

HORS-SÉRIE N° 107 : RÉVOLUTION QUANTIQUE

Aux frontières de la lumière interdite

La découverte de l'émission d'une lumière interdite par les lois de la physique dans les supraconducteurs donne accès à de nouveaux phénomènes quantiques possiblement utiles aux futurs ordinateurs quantiques.

Les supraconducteurs, ces matériaux dépourvus de résistance électrique à une température proche du zéro absolu, sont idéaux pour concevoir des qubits, soit l'équivalent quantique des bits d'information de nos appareils électroniques actuels. Le *Hors-Série* n° 107 : «La nouvelle révolution quantique» détaillait d'ailleurs pourquoi ils sont aujourd'hui les systèmes les plus avancés sur le marché des machines quantiques. Ils pourraient encore creuser l'écart grâce aux travaux de Jigang Wang, de l'université de l'Iowa, à Ames, aux États-Unis.

Avec son équipe, le physicien s'intéresse aux interactions de la lumière avec le courant électrique circulant dans les supraconducteurs, et plus précisément de ce que l'on nomme un supercourant : ce ne sont pas de simples électrons qui se déplacent, comme dans l'électricité classique, mais des électrons liés en paires dites «de Cooper».

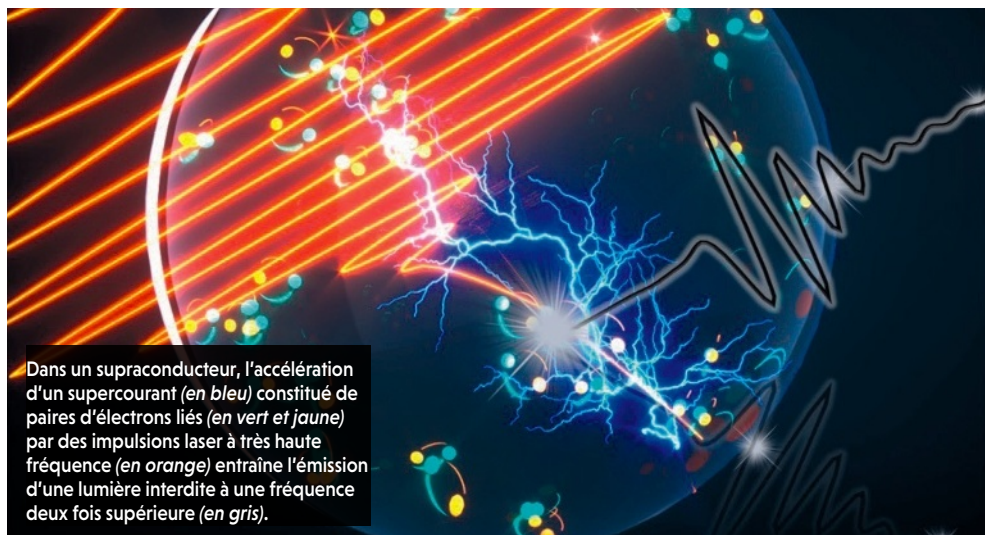
L'objectif est d'accélérer ce supercourant grâce à des impulsions lumineuses (un laser) à très haute fréquence, de l'ordre du térahertz, et d'étudier la lumière réémise. Grâce à un nouvel appareil de spectroscopie, ils ont détecté dans cette lumière un second harmonique, c'est-à-dire à une fréquence double de celle utilisée (et donc de longueur d'onde divisée par deux) pour stimuler les paires de Cooper.

Or ce second harmonique est normalement interdit par les lois de la physique, car il correspond à une rupture de symétrie dans les états supraconducteurs. Selon les auteurs de l'étude, cette observation donne accès à des phénomènes quantiques particuliers, les «précessions de pseudospin d'Anderson». Schématiquement, il s'agit d'un changement graduel de l'axe de rotation d'un analogue du spin, ce mouvement cinétique intrinsèque des particules.

La génération d'un second harmonique était déjà connue depuis les années 1960 avec des cristaux aux propriétés optiques dites «non linéaires» : ils doublent eux aussi la fréquence d'une lumière incidente. Ces cristaux sont présents par exemple dans certains pointeurs laser verts. En un sens, précise Sébastien Tanzilli, de l'université de Nice, «Jigang Wang et ses collègues ont fait de l'optique non linéaire dans un supraconducteur où les paires de Cooper jouent le rôle des atomes dans le cristal.»

Reste à mieux comprendre les mécanismes de l'émission du second harmonique. Selon Jigang Wang, la contrôler aidera à la conception de systèmes électroniques plus performants et, peut-être, d'ordinateurs quantiques. Les supraconducteurs ont encore leur longueur d'avance !

C. VASWANI ET AL., PHYS. REV. LETT. VOL. 124, ART. 207 003, 2020



Les Amérindiens de Sibérie

La génétique est un outil précieux pour reconstituer l'histoire d'un individu, mais aussi de toute l'espèce humaine, plusieurs articles du *Hors-Série* n° 105 : «Qui sommes-nous ?

Les nouvelles réponses de la génétique» le démontraient. Une nouvelle preuve vient d'être apportée par Johannes Krause, de l'institut Max-Planck pour les sciences de l'histoire humaine, à Jena, en Allemagne : elle concerne les premiers humains du continent américain.

Tout commence près du lac Baïkal, au Sud de la Sibérie, sur les berges de la rivière Selenga. Là, à côté du village Ust-Kyahta, plusieurs vestiges humains avaient été mis au jour dans les années 1970. Ils sont au cœur de la nouvelle étude. Il y avait notamment des morceaux de dents datés de 14 000 ans.

Ils recelaient en outre des fragments d'ADN dont le séquençage a révélé beaucoup de points communs avec le génome des Amérindiens, notamment une association de motifs génétiques que l'on retrouve dans les populations ancestrales d'Eurasie du Nord et d'Asie du Nord-Est. C'est la plus ancienne connexion connue entre les deux continents (la précédente avait 11 500 ans).

L'étude d'autres génomes ainsi que des traces de *Yersinia pestis* (l'agent pathogène de la peste) trouvées chez deux individus du site, et très proche de celle d'un fossile contemporain de la Baltique, révèle que les populations d'Asie étaient à cette époque (le Paléolithique supérieur) beaucoup plus mobiles qu'on ne l'imaginait. Le lac Baïkal était-il une zone où confluait les humains des quatre coins de l'Eurasie avant de partir à la conquête de l'Amérique ?

H. YU ET AL., CELL, PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2020.

Au fond aussi, ça se réchauffe

Les océans se réchauffent, et les conséquences, recensées dans les articles du *Hors-Série* n° 104 : « Océans. Le dernier continent à explorer », sont nombreuses, à commencer par le blanchissement du corail. Beaucoup d'études se sont concentrées sur les eaux de surface, mais Isaac Brito-Morales, de l'université du Queensland, en Australie, est allé voir au fond. Et ce qu'il a trouvé n'est pas rassurant.

Avec son groupe, il s'est intéressé aux vitesses de déplacements des espèces en fonction du réchauffement, c'est-à-dire aux décalages des aires de répartition. Son idée de départ : tester l'hypothèse selon laquelle, les eaux profondes se réchauffant plus lentement que celles de surface, la biodiversité y est moins perturbée. Ce n'est pas le cas, l'analyse de données recueillies entre 1955 et 2005 révèle que les déplacements d'espèces sont plus prononcés dans les profondeurs, jusqu'à deux fois plus rapides que ceux observés en surface. Et à en croire des modélisations effectuées par Isaac Brito-Morales et ses collègues sur la base de plusieurs scénarios de réchauffement global, cet écart va s'accroître dans les prochaines décennies.

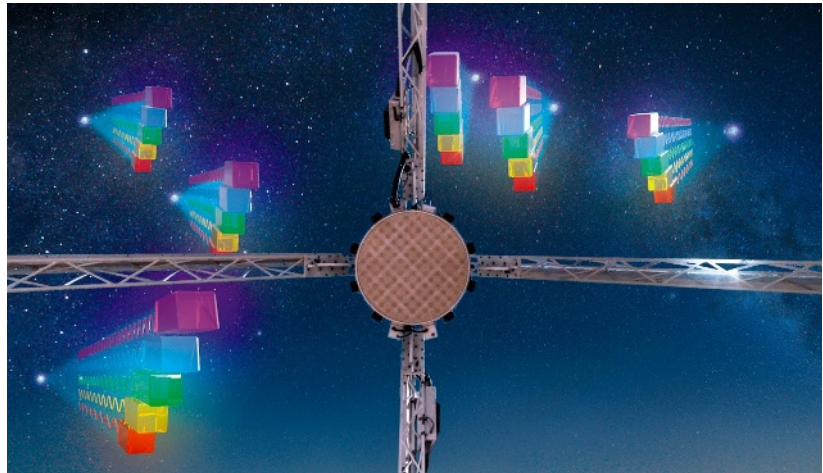
C'est que le brassage des eaux en surface peut atténuer les effets du réchauffement, alors que plus bas dans la colonne d'eau, ce phénomène n'a pas lieu. L'évolution la plus spectaculaire est attendue dans la zone mésopélagique, entre 200 et 1000 mètres de profondeur : les vitesses de déplacements des espèces pourraient être multipliées par onze ! Plus étonnant encore, alors qu'en surface ces déplacements se font essentiellement vers les pôles, les directions suivies en profondeur pour conserver des conditions de vie similaires, notamment thermiques, sont très variées.

En conclusion de leur étude, les auteurs appellent à tenir compte du déplacement des espèces dans la délimitation des aires marines protégées. Sans oublier d'insister sur l'indispensable réduction de la surexploitation, qu'elle soit due à la pêche ou à l'industrie minière.

I. BRITO-MORALES ET AL., *NATURE CLIMATE CHANGE*, PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2020

La matière manquante retrouvée

On ignorait où se trouvait la moitié de la matière ordinaire (ou baryonique) prévue par les modèles. Elle vient d'être détectée dans l'espace intergalactique.



Le télescope Askap a détecté les ondes émises par six sursauts radio rapides. La diffusion de ces ondes sur le trajet révèle la matière ordinaire qui manquait.

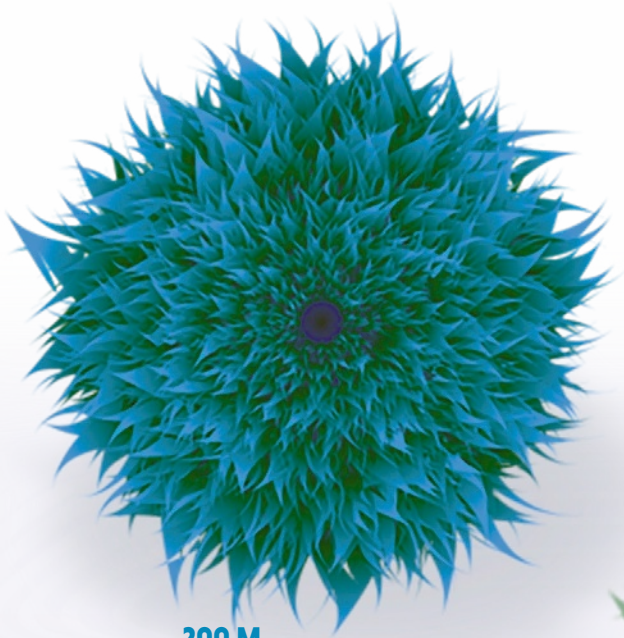
Le *Hors-Série* n° 106 : « Enquête sur l'Univers noir » décrivait l'ensemble des constituants de l'Univers, à savoir 70 % d'énergie sombre, 25 % de matière noire et seulement 5 % de matière ordinaire dite « baryonique ». Les deux premières sont encore des mystères pour les astrophysiciens, mais la dernière, même ordinaire, conserve encore quelques secrets. L'un d'eux concerne l'endroit où se niche la moitié de cette matière ordinaire. Jean-Pierre Macquart, de l'université Curtin, à Perth, en Australie, et ses collègues pourraient l'avoir débusqué.

La moitié connue de la quantité de baryons prédite par l'étude du fonds diffus cosmologique et les scénarios de nucléosynthèse primordiale se trouve dans les galaxies et les amas de galaxies où elle forme les étoiles, les planètes, les trous noirs... Le reste est donc dispersé dans l'espace intergalactique, mais avec une densité extraordinairement faible, de l'ordre de un à deux atomes dans un volume d'environ 20 mètres cubes. Comment la détecter ? Grâce à un phénomène encore inexpliqué, les sursauts radio rapides, de brèves (quelques millisecondes) et très énergétiques émissions d'ondes radio. Parmi les hypothèses avancées pour les expliquer, citons les sursauts gamma, les magnétars (des étoiles à neutrons dotées d'un champ magnétique intense), des trous noirs qui s'évaporent...

Grâce au radio télescope Askap (pour *Australian Square Kilometre Array Pathfinder*), les astrophysiciens se sont intéressés à six sursauts parmi ceux bien localisés dans l'Univers et ont analysé les ondes radio reçues. Sur leur parcours, elles sont diffusées par les baryons qu'elles rencontrent, un peu comme l'est la lumière du Soleil quand elle traverse un prisme. Plus précisément, un décalage s'opère selon la fréquence : les plus hautes sont détectées avant les autres.

À partir des données recueillies, les astrophysiciens ont calculé la densité de matière du milieu intergalactique traversé : à raison d'un baryon par mètre cube, c'est suffisant pour expliquer la moitié de matière baryonique qui manquait à l'appel. Le modèle est donc conforme, au moins pour les 5 % de l'Univers.

J.-P. MACQUART ET AL., *NATURE*, VOL. 581, PP. 391-395, 2020



200 M
Peste (monde)
du VI^e au XXI^e siècle



100 M
Grippe espagnole : virus H1N1
1918-1919



75 M
Peste noire (monde)
1347-1352



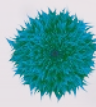
30-35 M
VIH
De 1981 à aujourd'hui



12 M
Peste de Chine
1855-1960



8 M
Variole (Empire aztèque)
1520



8 M
Peste antonine
165-180



1,3 M
Grippe asiatique (russe) : virus H2N2
1957-1958



1 M
Grippe asiatique (russe) : virus H2N2 ?
1889-1890



1 M
3^e pandémie de choléra
1846-1860



800 K
Grippe de Hong Kong : virus H3N2
1968-1970



2 M
Variole au Japon
735-737



2 M
Peste perse
1772-1773



416 K
Covid-19
2019 - 2020
(chiffres au 11 juin 2020)



28 K
Grippe A : virus H2N2
2009-2010



3 K
Fièvre jaune (en Éthiopie)
1960-1962



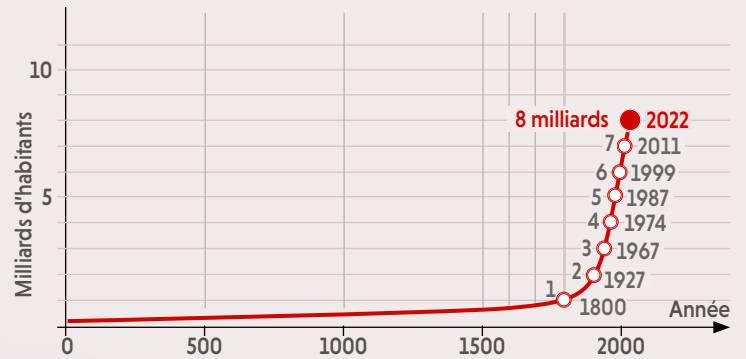
1,13 K
Ebola
2014-2016



774
SRAS
2002-2003



600
MERS
2012-2017



L'évolution de la démographie mondiale aide à comprendre l'ampleur de certaines épidémies. Un bilan de 100 millions de morts au xx^e siècle n'est pas comparable à un bilan du même ordre, mais 1000 ans plus tôt.