

14 Sciences

La fusion nucléaire fait son chemin

ÉNERGIE Deux nouvelles percées scientifiques concernant les réacteurs à fusion mettent en lumière les progrès faits dans ce domaine

FABIEN GOUBET

Tokamak contre Stellarator: ce pourrait être un duel digne des classiques du *kaiju eiga*, les «films de monstres» japonais. Il n'en est rien: il s'agit en fait du nom de deux technologies de réacteurs actuellement à l'étude pour reproduire et maîtriser la fusion nucléaire, la réaction qui fait briller les étoiles.

Toutes deux viennent récemment de faire parler d'elles. Deux expériences, reposant sur un tokamak en Chine et sur un stellarator en Allemagne, ont réussi à générer et maintenir pendant un certain laps de temps deux plasmas extrêmement chauds, étape cruciale pour établir la réaction de fusion.

Pour recréer ce qui se passe au cœur du Soleil, il faut fusionner deux atomes lourds d'hydrogène, le deutérium et le tritium, ce qui libère une quantité phénoménale d'énergie. Comme pour deux amoureux, la rencontre doit se faire dans des conditions favorables. A cette fin, les physiciens créent donc un plasma, un «quatrième état de la matière dans lequel les atomes perdent leurs électrons», comme le dit Yves Martin, adjoint du directeur du Swiss Plasma Center, à l'EPFL. Les électrons arrachés ne vont pas bien loin: on qualifie souvent le plasma de «soupe» constituée des noyaux des atomes et des électrons.

Gros donut

La suite de la recette? La soupe doit être chauffée à quelque 100 millions de degrés, soit 7 fois plus chaud que la température du cœur du Soleil. Pour confiner ces plasmas infernaux sans subir de dommages, deux types d'enceintes ont vu le jour: les tokamaks et les stellarators. Ces instruments impressionnants utilisent des champs magnétiques à haute intensité pour maintenir le plasma en place.

Inventé dans les années 1950, le tokamak a une forme de gros donut. Plus avancée, cette technologie de confinement est celle qui a été retenue pour la construction d'ITER, le projet international de réacteur à fusion qui doit être construit en France.



Le stellarator Wendelstein 7X vise des plasmas de plusieurs millions de degrés maintenus durant trente minutes. (TRINO SCHULZ)

Des physiciens du tokamak EAST, à Hefei en Chine sont parvenus début février à maintenir un plasma de 50 millions de degrés durant 102 secondes. Une telle température est régulièrement atteinte dans les tokamaks. «Des plasmas de 170 millions de degrés ont déjà été créés dans le tokamak TCV à l'EPFL», fait remarquer Yves Martin. Le maintenir aussi longtemps est en revanche une belle performance. «Il semblerait que cette équipe soit parvenue à maîtriser le moyen de maintenir le courant dans le plasma, c'est de bon augure pour les recherches sur ITER», se réjouit le physicien, qui rappelle que la Chine fait partie du consortium.

A l'autre bout du monde, c'est la technologie cousine du tokamak, le stellarator, qui a récemment été sous le feu des projecteurs. A Greifswald, en Allemagne, le stellarator Wendelstein 7X (W7X) a créé un plasma d'hydrogène de 100 millions de degrés, le 3 février dernier. Le tout sous les yeux d'Angela Merkel, par ailleurs physicienne de formation. Le phénomène a duré moins d'une seconde, mais il s'agissait des premiers plasmas créés dans cette machine, qui ressemble aussi à un donut, mais écrasé. Sa particularité: d'étranges bobines tordues l'en-

tourent. Ce sont elles qui génèrent les champs magnétiques de confinement. «Le W7X possède une cinquantaine de bobines à la géométrie complexe, explique Yves Martin. Elles donnent l'impression d'une forme cabossée, mais derrière cette apparente anarchie se cachent un ordre et une symétrie complexes».

Cette géométrie biscornue complique énormément la construction des stellarators. Mais en contrepartie, les plasmas obtenus sont beaucoup plus stables, signale Yves Martin. Difficile à construire, facile à utiliser: voilà comment résumer l'essence du stellarator.

Dans cette expérience, les physiciens de l'Institut Max-Planck de physique ont bombardé les atomes d'hydrogène lourd avec des microondes. Résultat, les électrons se sont mis à chauffer jusqu'à 100 millions de degrés et ont ensuite, par transfert de chaleur, chauffé les noyaux aux alentours à 15 millions de degrés.

Energie vampirisée

«Disons que le W7X est allé au-delà de nos attentes les plus raisonnables», indique, de passage à l'EPFL, Thomas Klinger, le chef de l'expérience. Si cela n'a duré qu'une fraction de seconde, explique-t-il, c'est parce que des

particules du plasma sont passées à travers le champ magnétique: elles ont alors arraché des atomes métalliques de la paroi du stellarator qui ont vampirisé l'énergie du plasma et l'ont fait s'effondrer. «Comme n'importe quel isolant, le champ magnétique n'est pas totalement imperméable, il y a toujours des particules qui passeront au travers. Tout l'enjeu est donc d'améliorer ce point.»

Lequel de ces deux donuts parviendra le mieux à confiner ces plasmas? La feuille de route sur la fusion nucléaire établie par l'Union européenne prévoit de toute façon le développement des deux technologies, qui sont loin d'être des concurrentes. Le W7X a pour objectif, après quelques extensions (notamment l'installation de systèmes de refroidissement liquide), le maintien d'un plasma durant trente minutes. Quant à ITER, après sa construction d'ici à 2020, le plus grand tokamak du monde devra prouver la faisabilité technique de la fusion nucléaire (les tokamaks expérimentaux actuels ne produisant pas d'électricité). Avant la mise en service d'un premier réacteur commercial, DEMO, d'ici à 2050. La fusion, une énergie illimitée et ne produisant quasiment aucun déchet, n'a jamais été aussi proche. ■

PANORAMA

Inaccessible insuline

L'insuline est un produit vital pour les personnes souffrant d'un diabète type 1 et pour une partie des patients atteints d'un diabète de type 2. Pour plus de 90 ans après la découverte de ce médicament, il reste très cher et n'est toujours à la portée des diabétiques, rapportent des chercheurs genevois et américains dans la revue *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. L'accès à l'insuline reste un défi autant dans les pays à hauts revenus, où le médicament peut atteindre 400 dollars, que dans les pays à revenus modestes, comme en Afrique subsaharienne où l'espérance de vie d'un enfant atteint du diabète de type 1 n'est que d'une année. L

MAIS AUSSI

Expédition low-tech

Le «Nomade des Mers», un catamaran-laboratoire de 14 m, quittera cette semaine Concarneau, en France, pour un tour du monde à la découverte de «low-tech», ces objets issus du système D, économes et non polluants. L'expédition débutera par une escale au Maroc pour y découvrir un système de dessalinisateur solaire, puis se poursuivra au Sénégal pour construire une éolienne en matériaux recyclés. Infos sur <http://nomadedesmers.org/>

Pergélisol en surchauffe

Le pergélisol ne s'est encore jamais réchauffé que pendant l'année d'observation 2014-2015. C'est ce qui ressort des résultats les plus récents du réseau suisse de monitoring du pergélisol (Permos). Les températures extraordinairement élevées du pergélisol ne sont pas seulement une conséquence de l'été caniculaire de 2015: elles tiennent aussi à la persistance de conditions chaudes pendant ces dernières années. L'après un communiqué des Académies suisses des sciences. Depuis 2009 déjà, les températures à la surface du sol se sont maintenues au-dessus de la moyenne long terme et il n'y a pas eu de phases fraîches de longue durée. La majorité des glaciers rocheux se déplacent actuellement plus vite que jamais depuis le début des mesures vers l'an 2000. L

Tatou géant disparu

Jusqu'à la dernière glaciation, l'Amérique du Sud était parcourue par une mégafaune impressionnante. Au milieu de cette mégafaune se trouvait le mégathérium, un paresseux de la taille d'un éléphant, paissant diverses espèces de glyptodonts. Ces imposants mammifères à carapace étaient traditionnellement rapprochés des tatous, mais leurs affinités phylogénétiques exactes demeuraient jusqu'ici énigmatiques. Des chercheurs français et canadiens ont résolu cette question en séquençant le génome mitochondrial complet d'un spécimen vieux d'environ 12000 ans de l'espèce *Doedicurus*, dont la masse corporelle était estimée à 1,5 tonne. Leur analyse révèle que les glyptodonts représentaient une lignée éteinte de tatous qui a subi une spectaculaire augmentation de taille depuis leur apparition il y a 35 millions d'années. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Current Biology*.

MÉTÉO

ÉPHÉMÉRIDE

Mardi 23 février 2016



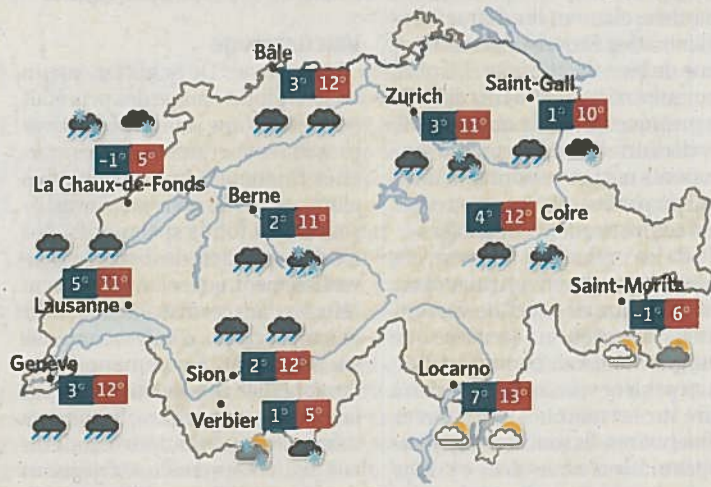
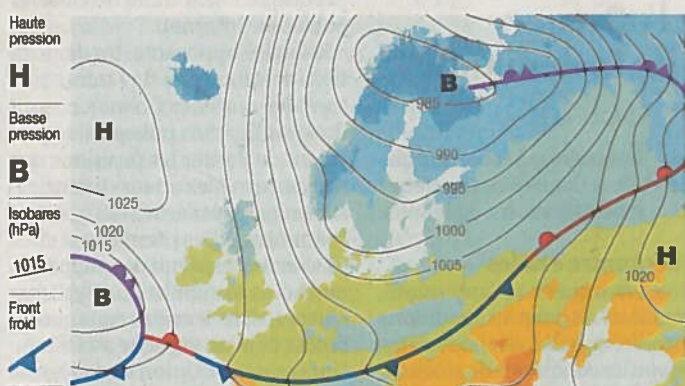
lever: 07h26
coucher: 18h12
3 minutes de soleil en plus



lever: 19h08
coucher: 07h38

pleine lune
taux de remplissage: 100%

Situation générale aujourd'hui à 13h



PRÉVISIONS À CINQ JOURS

	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI
Précipitation	70%	50%	50%	40%
Températures	0° / 5°	2° / 6°	-2° / 7°	-3° / 5°
Bassin lémanique, Plateau romand et Jura	Cloudy	Cloudy	Cloudy	Cloudy
Alpes vaudoises et valaisannes (500 m)	0° / 7°	2° / 6°	-2° / 8°	-3° / 10°
Suisse centrale	0° / 7°	2° / 6°	-2° / 8°	-3° / 10°