

Des expériences de ce type ont été reproduites plusieurs fois à propos d'événements qui ont marqué l'opinion (comme la destitution possible de Bill Clinton, alors président des États-Unis, dans l'affaire Monica Lewinsky).

Ce biais rétrospectif qui nous assure que nous avons une bonne intuition des choses pourrait n'avoir qu'une incidence anecdotique sur nos vies. Cependant, il peut aussi, et c'est plus incommode, nous conduire à mal évaluer une décision politique, par exemple. On reproche facilement à un personnage politique d'avoir pris une décision qui, au moment en question, était justifiée, mais qui a eu de mauvais résultats. Inversement, on le gratifie rarement d'une reconnaissance pour une décision qui a eu des conséquences heureuses, mais dont la pertinence ne sautait pas aux yeux à l'époque où elle a été prise.

Ainsi, ce biais révèle que nous oublions facilement les conditions initiales et l'univers de possibles difficile à prédire qui enserrait généralement les décisions publiques. Notre jugement *a posteriori* peut facilement être injuste, car nous focalisons notre attention sur les conséquences qu'a engendrées une décision plutôt que sur les conditions probabilistes réelles qui y ont présidé. ■

Gérald BRONNER est professeur de sociologie à l'université Paris-Diderot.

EXPOSITION

6.12.16 > 27.08.17

PALAIS-DECOUVERTE.FR



80 ans
Palais



 Champs-Élysées Clemenceau  Franklin Roosevelt

#FaitesVosJeux

Exposition conçue avec le concours du

mathematikum
Mathematik zum Anfassen.

En partenariat avec

POUR LA
SCIENCE

JUNIOR

SCIENCE&VIE TV

Syfy

FUTURA

OUI FM

l'éléphant

EXPOSITION PALAIS DE LA DÉCOUVERTE