

Les nuances de bleu des oiseaux

Les oiseaux voient dans l'ultraviolet, grâce à un quatrième type de cellule en cône dans leur rétine, alors que les

hommes et les primates n'en ont que trois. Grâce à ces cellules, découvertes à l'Institut d'ophtalmologie de Londres, certains oiseaux reconnaissent les mâles des femelles de leur espèce : chez les mé-

sanges bleues, la différence de plumage entre les deux sexes, difficile à distinguer même pour un ornithologue, est nette dans l'ultraviolet.



A.T.D. Bennett, 1998

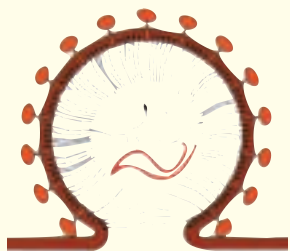
L'acier recyclé : plus dur, moins cher

Les métallurgistes de l'Université de Leed ont découvert comment éliminer les défauts dus à la présence de cuivre et d'étain dans l'acier recyclé : en ajoutant de l'aluminium, qui forme un alliage avec ces métaux. L'acier obtenu est plus dur et sa mise en œuvre, simplifiée, est moins coûteuse : elle ne nécessite aucun triage préalable des déchets pour éliminer les autres métaux. En outre, les canettes de sodas apportent l'aluminium nécessaire au nouveau procédé.

Clé faussée

Les personnes infectées par le VIH ne réagissent pas toutes de la même façon, et leur espérance de vie est variable. Pour infecter ses cellules cibles, le virus se fixe sur le récepteur CD4 des lymphocytes T, mais il se sert d'autres «clés» pour pénétrer dans ces cellules. On avait trouvé que lorsqu'une des secondes clés

est faussée, le virus pénètre moins facilement dans les lymphocytes T (certaines mutations sur le gène codant le corécepteur CCR5 semblent protéger contre le virus). Inversement, l'équipe de C. Com-



badière et I. Théodorou vient de montrer que les personnes dont les deux gènes codant le corécepteur CX3CR1 portent deux mutations bien caractérisées évoluent deux fois plus vite vers la phase SIDA que les autres. Le dépistage de ces mutations chez les personnes séropositives aiderait les médecins à prévoir la rapidité de l'évolution de la maladie et à ajuster les traitements.

rénale, de neuropathie diabétique (des douleurs d'origine neurologiques) ou encore d'ulcération des pieds (qui nécessite parfois l'amputation).

Étudiant des cultures de cellules bêta de Langerhans, Gérard Waeber et ses collègues du Centre hospitalo-universitaire de Genève ont isolé un nouveau gène, le gène IB_1 , qui s'exprime spécifiquement dans ces cellules et dans le cerveau. Lorsque ce gène est muté, les cellules bêta sont plus sensibles aux stress et meurent plus facilement que les cellules où le gène n'est pas muté. Les cellules bêta ont une durée de vie réduite et, de surcroît, elles produisent moins d'insuline. Ces deux résultats montrent que la protéine IB_1 a deux actions : d'une part, elle inhibe l'apoptose, ou suicide cellulaire (puisque en son absence les cellules s'auto-détruisent plus vite) et, d'autre part, elle active l'expression du gène de l'insuline (puisque en son absence la synthèse de l'hormone diminue).

Ce gène ayant à l'évidence une action potentielle dans le diabète, Philippe Froguel et ses collègues de l'Institut de biologie de Lille ont recherché si certains diabétiques avaient une mutation sur le gène IB_1 . Généralement, le diabète de type 2 n'est pas une maladie génétique transmissible, mais, dans ce cas, l'équipe lilloise a trouvé une famille de diabétiques ayant une mutation sur le gène IB_1 , localisé sur le chromosome 11. En l'absence de la protéine IB_1 , la production d'insuline est insuffisante, mais les cellules bêta des îlots de Langerhans en produisent pourtant quelques temps, puis ces cellules subissent une apoptose et l'insuline n'est plus produite. Cette évolution est compatible avec les réactions des malades aux traitements qui stimulent la production d'insuline : dans un premier temps, les médicaments activent la production d'insuline, mais ils finissent par devenir inefficaces, car les cellules productrices disparaissent. On pense qu'une hyperglycémie chronique inhiberait l'expression du gène IB_1 .

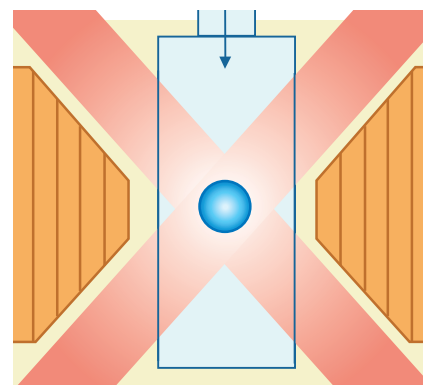
Des substances qui compenseraient le déficit de la protéine IB_1 ralentiraient le phénomène et éviteraient peut-être aux cellules de Langerhans encore fonctionnelles de rentrer dans le processus irréversible du suicide cellulaire. Par ailleurs, même si l'on ignore quelles cellules cérébrales expriment cette protéine (les souris transgéniques dépourvues de ce gène meurent avant la fin de l'embryogenèse), on espère que la protéine joue aussi un rôle dans l'inhibition de l'apoptose des neurones et qu'en renforçant son action, on retarderait certaines neurodégénérescences.

Tempête à zéro degré

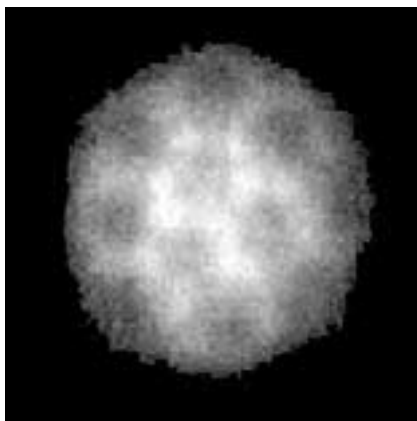
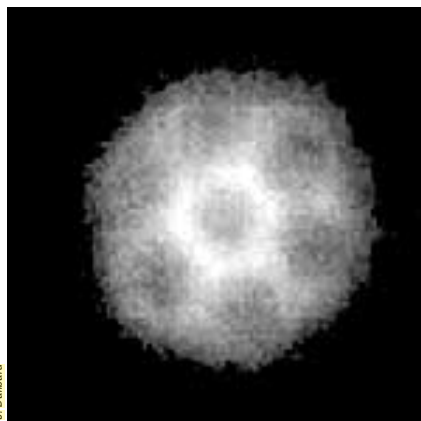
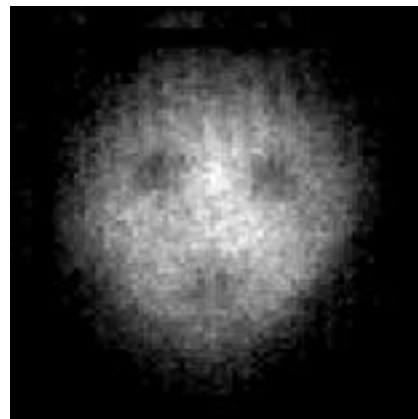
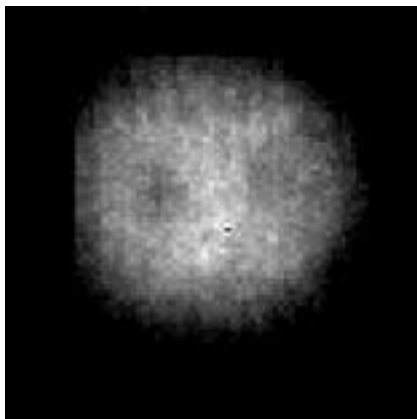
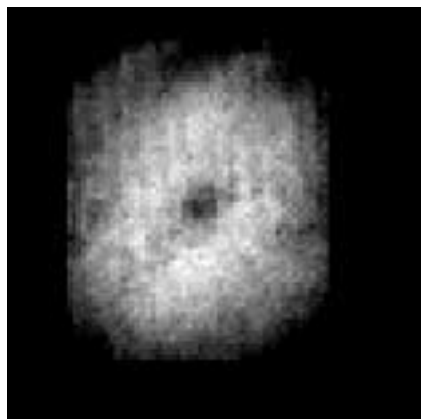
Des physiciens ont observé des tourbillons dans les condensats de Bose-Einstein

Il y a 75 ans, Einstein avait prédit qu'aux températures proches du zéro absolu (-273°C), certains gaz parfaits se condensent en fluides dont les atomes sont indiscernables. «C'est une belle théorie, mais contient-elle une vérité?», écrivit Einstein à un ami avant de se détourner définitivement de ce problème. Depuis 1995, les physiciens ont réussi à produire ces fluides surprenants, nommés condensats de Bose-Einstein (Einstein s'était inspiré des travaux de Bose pour prédire leur existence). À l'École normale supérieure de Paris, Jean Dalibard et ses collègues ont mis en évidence des tourbillons dans ces condensats, qu'ils sont parvenus à mettre en mouvement.

Les condensats de Bose-Einstein, constitués d'environ un million d'atomes de rubidium, de lithium, de sodium ou d'hydrogène, se forment à des températures de l'ordre de 300 nanokelvins (300 milliardièmes de degré au-dessus du zéro absolu) à partir de gaz presque parfaits, peu denses. Ils ont une durée de vie de quelques secondes. Pour les obtenir, on refroidit un milliard d'atomes, placés dans un dispositif sous vide, à l'aide d'un jeu de lasers :



Pour produire des condensats de Bose-Einstein, les physiciens introduisent des atomes de rubidium dans un dispositif sous vide (flèche). Ils les refroidissent avec des lasers (en rouge), qui ralentissent les atomes, et avec des champs magnétiques, créés par des bobines coniques (en orange). Quand la température atteint 300 nanokelvins, la condensation se produit et les atomes se comportent comme une même entité (en bleu). Les physiciens ont réussi à créer des tourbillons dans ces condensats à l'aide d'un faisceau laser, une sorte d'«agitateur», perpendiculaire au plan de la figure.



J. Dalibard

Les trous qui apparaissent dans ces condensats de Bose-Einstein correspondent à des tourbillons. Les atomes sont repoussés loin de l'axe de rotation, comme sous l'effet d'une force centrifuge. Le nombre de tourbillons augmente avec la fréquence de l'agitateur, pour former un réseau ordonné.

l'interaction des lasers et des atomes ralentit ces derniers, ce qui les refroidit. Puis, on comprime ces atomes en les piégeant, au centre du dispositif, avec des champs magnétiques. Un certain nombre d'atomes, trop rapides, sont éjectés du piège magnétique, emportant une énergie qui est alors prélevée aux atomes qui restent piégés : la température de ces derniers est encore abaissée, et la condensation de Bose-Einstein se produit.

Tous les atomes des condensats sont dans le même état d'énergie minimale. En mécanique quantique, les particules sont assimilées à des ondes. Dans un condensat, les atomes ont tous la même fonction d'onde, c'est-à-dire qu'on ne peut pas les distinguer, car ils se comportent comme une même entité.

On a découvert que les condensats sont des superfluides : ils se comportent comme l'hélium liquide à très basse température. Dans un superfluide, un objet qui se déplace lentement n'est pas freiné, et le superfluide ne s'échauffe pas. Quand on met un récipient contenant un superfluide en rotation lente, la surface de celui-ci reste plane, car il n'est pas entraîné par les parois. Au contraire, la surface d'un

liquide classique se creuse en son centre à cause des forces d'adhérence aux parois.

Les physiciens de l'École normale supérieure ont étudié la dynamique des condensats. Ils ont travaillé sur des condensats d'atomes de rubidium, qu'ils ont mis en rotation à l'aide d'un faisceau laser, une sorte d'«agitateur». Ils ont constaté qu'au-dessous d'une fréquence critique de rotation de l'agitateur, rien ne se passe : le condensat reste au repos. En revanche, au-dessus de ce seuil, un tourbillon apparaît au centre du condensat. L'existence de ce seuil est due à la nature quantique des condensats : un gaz classique (ou un liquide classique) serait mis en mouvement quelle que soit la fréquence de l'agitateur.

Les physiciens ont observé ce tourbillon en interrompant les champs magnétiques qui confinent le condensat. Ce dernier se dilate et, au bout de quelques dizaines de millisecondes, le tourbillon a une taille suffisante pour être observé. Les physiciens envoient alors sur le condensat une brève impulsion lumineuse, dont ils mesurent ensuite l'absorption : ils obtiennent ainsi une image du nuage

atomique. Dans le tourbillon, les atomes sont repoussés loin de l'axe de rotation, comme sous l'effet d'une force centrifuge : le tourbillon apparaît ainsi sous la forme d'un trou.

Lorsque les physiciens ont augmenté la fréquence de l'agitateur laser, ils ont observé la formation d'un réseau ordonné de tourbillons de tailles identiques. Le nombre de tourbillons augmente avec la fréquence, jusqu'à onze. Ces tourbillons sont visibles à l'œil nu : leur diamètre est de l'ordre de huit micromètres au moment où on les «photographie». On avait déjà observé des réseaux de tourbillons dans l'hélium liquide, mais, leur diamètre étant inférieur au nanomètre (milliardième de mètre), on ne pouvait pas les observer directement. Pour les visualiser, on envoyait sur l'hélium liquide des électrons, qui étaient canalisés par les tourbillons et déclenchaient un phénomène de luminescence sur un écran au phosphore, grâce auquel ils étaient détectés.

La mise en évidence des tourbillons constitue un pas en avant dans la compréhension et la modélisation des condensats de Bose-Einstein, car on sait désormais qu'ils obéissent aux théories développées pour les superfluides. Les physiciens espèrent mettre au point des jets d'atomes cohérents et intenses issus de condensats de Bose-Einstein, analogues aux lasers, mais constitués d'atomes et non de photons. Ils seraient utilisés pour la nanolithographie atomique. La parfaite collimation de ces atomes cohérents en ferait des outils de déposition très précis. Si l'on sait d'ores et déjà extraire un filet continu d'atomes d'un condensat, on devra encore trouver le moyen de guider ces atomes sur une surface pour y reproduire un motif donné et augmenter le flux d'atomes que peut fournir un condensat (qui ne contient pour l'instant qu'un million d'atomes) : le «laser à atomes» deviendra alors, comme son équivalent lumineux, un outil pratique.

Plastique biodégradable

Les bactéries sont en passe de fournir à l'homme des plastiques biodégradables, des polyhydroxycarboxylates, qu'elles synthétisent naturellement pour constituer des réserves énergétiques lorsque le milieu s'appauvrit. Toutefois, ce comportement n'est qu'un dernier recours, car en grande quantité, ces longues molécules sont agressives et détruisent les bactéries. En régulant la température et les sources de carbone et d'azote, une équipe suisse a réussi à empêcher cette destruction qui interdisait toute exploitation. Les biochimistes font fabriquer aux bactéries quelques centaines de grammes de bioplastiques par bioréacteur et espèrent atteindre bientôt une production de l'ordre du kilogramme.

Mammouth surgelé

Un courageux paléontologue américain, Daniel Fisher a conservé de la viande de cheval pendant plusieurs mois sous la surface d'un lac gelé. Puis il en a mangé quelques bouchées, pour prouver qu'il y a 10 000 ans, les Américains dirigeaient les mammouths vers un lac gelé afin d'y conserver la viande. Ce stockage était attesté par des montagnes d'os au fond des lacs, mais il fallait convaincre les incrédules de la comestibilité de la viande ainsi conservée. D. Fisher a affirmé être prêt à manger de la viande de mammouth de l'époque.

Maladie du sommeil

La mouche **tsé-tsé véhicule** le trypanosome, le parasite de la maladie du sommeil. Comme beaucoup d'agents pathogènes le trypanosome est un agent caméléon : dès que le système de défense produit des anticorps dirigés contre l'un des antigènes de surface, le parasite se pare de nouveaux antigènes contre lesquels le système immunitaire doit à nouveau apprendre à lutter. Or ces antigènes de surface sont ancrés grâce à des substances dont la synthèse requiert un acide gras : on pensait que le parasite était incapable de le synthétiser et qu'il le prélevait dans son environnement. Or on vient de découvrir que le parasite en assure lui-même la synthèse. Un antibiotique inhibe cette synthèse dépouillant le parasite de sa couverture antigénique qui le protège du système immunitaire qui, dès lors, peut détruire le parasite.

Nucléosynthèse légère

Des échantillons lunaires révèlent des mécanismes de physique nucléaire dans le Soleil.

La plupart des atomes qui nous constituent ont été créés lors de la fusion des noyaux légers dans des étoiles comme le Soleil. D'autres atomes ont été synthétisés lors d'explosions d'étoiles, les supernovae. Certains éléments, parmi les plus légers, ont été créés dans les premières minutes du Big Bang. C'est notamment le cas du lithium 7. Une autre variété du lithium, le lithium 6, qui comprend trois neutrons au lieu de quatre pour le lithium 7, a été créée au cours de l'histoire de l'Univers, lors d'interactions entre les atomes du milieu interstellaire et ceux du rayonnement cosmique de haute énergie, des particules qui se déplacent à grande vitesse dans notre Galaxie.

Ces deux isotopes du lithium sont détruits au sein des étoiles par les réactions nucléaires. En mesurant la quantité de lithium 7 contenue dans des échantillons lunaires par rapport à celle de lithium 6, nous avons montré que, contrairement à toute attente, du lithium 6 est fabriqué dans le Soleil.

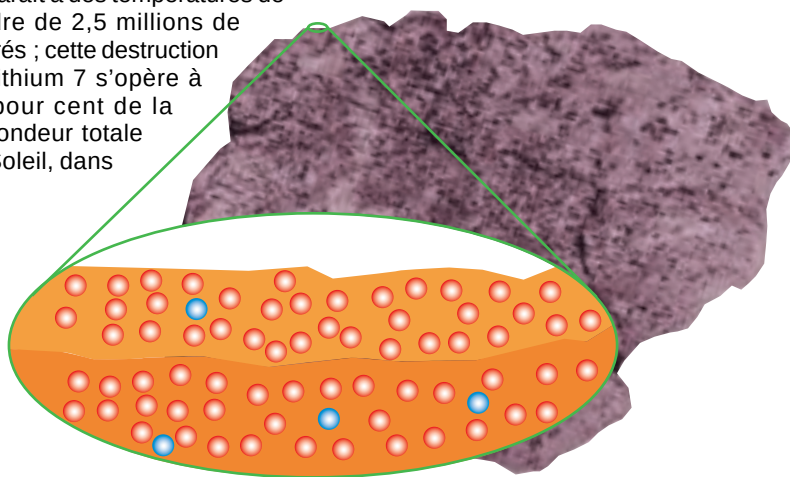
Dans les étoiles, les deux variétés du lithium sont détruites efficacement par des réactions de fusion avec l'hydrogène, mais ces réactions se font à des températures différentes et, donc, à des profondeurs différentes. Dans le Soleil, le lithium 6 est détruit tout près de la surface, à une température de 800 000 degrés, alors que le lithium 7 disparaît à des températures de l'ordre de 2,5 millions de degrés ; cette destruction du lithium 7 s'opère à 30 pour cent de la profondeur totale du Soleil, dans

la zone convective, où de grands mouvements de gaz ramènent du matériau profond du Soleil en surface (et réciproquement).

À partir de ces données, les astrophysiciens avaient avancé deux hypothèses : la première est qu'une grande partie du lithium initialement présent dans le Soleil avait été détruite au cours des 4,5 milliards d'années de son histoire. Cette hypothèse a été vérifiée grâce à l'analyse spectroscopique de la lumière solaire qui révèle la nature des éléments chimiques présents dans l'atmosphère du Soleil : la concentration en lithium à la surface du Soleil est 150 fois inférieure à celle du gaz qui a donné naissance au Soleil.

Seconde hypothèse : le lithium qui a survécu dans le Soleil devrait être presque uniquement du lithium 7, car le lithium 6 est détruit à une température inférieure. Dans toutes les classes de météorites, dans la Terre ou dans la Lune, la proportion de lithium 7 par rapport au lithium 6 est rigoureusement constante, environ un atome de lithium 6 pour 12 de lithium 7. Nous connaissons donc aussi la composition isotopique du Soleil initial. Du fait de la combustion préférentielle du lithium 6, les théoriciens prévoyaient dans le Soleil une quantité de lithium 7 un million de fois supérieure à celle de lithium 6.

Pour vérifier cette hypothèse, il fallait analyser la composition du vent solaire, une émission continue d'atomes en provenance de l'atmosphère du Soleil. Ces particules, dont la composition est voisine de celle du Soleil, voyagent dans le milieu interplanétaire. Pour en trouver une quantité suffisante, il fallait identifier un endroit où ces particules avaient pu s'accumuler



En analysant un échantillon de roche lunaire bombardé par le vent solaire, les physiciens ont trouvé que les premières couches atomiques contenaient un atome de lithium 6 (en bleu) pour 30 atomes de lithium 7 (en rouge), alors qu'on pensait que le lithium 6 avait presque entièrement disparu, brûlé dans le Soleil. Cette mesure indique que du lithium 6 est créé en permanence dans le Soleil.