

Biologie cellulaire

Vieillesse cellulaire : un mécanisme élucidé

Le vieillissement cellulaire est un processus qui conduit à la mort programmée des cellules. Son rythme peut être perturbé par différents facteurs, tel le stress thermique. On soupçonnait le stress oxydant d'être un autre de ces facteurs. Michel Tole-dano et ses collègues, du CEA à Saclay et de l'université de Göteborg en Suède, ont montré que le stress oxydant active un mécanisme de réparation spécifique, différent de celui activé par le stress thermique, qui contribue à pallier les effets du vieillissement.

Le stress oxydant est lié à l'accumulation dans la cellule de molécules dérivant de l'oxygène. Ces substances, dont le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), endommagent les molécules du vivant, en particulier les protéines, en les oxydant, c'est-à-dire en leur prenant des électrons. Les molécules perdent leur structure normale, ce qui les rend non fonctionnelles, et s'agrègent à l'intérieur de la cellule. L'accumulation d'agrégats de protéines est une caractéristique du vieillissement cellulaire et une cause majeure des maladies neurodégénératives liées à l'âge, telle la maladie d'Alzheimer.

Toutefois, il existe des protéines dites chaperons dont la

fonction est d'assurer la bonne conformation des autres protéines, d'empêcher qu'elles ne perdent leur structure ou de la réparer si elles ont été endommagées, et enfin de les éliminer lorsqu'elles ne peuvent plus être réparées. Ces protéines chaperons sont connues pour intervenir pendant un stress thermique. Elles préviennent l'agrégation des molécules ou dissolvent les agrégats.

Les chercheurs ont montré chez la levure que lors d'un stress oxydant, les protéines chaperons interviennent aussi, mais qu'elles prennent en charge les protéines dénaturées seulement en présence d'une enzyme de la famille des peroxyrédoxines. Celle-ci facilite l'établissement de la liaison entre les protéines chaperons et les protéines endommagées.

Les chercheurs ont montré que l'augmentation de la quantité de peroxyrédoxine dans les cellules allonge leur durée de vie de 50 % par rapport à celle de cellules normales.

Cette découverte permet de mieux comprendre le vieillissement cellulaire dû au stress oxydant et pourrait offrir des pistes pour lutter contre les maladies neurodégénératives.

W. R.-P.

S. Hanzén et al., *Cell*, vol. 166, pp. 140-151, 2016

Biologie animale

La drosophile, un fin gourmet

La meilleure façon de ne pas avoir d'intoxication alimentaire reste encore de ne pas manger d'aliments gâtés. Mais comment les éviter ? C'est ce qu'ont essayé de savoir Bassem Hassan et son équipe de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière, à Paris, en étudiant la drosophile, ou mouche du vinaigre.

Les drosophiles se nourrissent d'aliments en décomposition, et qui dit aliments trop mûrs dit présence possible du colibacille *Escherichia coli*, et donc de lipopolysaccharide (LPS), une toxine présente dans la membrane de cette bactérie. Les chercheurs ont soumis les drosophiles à un choix culinaire : un fruit en décomposition sain et un autre infecté par *E. coli*. Verdict : après avoir goûté le dernier, elles évitent soigneusement d'en manger, et les femelles préfèrent l'aliment sain pour y pondre leurs œufs. Comme le LPS est un composé non volatil, les chercheurs ont supposé que

cette réaction d'évitement était due à certains neurones gustatifs présents dans le tube digestif des drosophiles, connus pour détecter les substances amères. De fait, lorsqu'ils ont inhibé les récepteurs TRPA1 exprimés sur ces neurones, les mouches se nourrissaient aussi bien d'aliments contaminés que d'aliments sains, et les femelles pondaient leurs œufs aussi sur la nourriture infectée.

Ainsi, les drosophiles ont un système gustatif qui leur permet de détecter et d'éviter les toxines, et donc de se prémunir contre les infections causées par les bactéries. Par ailleurs, le fait que le récepteur TRPA1 soit présent à la fois chez les mammifères et chez les insectes montre que ce système a été préservé au cours de l'évolution, sans doute parce qu'il est indispensable pour la survie des espèces.

Alice Maestracci

A. Soldano et al., *eLife*, en ligne le 14 juin 2016



© Shutterstock.com/StudioTouch

La drosophile est capable de reconnaître un aliment avarié grâce à des capteurs gustatifs. Elle évite ainsi des intoxications et des sites moins favorables à la ponte des œufs.

Une planète pour trois étoiles

Un système triple d'étoiles est déjà peu commun, mais celui étudié par Kevin Wagner et ses collègues, de l'université d'Arizona, l'est encore moins. Grâce au VLT (*Very Large Telescope*), ils ont observé directement une planète géante jovienne en orbite autour d'une seule des étoiles du système. Les deux autres, plus petites, sont sur une orbite encore plus large, ce qui rend la dynamique de ce système très atypique. Cette découverte pourrait alimenter les modèles de formation des systèmes stellaires et de leurs planètes.

D'anciennes protéines bien conservées

Presque 2 milliards d'années ! C'est l'âge des microorganismes dans lesquels Julien Alléon, de l'université Pierre-et-Marie-Curie, et ses collègues ont trouvé des fragments de protéines peu dégradées. Les chercheurs ont étudié des microfossiles organiques du Précambrien dans

la formation de Gunflint, en Amérique du Nord. Ils ont reconstitué la signature chimique des protéines et identifié, en particulier, des groupes amides, qui assurent la liaison entre les acides aminés. Cette découverte est exceptionnelle car les groupes amides sont relativement fragiles et s'altèrent facilement avec le temps.

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



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Actuellement
en kiosque

Cerveau & Psycho

N° 79 juillet-août 2016

M 07656 - 79 - F: 6,50 €



**MANGER EN PLEINE
CONSCIENCE**
PAR CHRISTOPHE ANDRÉ

Cerveau & Psycho

Psychonutrition

TROUVER L'ÉQUILIBRE

Quand les aliments régulent
nos émotions et notre bien-être

15-30 ANS

UNE GÉNÉRATION
SI FRAGILE

COGNITION

LES BÉNÉFICES
DU SPORT

**STIMULATION
CÉRÉBRALE**

LES CASQUES COMMERCIAUX
SONT-ILS EFFICACES ?



D: 9,5 €; BEL: 7,9 €; CAN: 11,2 \$ CAD; DOMS: 7,7 €; LUX: 7,9 €; ESP: 7,7 €; MEX: 84 MND; ROM: 1100 XPF; PORTUG: 7,7 €; TUR: 23 TL; CH: 15 CHF

N° 79 - 100 pages - prix de vente : 6,50 €

www.cerveauetpsycho.fr

Le site de référence de la psychologie et des neurosciences

ENTRETIEN

Science participative au Cern : « Il ne s'agit pas pour nous de faire une bonne action »

Faire de la physique des particules en amateur ? C'est en partie possible. Les équipes du grand laboratoire européen proposent aux volontaires de leur prêter main-forte, avec leur ordinateur ou avec leurs yeux.



Claire ADAM-BOURDARIOS, physicienne du CNRS, coordonne les actions de science participative de l'équipe ATLAS au Cern.

Recenser les espèces de coléoptères ou de batraciens présentes dans une région, découvrir une nouvelle espèce de plante et la décrire, etc. : depuis longtemps, certaines tâches ou recherches naturalistes sont l'œuvre d'amateurs passionnés qui, bien que non scientifiques par métier, ont parfois acquis une aussi bonne expertise que des chercheurs professionnels.

Depuis plusieurs années, on assiste à une participation d'un public plus large à des activités scientifiques, cette fois à l'initiative des organismes scientifiques eux-mêmes et grâce au développement d'Internet et des outils informatiques.

D'abord cantonnée aux observations naturalistes, cette « science participative » a gagné des champs tels que la recherche de signes de vie extraterrestre ou la quête de grands nombres premiers. Elle a même atteint la physique des particules, science qui exige pourtant une grande technicité expérimentale et théorique. Claire Adam-Bourdarios, physicienne membre de l'équipe ATLAS du LHC [Large Hadron Collider, ou Grand collisionneur de hadrons], au Cern, est responsable des actions de science participative de son équipe. Elle nous explique ici en quoi consistent ces actions et pourquoi elles sont mises en place.

POUR LA SCIENCE

Depuis quand existe-t-il des programmes de science participative au Cern ?

CLAIRE ADAM-BOURDARIOS : L'initiative est venue à l'occasion du cinquantième anniversaire du Cern, en 2004. Quelques membres de ce laboratoire européen ont alors mis en place une plateforme de « calcul volontaire » nommée LHC@home. Cette infrastructure logicielle permet à toute personne disposant d'un ordinateur et d'une connexion internet de prêter du temps de calcul au Cern. Autrement dit, le volontaire prête sa machine, à distance et aux moments où elle est inactive, afin d'effectuer des calculs utiles aux scientifiques du Cern. Le succès a été immédiat et inattendu : en 24 heures, le nombre de participants a atteint le millier, et après une semaine ils étaient plus de 7 000, ce qui a saturé le serveur. L'opération, prévue pour ne durer que trois mois, a été prolongée et développée jusqu'à aujourd'hui.

PLS

De quels calculs s'agit-il ?

C. A.-B. : Au début, LHC@home faisait calculer des trajectoires d'une soixantaine de protons dans un champ magnétique, le long du tunnel du

futur LHC. Ces simulations numériques [projet SixTrack] ont aidé à optimiser les conditions de fonctionnement du faisceau de protons du LHC, et d'ailleurs on continue à réaliser de telles simulations afin d'améliorer encore la qualité des faisceaux. Petit à petit, le champ d'application du calcul volontaire s'est étendu : simulations de divers aspects du fonctionnement de la machine LHC, puis simulations d'événements de collision proton-proton dans le cadre du modèle standard de la physique des particules. Ces dernières, en particulier, exigent beaucoup de mémoire. Ce n'est que depuis trois ans que l'on peut simuler avec la plateforme LHC@home un événement complet, avec les trajectoires des particules produites, leurs énergies, etc., y compris les signaux binaires au sein de chacun des détecteurs.

PLS

Quelle part ce calcul participatif représente-t-il pour le LHC ?

C. A.-B. : On estime que la puissance de calcul fournie par les participants à la plateforme LHC@home représente environ 10 % de la puissance de calcul totale utilisée par ATLAS, ce qui n'est pas négligeable. C'est, en gros, l'équivalent d'un centre de calcul d'une université de taille moyenne.

PLS

Y a-t-il d'autres programmes de science participative que LHC@home ?

C. A.-B. : Il faut d'abord préciser que LHC@home se compose de plusieurs sous-programmes ou projets, dont *SixTrack* que j'ai déjà mentionné. Il y a aussi *ATLAS@home*, rattaché à l'équipe responsable du grand détecteur ATLAS et des expériences associées, et *Test4Theory*, tourné vers les simulations en lien avec la théorie. Deux autres sous-programmes, *Beauty* (physique liée aux quarks *b*) et *CMS@home* (CMS est l'autre grand détecteur du LHC), sont en préparation.

Mis à part LHC@home, le Cern mène des actions en direction de publics plus ciblés, actions que l'on peut aussi assimiler à de la science participative. Par exemple, il a organisé quelques *Challenges* (« défis », en anglais), des concours visant à améliorer les algorithmes de traitement des signaux, avec récompenses à la clé. Ainsi, le dernier, en 2014, a porté sur des algorithmes d'apprentissage automatique pour identifier, dans les données des détecteurs, certaines désintégrations du boson de Higgs. Ces *Challenges* s'adressent plutôt à des férus d'algorithmes, qui peuvent être amenés à interagir ultérieurement avec les physiciens du Cern pour mettre en œuvre leurs idées.

Un autre aspect participatif du Cern est la mise à disposition de ses masses de données, qui permettent par exemple à des entreprises informatiques de tester leurs produits logiciels, ou qui servent à alimenter les projets éducatifs du Cern destinés aux lycéens ou étudiants et à leurs enseignants.

PLS

Combien de participants avez-vous ? Connaissez-vous leur profil ?

C. A.-B. : Actuellement, on dénombre pour *ATLAS@home* de l'ordre de 12 000 contributeurs aux calculs volontaires, qui proviennent de partout dans le monde – environ 80 pays pour les activités de ces derniers mois. Ce sont plutôt des hommes, informaticiens ou férus d'informatique. Certains sont assidus, d'autres ne participent qu'occasionnellement, en particulier les jeunes, qui sont aussi moins bien équipés en matériel informatique. Il faut aussi souligner que certains des contributeurs bénévoles ne sont pas des individus, mais des

entreprises ou de petites universités : on en compte une vingtaine ou une trentaine.

PLS

La participation est-elle possible pour ceux qui ne connaissent pas la langue anglaise ?

C. A.-B. : C'est le problème : pour le moment, tout se fait en anglais – instructions, documentation, etc. C'est sans doute pourquoi les participants français, par exemple, sont relativement peu nombreux (la contribution française est au 8^e rang mondial, juste derrière celle des Pays-Bas). On peut imaginer

Du calcul volontaire, des analyses visuelles d'images de détection, des concours d'algorithmes...

la mise en place d'un support multilingue, mais, outre la charge de travail que cela représenterait, quelles langues choisir ? Pour faciliter les choses, on pourrait aussi organiser des échanges sur Skype entre des participants et un physicien du Cern originaire du même pays qu'eux.

PLS

Communiquez-vous avec les participants ?

C. A.-B. : Oui, nous communiquons beaucoup avec eux. Par l'intermédiaire des forums, ils posent des questions, rouspètent – en général pour qu'on leur donne plus de travail – et s'attendent à des réponses. Au début, cela nous a fait peur, parce que nous n'aurions pas pu faire face à la demande. Heureusement, les participants se sont mis à interagir et à échanger entre eux, et les plus expérimentés renseignent les débutants. Quant à les rencontrer, pourquoi pas, mais on ne sait pas trop comment faire, d'autant que beaucoup ne sont identifiés que par un pseudonyme. Peut-être via Skype, peut-être en leur demandant des témoignages...

PLS

Les participants bénéficient-ils d'une forme de reconnaissance ? De récompense ?

C. A.-B. : S'ils restent anonymes, on ne peut de toute façon pas faire grand-chose. La gratification n'est en aucun cas matérielle. Nous

travaillons actuellement sur les images des événements simulés et interagissons beaucoup avec les volontaires qui les analysent. Un système de score mesure la part de chaque participant aux calculs partagés, mais cela est sans valeur formelle. Quant à une cosignature des publications scientifiques, ce n'est pas réaliste : celles d'ATLAS comportent déjà près de 3 000 signatures et les critères sont drastiques ! Les publications à venir remercieront donc les volontaires globalement (en outre, nous décrivons à la communauté scientifique ce qu'ils font, dans des conférences). D'ailleurs, très peu de

personnes impliquées dans un programme de science participative souhaitent être citées dans les publications scientifiques : seulement 5 %, selon un sondage *Le Monde-La Recherche* publié en mai dernier. Ce même sondage montre

qu'une bonne moitié d'entre elles (51 %) désirent savoir comment a été utilisé leur travail, et au Cern ce souhait est satisfait.

PLS

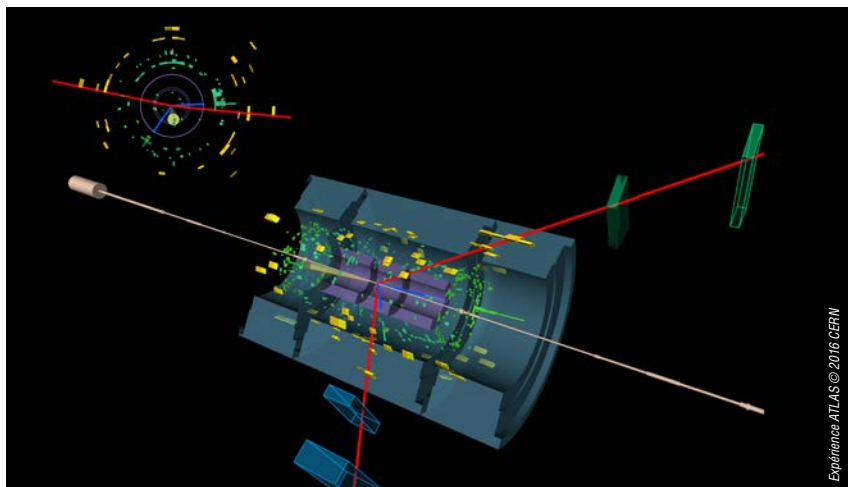
Combien de chercheurs sont impliqués dans ces programmes ?

C. A.-B. : Il faut savoir que l'initiative de tels programmes vient généralement de quelques individus dans les équipes. Chaque programme est ensuite discuté et décidé au sein de l'équipe concernée, et reçoit le soutien de la direction du Cern. L'équipe en question y affecte alors quelques personnes (généralement entre 5 et 10) qui vont y consacrer leur temps de travail. Moi, par exemple, je coordonne les projets de science participative au sein d'ATLAS pendant quatre ans, à temps plein.

PLS

Quelles sont les motivations du Cern ou des chercheurs impliqués dans la mise en place et la gestion de ces programmes ?

C. A.-B. : Pour cet organisme et ses chercheurs, il ne s'agit pas de faire une bonne action désintéressée. L'une des motivations est d'entretenir un lien avec le grand public, afin de casser les stéréotypes dont souffrent les scientifiques. Il s'agit aussi de mieux expliquer ce que nous



VISUALISATION NUMÉRIQUE D'UNE COLLISION PROTON-PROTON qui a peut-être produit un boson de Higgs. Dans cet événement, enregistré par le détecteur ATLAS du LHC le 28 septembre 2015, le boson de Higgs supposé s'est désintégré en une paire muon-antimuon (*trajectoires rouges*) et une paire électron-positron (*trajectoires bleues*). Les programmes de science participative au Cern incluent la simulation de tels événements.

faisons, d'éduquer à la science, d'inciter les jeunes à aller vers des carrières scientifiques. Par ailleurs, les initiatives de calcul volontaire ont une réelle utilité. Outre les résultats de ces calculs partagés, l'organisation de ces derniers a permis de résoudre des problèmes informatiques, de simplifier les protocoles et les réseaux mis en jeu. Nous avons touché des férus d'informatique, qui nous ont aidés à corriger les bugs. De façon plus globale, la mise en place du calcul volontaire fournit des éléments de réflexion stratégique à la direction du Cern pour le futur informatique de ce grand laboratoire. Il y a 15 ou 20 ans, les calculs étaient assurés par un gros ordinateur; aujourd'hui, c'est une grille (un réseau d'ordinateurs) qui est à l'œuvre; demain, les calculs seront-ils effectués dans un *cloud*, ou par une grille d'ordinateurs encore plus puissants? La direction est curieuse de voir comment les infrastructures de calcul partagé vont évoluer, cela pourrait lui donner des idées de solutions possibles.

PLS

Comment la qualité des contributions des participants est-elle contrôlée?

C. A.-B. : Pour ce qui est du calcul volontaire, nous nous sommes posé la question d'éventuels défauts affectant les machines des participants qui nous offrent de la puissance de calcul, défauts

qui peuvent être dus à la présence de virus par exemple. Nous procédons donc à des tests. Nous confions des calculs portant sur des événements déjà étudiés, et nous vérifions la cohérence de leurs résultats. Jusqu'ici, nous n'avons pas constaté de problèmes. Un programme dont je n'ai pas encore parlé et auquel est associé ATLAS (le projet *Higgs Hunters*, sur la plateforme pluridisciplinaire Zooniverse) consiste pour le participant à examiner visuellement des images numérisées des signaux détectés afin de repérer d'éventuels événements inattendus dans le cadre du modèle standard. Pour garantir la qualité des résultats, les images sont examinées plusieurs fois, et on soumet aux participants des données réelles et des simulations, de façon à détecter des biais.

PLS

Le Cern est un organisme international ayant une grande visibilité. Le risque que certains participants soient malintentionnés est-il pris en compte?

C. A.-B. : Oui, bien sûr. Pour ce faire, le domaine informatique des participants est bien séparé de la grille du Cern, qui n'est accessible qu'à l'aide d'un certificat. Une passerelle ou zone tampon a été installée entre les deux, de façon à éviter toute intrusion ou détérioration dans le domaine informatique du Cern.

PLS

Prévoyez-vous des développements supplémentaires de vos actions de science participative?

C. A.-B. : Pour l'instant, nous voulons surtout stabiliser les modes de travail, consolider les procédures en cours. Pour les examens visuels d'images de détection, nous cherchons d'autres expériences qui pourraient s'y prêter. Cette activité ressemble d'ailleurs à un retour dans le passé, à l'époque où une armada de petites mains analysaient les clichés pris dans les chambres à bulles, afin d'identifier des particules et leurs trajectoires... Quant aux calculs partagés, nous envisageons la simulation d'événements exotiques rares, qui sont prévus par la théorie, afin d'apprendre à mieux les repérer. ■

Propos recueillis par Maurice MASHAAL

TROUVER VOTRE PRESSE DEVIENT SIMPLE

Avec ZEENS, l'appli aux 3 000 titres et
26 000 marchands de journaux



zeens.fr

Téléchargez-la
dès maintenant sur
votre smartphone



CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES par Gérald Bronner



La foule est-elle intelligente ?

Si l'on veut plus de démocratie participative, il faudrait d'abord déterminer dans quelles conditions un avis collectif peut être raisonnable.

Brexit ou référendum sur l'aéroport de Notre-Dame-des-Landes, l'actualité a reposé la question de la rationalité des foules. Cette interrogation, lancinante en démocratie, a traversé l'histoire des idées en commençant par Platon qui ne misait pas grand-chose sur la possibilité de s'en remettre à la sagesse du peuple (*La République*, VI, 494a).

Plus récemment, de nombreux auteurs ont réhabilité l'idée d'une sagesse des foules et ont affirmé avec insistance que l'usure de nos systèmes politiques nécessite une forme plus collaborative de démocratie. La question est complexe, car de tels dispositifs ne sont pas toujours convaincants. En témoigne l'exemple récent du mouvement Nuit debout et de ses échanges qui, de l'aveu même des enthousiastes, n'étaient pas satisfaisants.

Le problème est que l'on traite cette question sur le mode de la passion plutôt que de la raison : il faudrait être inconditionnellement en faveur de la démocratie collaborative pour être un démocrate sincère, ou y être tout à fait opposé pour ne pas prendre le risque du populisme. Pour avancer, il convient de se débarrasser des lests idéologiques, de penser une ingénierie de la décision collective et de répondre aux questions essentielles. En particulier, dans quelles conditions les conclusions d'un groupe sont-elles raisonnables et dans quelles autres non ?

Pour obtenir quelques éléments de réponse, un biologiste allemand, Jens Krause, et deux collègues ont en 2009 voulu tester

cette idée de sagesse des foules dans une population humaine. Dans une première situation, on demanda à 2 057 individus d'évaluer le nombre de billes dans une jarre en contenant 562. Les individus ne se consultaient pas les uns les autres et chacun tentait d'estimer du mieux possible le bon résultat sans avoir le droit d'ouvrir la jarre. Personne ou presque ne trouva, mais



NUIT DEBOUT : un rassemblement à Strasbourg, en avril 2016.

la moyenne des réponses fut de 554, ce qui était une approximation remarquable de la bonne réponse.

Ce résultat qualifie ce que l'on nomme la « sagesse des foules ». Ici, on observe que l'évaluation du groupe est de qualité supérieure à la grande majorité des appréciations individuelles. Cela n'a rien de surprenant : il suffit de considérer que tous les individus se trompent, mais que leur erreur est équirépartie. En d'autres termes, les estimations par excès des uns compensent les estimations par défaut des autres.

Dans une seconde partie de l'expérience, les chercheurs ont confronté 1 953 individus à un autre genre de problème. Il s'agissait d'estimer le nombre de fois, dans un jeu de pile ou face, où il fallait obtenir *face* à la suite pour approcher la probabilité de gagner à la loterie allemande (1 chance sur 14 millions). La bonne réponse était qu'il faut obtenir 24 fois de suite *face* (événement qui a 1 chance sur $2^{24} \approx 17$ millions de survenir). Or, cette fois, la moyenne des réponses fut de 498 – une valeur sévèrement fautive !

Ainsi, contrairement aux réponses au premier problème, les erreurs ont convergé vers un point objectivement faux. On peut donc remarquer que même dans des exemples aussi dépourvus d'enjeux idéologiques, la logique de la décision collective (ici sans délibération) peut aller à hue et à dia selon la structure du problème considéré. Dans un cas, on peut s'attendre à une dispersion des points de vue favorable à une estimation collective équilibrée, dans l'autre à une focalisation collective vers l'erreur.

Il est possible qu'une forme de collaboration élargie en démocratie soit un enjeu de rénovation politique. Mais la question doit pouvoir s'adosser à des travaux identifiant les conditions idoines de son recours plutôt qu'à des déclarations de bonnes intentions qui peuvent se révéler contreproductives pour l'intérêt général. En d'autres termes, il faut y mettre un peu moins d'idéologie et un peu plus de science. ■

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