



2. AU TENNIS, L'INTRICATION de plusieurs états de position serait un avantage énorme, mais qui reste irréaliste pour un système de la taille de... Roger Federer. Toutefois, Aaron O'Connell et Max Hofheinz, de l'Université de Californie à Santa Barbara, ont réussi à placer une microplaque vibrante de 40 micromètres de long (*en bas, à gauche*) en plusieurs endroits à la fois, ou plus exactement, dans un état quantique où se superposent plusieurs modes vibratoires.

✓ BIBLIOGRAPHIE

V. Vedral, *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information*, Oxford University Press, 2010.

A. Ourjoumtsev, *Vers le quantique macroscopique*, *Dossier Pour la Science*, « Le monde quantique », n° 68, juillet-septembre 2010.

A. O'Connell, *Quantum ground state and single-phonon control of a mechanical resonator*, *Nature*, vol. 464, pp. 697-703, 2010.

L. Amico *et al.*, *Entanglement in many-body systems*, *Reviews of Modern Physics*, vol. 80, n° 2, pp. 517-576, 2008.

S. Ghosh *et al.*, *Entangled quantum state of magnetic dipoles*, *Nature*, vol. 425, pp. 48-51, 2003.

M. Tegmark et J. A. Wheeler, *100 ans de mystères quantiques*, *Pour la Science*, n° 262, avril 2001.

qu'être défectueuse. Des générations de physiciens ont partagé ce malaise, pensant que la théorie quantique cessait de s'appliquer à grande échelle. Dans les années 1980, Roger Penrose, de l'Université d'Oxford, par exemple, a suggéré que la gravité était responsable d'une transition de la physique quantique à la physique classique pour des objets de plus de 20 microgrammes. Giancarlo Ghirardi et Tomaso Weber, de l'Université de Trieste, avec Alberto Rimini, de l'Université de Pavie, étaient d'avis, eux, que les particules en grand nombre adoptent spontanément un comportement classique.

Une frontière effaçable

Mais les expériences suggèrent plutôt que la frontière entre le monde classique et le monde quantique n'est pas fondamentale, assez d'ingéniosité expérimentale suffisant à l'effacer. Peu de physiciens pensent aujourd'hui que la physique classique s'impose vraiment à quelque échelle que ce soit. Au contraire, le sentiment général est que si une théorie plus efficace remplace un jour la physique quantique, elle montrera que le monde est encore plus contraire à l'intuition que tout ce que nous avons vu jusqu'à présent.

Ainsi, le fait que la théorie quantique s'applique à toutes les échelles nous oblige à nous confronter aux questions posées par son interprétation. Nous ne pouvons

plus les réduire à des détails n'intervenant qu'aux petites échelles. Par exemple, l'espace et le temps sont en physique deux des concepts les plus fondamentaux, mais qui ne jouent qu'un rôle secondaire en physique quantique. L'intrication est le phénomène quantique essentiel. Elle lie entre eux des systèmes sans référence à l'espace ou au temps. S'il y avait véritablement une frontière à tracer entre les mondes quantique et classique, nous pourrions nous reposer sur le cadre spatio-temporel classique pour doter la théorie quantique d'un cadre similaire. Sans cette démarcation – en fait surtout parce que le monde classique n'existe pas –, nous n'avons plus besoin de ce cadre. Il nous faut plutôt chercher à expliquer l'espace et le temps comme des phénomènes émergeant d'une façon ou d'une autre d'une physique fondamentale dénuée de cadre spatio-temporel.

Cette idée pourrait nous aider ensuite à réconcilier la physique quantique avec cet autre pilier de la physique qu'est la théorie de la relativité générale d'Einstein, qui décrit la gravitation en termes de géométrie de l'espace-temps. La relativité générale suppose que les objets ont des positions bien définies et ne sont jamais à plus d'un endroit à la fois, ce qui est en contradiction avec la physique quantique. De nombreux physiciens, comme Stephen Hawking, de l'Université de Cambridge, pensent que la théorie de la relativité doit céder la place à une théorie plus profonde dans laquelle l'espace et le temps n'existent pas. L'espace-temps classique émergerait de l'intrication quantique par le processus de décohérence.

Une autre possibilité, plus intéressante encore, serait que la gravitation ne soit pas une force en elle-même, mais le bruit résiduel de l'action des autres forces de l'Univers engendré par le caractère flou des phénomènes quantiques. Cette idée de « gravitation induite » remonte aux années 1960 et au physicien et dissident soviétique Andreï Sakharov. Si elle devait se révéler pertinente, alors non seulement la gravitation y perdrait son statut de force fondamentale, mais aussi tous les efforts accomplis pour la « quantifier » seraient vains. Au niveau quantique, la gravitation ne pourrait même pas exister.

Les implications du fait que des objets macroscopiques soient dans les limbes quantiques sont si hallucinantes qu'elles placent les physiciens dans un état intriqué de confusion et d'émerveillement. ■

L'ESSENTIEL

- ✓ Les hommes parlent une multitude de langues qui ne transmettent pas les informations de la même façon. Les langues participeraient à différents aspects de la cognition humaine.
- ✓ Depuis dix ans, les linguistes ont montré que des langues différentes transmettent des capacités cognitives différentes.
- ✓ Les représentations spatiales et temporelles par exemple, mais aussi le souvenir d'événements ou l'apprentissage dépendent de la langue que l'on parle.



La langue façonne la pensée

Lera Boroditsky

Les langues que nous parlons modifient notre façon de percevoir le monde et nos capacités cognitives.

J'ai rencontré une petite fille âgée de cinq ans à Pormpuraaw, une petite communauté aborigène à l'Ouest de la péninsule du Cap York, au Nord de l'Australie. Quand je lui ai demandé de m'indiquer le Nord, elle a pointé le doigt vers le Nord, sans hésiter. Et elle ne s'était pas trompée. Plus tard, dans une salle de conférences de l'Université Stanford en Californie, j'ai réitéré ma demande auprès de chercheurs distingués, lauréats de médailles et de prix scientifiques. Je leur ai demandé de fermer les yeux (pour qu'ils ne puissent pas tricher) et de pointer le doigt vers le Nord. Beaucoup ont refusé, car ils ignoraient la réponse. Ceux qui ont accepté ont pris le temps de réfléchir et ont indiqué diverses directions... J'ai répété cette expérience à Harvard et à Princeton, ainsi qu'à Moscou, Londres et Pékin. J'ai obtenu les mêmes résultats.

Parle-t-on une même langue ?

Cette expérience met en évidence des différences cognitives quand il s'agit de se repérer dans l'espace. Comment une enfant aborigène de cinq ans peut-elle réussir, alors que d'éminents scientifiques d'autres cultures ont des difficultés ? La réponse est surprenante : la langue que parlent les différents protagonistes serait en cause.

Depuis plusieurs siècles, on soupçonne que des langues différentes peuvent transmettre des capacités cognitives distinctes. Dans les années 1930, les linguistes américains Edward Sapir et Benjamin

Lee Whorf ont étudié pour la première fois comment variaient les langues et ont émis l'hypothèse que des locuteurs de langues différentes pouvaient penser différemment. Leur idée a d'abord été accueillie avec enthousiasme, mais les linguistes n'avaient aucune preuve pour la confirmer. Dans les années 1970, la plupart des scientifiques ne soutenaient plus cette hypothèse, qui fut presque abandonnée au profit de nouvelles théories soutenant que la langue et la pensée sont universelles.

Il existe aujourd'hui plusieurs preuves expérimentales que les langues façonnent la pensée. Ces résultats renseignent sur la façon dont les connaissances et les capacités cognitives se mettent en place.

Dans le monde, les individus communiquent en utilisant environ 7 000 langues, et chaque langue requiert des caractéristiques différentes de ses locuteurs. Par exemple, supposons que je veuille dire : « J'ai vu *Oncle Vania* (la pièce de Tchekhov) dans la 42^e rue. » En mian, une langue parlée en Papouasie-Nouvelle-Guinée, le verbe employé indique si cet événement s'est produit aujourd'hui, hier ou dans un passé lointain, alors qu'en indonésien, le verbe ne précise même pas si l'événement a eu lieu ou s'il est à venir. En russe, le verbe révèle mon genre (masculin ou féminin). En mandarin (parlé par plus de 70 pour cent des Chinois), je dois préciser si l'oncle en question est paternel ou maternel et s'il est lié par le sang ou par alliance, car des mots différents existent pour tous ces types d'oncles (il s'avère que c'est un frère de la mère, comme la traduction chi-

noise l'établit). Et en pirahã, une langue parlée en Amazonie, je ne peux pas dire 42^e, car il n'existe pas de mots pour les nombres, mais seulement des mots pour exprimer des quantités (« un peu » et « beaucoup »).

Les langues diffèrent de multiples façons, mais le fait que les individus parlent différemment ne signifie pas forcément qu'ils pensent différemment. Des personnes parlant mian, russe, indonésien, mandarin ou pirahã prêtent-elles attention à des faits différents, se souviennent-elles d'événements distincts ou raisonnent-elles différemment selon la langue qu'elles parlent ? Comment le prouver ? Mon équipe ainsi que d'autres groupes de recherche ont montré que la langue façonne certaines caractéristiques fondamentales de l'expérience humaine : les nombres, l'espace, le temps, la mémoire et les relations avec autrui.

Se représenter l'espace et le temps

Retournons à Pormpuraaw. Contrairement au français et à l'anglais, la langue parlée à Pormpuraaw, le kuuk thaayorre, n'a pas de mots pour dire *gauche* ou *droite*. Les locuteurs en kuuk thaayorre parlent avec les directions cardinales (Nord, Sud, Est, Ouest, etc.). En français et en anglais, ces termes existent aussi, mais on les utilise seulement pour de grandes échelles spatiales. Par exemple, on ne dirait jamais : « Ils ont placé les couverts à poissons au Sud-Est des couverts à viande. » Mais dans la langue kuuk thaayorre, il n'y a que les