



Certains chercheurs préconisent de créer un indice pour quantifier la fiabilité d'un résultat



également un coût, ont également été reproduits avec succès. Les expériences de réplication ont confirmé que l'on effectue plus rapidement une tâche lorsque la précédente est identique. Dans une série de chiffres qui défilent, on déterminera ainsi plus vite ceux qui sont impairs si l'on ne fait que cela, par rapport au cas où l'on doit alterner avec une autre tâche, comme «indiquer si un chiffre est supérieur à 5.»

Même quand une expérience de réplication échoue, les «grandes conclusions» restent souvent valides, car elles reposent sur tout un faisceau d'études. Prenons le cas d'un autre effet classique de la psychologie, l'«amorçage». Il est bien établi que des mots ou des personnes peuvent influencer inconsciemment nos jugements et nos décisions, notamment en activant des stéréotypes: une fille obtiendra ainsi de moins bons résultats en mathématiques si on lui rappelle qu'elle est une fille. L'étude sur le Trivial poursuit, que nous avons mentionnée précédemment, s'inscrivait dans ce contexte: l'idée était que l'image mentale d'un professeur «amorçé» l'intelligence et la recherche de connaissances dans notre esprit. Le fait que la réplication ait échoué n'invalide pas les très nombreuses études publiées dans le domaine de l'amorçage, qui reste un phénomène psychologique robuste. De même, le semi-échec de la réplication du test du marshmallow n'annule pas l'ensemble des recherches sur la maîtrise de soi.

Les fondements de la psychologie scientifique sont donc solides. La crise de la réplication a permis, non pas de décrédibiliser cette discipline, mais au contraire d'en redorer le blason en attestant de sa maturité et de sa capacité à se questionner. Elle nous rappelle aussi le caractère provisoire des connaissances scientifiques.

En 1938, le célèbre épistémologue Gaston Bachelard écrivait à leur propos: «Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit.» Gardons donc à l'esprit que les connaissances sont des constructions, elles-mêmes amenées à être, un jour ou l'autre, déconstruites pour être mieux reconstruites par la suite.

DES IDÉES QUI RESTENT INFLUENTES BIEN APRÈS LEUR RÉFUTATION

Le problème est que les résultats les plus étonnants se propagent comme une traînée de poudre, aussi bien chez les scientifiques (l'étude du stylo dans la bouche a été citée par près de 2000 articles scientifiques, d'après *Google Scholar*) que dans le grand public. Et même lorsqu'ils sont réfutés, ils continuent à circuler, voire à être dévoyés. Dans une conférence TED sur le langage corporel datant de 2012, Amy Cuddy, qui avait participé à l'étude «montrant» l'influence du *power posing*, la fameuse posture conquérante avec les bras en V, conseille d'adopter cette posture juste avant un entretien d'embauche et mentionne l'étude du stylo dans la bouche. Cette conférence est encore visible sur Internet et cumule un audimat impressionnant: elle a été visionnée plus de 50 millions de fois.

Une très grande prudence reste donc de mise avant d'utiliser les découvertes de la science à des fins commerciales ou politiques. Harold Pashler, de l'université de Californie à San Diego, préconise de créer un indice spécifique et de le mentionner dès que l'on cite un résultat scientifique. L'indice 1, le plus fiable, serait réservé à des études répliquées une ou plusieurs fois. L'indice 2 serait accordé à des résultats non répliqués, mais dotés d'une bonne puissance statistique (impliquant de multiples mesures et de nombreux participants), tandis que les études d'une puissance plus faible auraient un indice 3 et devraient être considérées comme préliminaires. Seuls les résultats d'indice 1 seraient alors mûrs pour une éventuelle exploitation commerciale ou politique.

C'est ainsi que pourraient être limités les malentendus et les interprétations abusives, tout en conservant le droit à l'erreur. Émettre des hypothèses erronées n'est pas une honte, bien au contraire: c'est inhérent à la recherche. De même, il est normal qu'un certain nombre d'expériences préliminaires ne soient pas confirmées par la suite. L'important est de savoir abandonner une piste qui a débouché sur une impasse. Pour l'astronome américain Phil Plait, «une partie du processus [de la science], c'est admettre qu'on a parfois tort. Et ça peut être vraiment très, très dur. [...] Mais la contrepartie est la meilleure qui soit: savoir et comprendre». ■

BIBLIOGRAPHIE

D. E. Huber et al., **Less "story" and more "reliability" in cognitive neuroscience**, *Cortex*, vol. 113, pp. 347-349, 2018.

H. Pashler et C. R. Harris, **Is the replicability crisis overblown? Three arguments examined**, *Perspectives on Psychological Science*, vol. 7, pp. 531-536, 2012.

J. P. A. Ioannidis, **Why most published research findings are false**, *PLoS Medicine*, vol. 2, pp. 696-701, 2005.

G. Bachelard, **La Formation de l'esprit scientifique**, Librairie philosophique J. Vrin, 1938.

L'intrication quantique défie l'intuition physique classique. Elle établit un lien instantané entre deux particules (en rouge et en bleu) même si elles sont très éloignées l'une de l'autre.

L'ESSENTIEL

> En 1964, le physicien John Bell a montré comment tester la nature de l'intrication quantique, phénomène par lequel deux particules conservent un lien « fantomatique » même quand elles sont très éloignées l'une de l'autre.

> Pour Einstein, l'intrication était la preuve que la physique quantique était incomplète : des « variables cachées locales » expliqueraient le phénomène.

> Plusieurs équipes ont mis en œuvre le test de Bell. Les résultats semblaient

écarter l'hypothèse des variables cachées et confirmaient les prédictions de la physique quantique. Mais ces expériences comportaient des failles (ou « échappatoires »), qui ne permettaient pas d'éliminer complètement l'hypothèse de variables cachées agissant en coulisses.

> Finalement, en 2015, plusieurs groupes ont réalisé les premiers tests de Bell sans échappatoire, qui excluent définitivement toute explication par des variables cachées locales.

LES AUTEURS



RONALD HANSON
physicien
à l'université
de technologie
de Delft,
aux Pays-Bas



KRISTER SHALM
physicien au NIST
(Institut américain
des normes et
de la technologie)
et à l'université
du Colorado
à Boulder

Abstract visualization of a complex, multi-lobed structure, possibly representing a molecular orbital or a complex system. The structure is composed of numerous overlapping, curved lines and surfaces, creating a dense, intricate pattern. Various labels and mathematical symbols are scattered throughout the image, including S_N , S_R , S_{R_0} , S_{R_1} , S_{R_2} , S_{R_3} , S_{R_4} , S_{R_5} , S_{R_6} , S_{R_7} , S_{R_8} , S_{R_9} , $S_{R_{10}}$, $S_{R_{11}}$, $S_{R_{12}}$, $S_{R_{13}}$, $S_{R_{14}}$, $S_{R_{15}}$, $S_{R_{16}}$, $S_{R_{17}}$, $S_{R_{18}}$, $S_{R_{19}}$, $S_{R_{20}}$, $S_{R_{21}}$, $S_{R_{22}}$, $S_{R_{23}}$, $S_{R_{24}}$, $S_{R_{25}}$, $S_{R_{26}}$, $S_{R_{27}}$, $S_{R_{28}}$, $S_{R_{29}}$, $S_{R_{30}}$, $S_{R_{31}}$, $S_{R_{32}}$, $S_{R_{33}}$, $S_{R_{34}}$, $S_{R_{35}}$, $S_{R_{36}}$, $S_{R_{37}}$, $S_{R_{38}}$, $S_{R_{39}}$, $S_{R_{40}}$, $S_{R_{41}}$, $S_{R_{42}}$, $S_{R_{43}}$, $S_{R_{44}}$, $S_{R_{45}}$, $S_{R_{46}}$, $S_{R_{47}}$, $S_{R_{48}}$, $S_{R_{49}}$, $S_{R_{50}}$, $S_{R_{51}}$, $S_{R_{52}}$, $S_{R_{53}}$, $S_{R_{54}}$, $S_{R_{55}}$, $S_{R_{56}}$, $S_{R_{57}}$, $S_{R_{58}}$, $S_{R_{59}}$, $S_{R_{60}}$, $S_{R_{61}}$, $S_{R_{62}}$, $S_{R_{63}}$, $S_{R_{64}}$, $S_{R_{65}}$, $S_{R_{66}}$, $S_{R_{67}}$, $S_{R_{68}}$, $S_{R_{69}}$, $S_{R_{70}}$, $S_{R_{71}}$, $S_{R_{72}}$, $S_{R_{73}}$, $S_{R_{74}}$, $S_{R_{75}}$, $S_{R_{76}}$, $S_{R_{77}}$, $S_{R_{78}}$, $S_{R_{79}}$, $S_{R_{80}}$, $S_{R_{81}}$, $S_{R_{82}}$, $S_{R_{83}}$, $S_{R_{84}}$, $S_{R_{85}}$, $S_{R_{86}}$, $S_{R_{87}}$, $S_{R_{88}}$, $S_{R_{89}}$, $S_{R_{90}}$, $S_{R_{91}}$, $S_{R_{92}}$, $S_{R_{93}}$, $S_{R_{94}}$, $S_{R_{95}}$, $S_{R_{96}}$, $S_{R_{97}}$, $S_{R_{98}}$, $S_{R_{99}}$, $S_{R_{100}}$, $S_{R_{101}}$, $S_{R_{102}}$, $S_{R_{103}}$, $S_{R_{104}}$, $S_{R_{105}}$, $S_{R_{106}}$, $S_{R_{107}}$, $S_{R_{108}}$, $S_{R_{109}}$, $S_{R_{110}}$, $S_{R_{111}}$, $S_{R_{112}}$, $S_{R_{113}}$, $S_{R_{114}}$, $S_{R_{115}}$, $S_{R_{116}}$, $S_{R_{117}}$, $S_{R_{118}}$, $S_{R_{119}}$, $S_{R_{120}}$, $S_{R_{121}}$, $S_{R_{122}}$, $S_{R_{123}}$, $S_{R_{124}}$, $S_{R_{125}}$, $S_{R_{126}}$, $S_{R_{127}}$, $S_{R_{128}}$, $S_{R_{129}}$, $S_{R_{130}}$, $S_{R_{131}}$, $S_{R_{132}}$, $S_{R_{133}}$, $S_{R_{134}}$, $S_{R_{135}}$, $S_{R_{136}}$, $S_{R_{137}}$, $S_{R_{138}}$, $S_{R_{139}}$, $S_{R_{140}}$, $S_{R_{141}}$, $S_{R_{142}}$, $S_{R_{143}}$, $S_{R_{144}}$, $S_{R_{145}}$, $S_{R_{146}}$, $S_{R_{147}}$, $S_{R_{148}}$, $S_{R_{149}}$, $S_{R_{150}}$, $S_{R_{151}}$, $S_{R_{152}}$, $S_{R_{153}}$, $S_{R_{154}}$, $S_{R_{155}}$, $S_{R_{156}}$, $S_{R_{157}}$, $S_{R_{158}}$, $S_{R_{159}}$, $S_{R_{160}}$, $S_{R_{161}}$, $S_{R_{162}}$, $S_{R_{163}}$, $S_{R_{164}}$, $S_{R_{165}}$, $S_{R_{166}}$, $S_{R_{167}}$, $S_{R_{168}}$, $S_{R_{169}}$, $S_{R_{170}}$, $S_{R_{171}}$, $S_{R_{172}}$, $S_{R_{173}}$, $S_{R_{174}}$, $S_{R_{175}}$, $S_{R_{176}}$, $S_{R_{177}}$, $S_{R_{178}}$, $S_{R_{179}}$, $S_{R_{180}}$, $S_{R_{181}}$, $S_{R_{182}}$, $S_{R_{183}}$, $S_{R_{184}}$, $S_{R_{185}}$, $S_{R_{186}}$, $S_{R_{187}}$, $S_{R_{188}}$, $S_{R_{189}}$, $S_{R_{190}}$, $S_{R_{191}}$, $S_{R_{192}}$, $S_{R_{193}}$, $S_{R_{194}}$, $S_{R_{195}}$, $S_{R_{196}}$, $S_{R_{197}}$, $S_{R_{198}}$, $S_{R_{199}}$, $S_{R_{200}}$, $S_{R_{201}}$, $S_{R_{202}}$, $S_{R_{203}}$, $S_{R_{204}}$, $S_{R_{205}}$, $S_{R_{206}}$, $S_{R_{207}}$, $S_{R_{208}}$, $S_{R_{209}}$, $S_{R_{210}}$, $S_{R_{211}}$, $S_{R_{212}}$, $S_{R_{213}}$, $S_{R_{214}}$, $S_{R_{215}}$, $S_{R_{216}}$, $S_{R_{217}}$, $S_{R_{218}}$, $S_{R_{219}}$, $S_{R_{220}}$, $S_{R_{221}}$, $S_{R_{222}}$, $S_{R_{223}}$, $S_{R_{224}}$, $S_{R_{225}}$, $S_{R_{226}}$, $S_{R_{227}}$, $S_{R_{228}}$, $S_{R_{229}}$, $S_{R_{230}}$, $S_{R_{231}}$, $S_{R_{232}}$, $S_{R_{233}}$, $S_{R_{234}}$, $S_{R_{235}}$, $S_{R_{236}}$, $S_{R_{237}}$, $S_{R_{238}}$, $S_{R_{239}}$, $S_{R_{240}}$, $S_{R_{241}}$, $S_{R_{242}}$, $S_{R_{243}}$, $S_{R_{244}}$, $S_{R_{245}}$, $S_{R_{246}}$, $S_{R_{247}}$, $S_{R_{248}}$, $S_{R_{249}}$, $S_{R_{250}}$, $S_{R_{251}}$, $S_{R_{252}}$, $S_{R_{253}}$, $S_{R_{254}}$, $S_{R_{255}}$, $S_{R_{256}}$, $S_{R_{257}}$, $S_{R_{258}}$, $S_{R_{259}}$, $S_{R_{260}}$, $S_{R_{261}}$, $S_{R_{262}}$, $S_{R_{263}}$, $S_{R_{264}}$, $S_{R_{265}}$, $S_{R_{266}}$, $S_{R_{267}}$, $S_{R_{268}}$, $S_{R_{269}}$, $S_{R_{270}}$, $S_{R_{271}}$, $S_{R_{272}}$, $S_{R_{273}}$, $S_{R_{274}}$, $S_{R_{275}}$, $S_{R_{276}}$, $S_{R_{277}}$, $S_{R_{278}}$, $S_{R_{279}}$, $S_{R_{280}}$, $S_{R_{281}}$, $S_{R_{282}}$, $S_{R_{283}}$, $S_{R_{284}}$, $S_{R_{285}}$, $S_{R_{286}}$, $S_{R_{287}}$, $S_{R_{288}}$, $S_{R_{289}}$, $S_{R_{290}}$, $S_{R_{291}}$, $S_{R_{292}}$, $S_{R_{293}}$, $S_{R_{294}}$, $S_{R_{295}}$, $S_{R_{296}}$, $S_{R_{297}}$, $S_{R_{298}}$, $S_{R_{299}}$, $S_{R_{300}}$, $S_{R_{301}}$, $S_{R_{302}}$, $S_{R_{303}}$, $S_{R_{304}}$, $S_{R_{305}}$, $S_{R_{306}}$, $S_{R_{307}}$, $S_{R_{308}}$, $S_{R_{309}}$, $S_{R_{310}}$, $S_{R_{311}}$, $S_{R_{312}}$, $S_{R_{313}}$, $S_{R_{314}}$, $S_{R_{315}}$, $S_{R_{316}}$, $S_{R_{317}}$, $S_{R_{318}}$, $S_{R_{319}}$, $S_{R_{320}}$, $S_{R_{321}}$, $S_{R_{322}}$, $S_{R_{323}}$, $S_{R_{324}}$, $S_{R_{325}}$, $S_{R_{326}}$, $S_{R_{327}}$, $S_{R_{328}}$, $S_{R_{329}}$, $S_{R_{330}}$, $S_{R_{331}}$, $S_{R_{332}}$, $S_{R_{333}}$, $S_{R_{334}}$, $S_{R_{335}}$, $S_{R_{336}}$, $S_{R_{337}}$, $S_{R_{338}}$, $S_{R_{339}}$, $S_{R_{340}}$, $S_{R_{341}}</$

Certaines révolutions débutent très discrètement. Ce fut le cas de celle entamée en 1964, lorsque le physicien britannique John Bell, alors au Cern, expliqua comment répondre à une question philosophique profonde qui avait beaucoup préoccupé les fondateurs de la physique quantique. Il s'agissait de savoir si des particules séparées par de grandes distances conservent un lien tel que des mesures effectuées sur l'une influent instantanément sur l'autre. En physique classique, une telle influence est impossible, car aucun signal ne peut se propager plus vite que la lumière. Mais dans le cadre de la théorie quantique, cela semble être le cas. Grâce aux inégalités mathématiques qu'il a trouvées, Bell a ouvert la possibilité de sonder la nature de ce lien.

Pour comprendre ce que Bell a fait, nous devons revenir aux racines de la physique quantique. Les règles de cette théorie décrivent le comportement de la lumière et de la matière aux plus petites échelles. Les atomes, les électrons, les photons et les autres particules subatomiques ont un comportement différent des objets macroscopiques du quotidien. L'une des principales différences est que ces particules existent dans des états marqués du sceau de l'incertitude. Prenez par exemple le >