

Sous ce plancher destiné à supporter les 360 000 tonnes du bâtiment abritant Iter, 493 plots en béton et élastomère ont déjà été posés et protégeront le réacteur d'un éventuel séisme.



*Ce réacteur expérimental vise à maîtriser la fusion d'atomes légers afin de produire de l'électricité en quantité quasi illimitée.*

Texte Pedro Lima - Photos Philippe Psaila

**L**e 16 septembre dernier, à la tombée du jour, les habitants de la petite ville de Berre-l'Étang, dans les Bouches-du-Rhône, ont assisté, médusés, au passage d'un convoi hors du commun : une remorque de 800 tonnes, 33 mètres de longueur et 352 roues, escortée par 200 gendarmes et techniciens, 12 véhicules et des motocyclistes. Objectif de l'attelage XXL qui a traversé la Provence durant quatre nuits : tester la fiabilité du parcours de 104 kilomètres entre le port de Berre et le site de Saint-Paul-lès-Durance. C'est en effet là, sur une colline de garrigues près d'Aix-en-Provence, que se construit le réacteur de recherche international Iter. Un chantier pharaonique sur lequel s'activent 300 ouvriers, un chiffre qui grimpera à 3 500 au plus fort de l'activité, en 2015. Le projet réunit sept partenaires (Union européenne, États-Unis, Russie, Japon, Corée du Sud, Chine et Inde) représentant plus de la moitié de la population mondiale.

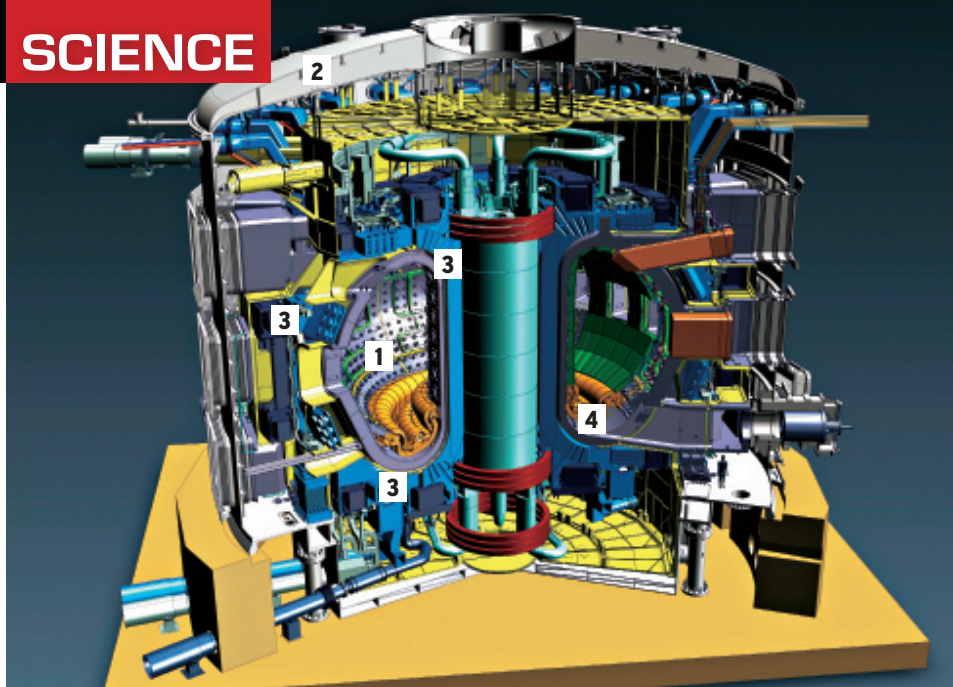
**La fusion deutérium-tritium génère 4 millions de fois plus d'énergie que la combustion du pétrole**

Le but ? Construire un tokamak, un vaste anneau métallique de 30 mètres de diamètre et de 29 mètres de hauteur. À l'intérieur, les physiciens tenteront un pari fou : reproduire les conditions extrêmes réunies dans les étoiles pour réussir, comme le fait notre Soleil, la fusion d'atomes légers... Et générer de l'énergie en grande quantité. « Dans le Soleil, ce sont des atomes d'hydrogène qui fusionnent, explique le physicien Jean Jacquinot. Mais dans Iter, on utilisera comme ■■■

Depuis 1988, au CEA de Cadarache, les physiciens expérimentent les réactions de fusion dans un petit tokamak, Tore Supra. Ils testent aussi les composants d'Iter, dont la mise en service est prévue pour 2020.

Un chantier pharaonique de 15 milliards d'euros a débuté en Provence

# Iter, l'énergie des étoiles à portée de main ?



La chambre à vide (1), où circulera le plasma, est enfermée dans un réfrigérateur géant, le cryostat (2). 10 000 tonnes d'aimants (3) créeront un champ magnétique qui confindra le plasma chauffé à 150 millions de degrés loin des parois. Sur le plancher de la chambre à vide, le divertor (4) évacuera les déchets et une partie de la chaleur.

■ ■ ■ carburant deux atomes proches de l'hydrogène, le deutérium et le tritium. En effet, la fusion deutérium-tritium, déjà réalisée dans des tokamaks de taille plus modeste, génère à masse égale quatre millions de fois plus d'énergie que la combustion du gaz, du charbon ou du pétrole ! Et quatre fois plus que la fission de l'uranium enrichi, sur laquelle reposent les actuelles centrales nucléaires. Par ailleurs, ce combustible est équitablement réparti sur la planète et disponible en quantité presque illimitée, donc très bon marché : « Le deutérium est contenu dans l'eau de mer, dont

à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) de Cadarache ou au JET au Royaume-Uni. Il reste à reproduire l'expérience à grande échelle afin de pouvoir envoyer de l'électricité dans le réseau, à l'horizon 2050, au mieux. Un défi difficile à relever. Ainsi, il faudra porter le mélange deutérium-tritium, à l'intérieur du tokamak, à la température de 150 millions de degrés, soit dix fois celle du cœur du Soleil, via trois systèmes de chauffage simultanés : « la production d'un courant électrique dans le gaz, grâce à des électroaimants ; l'injection de particules à haute

## Le réacteur sera composé de 1 million de pièces, dont certaines pèseront plus de 500 tonnes

on l'extrait facilement. Quant au tritium, il devra être produit dans le réacteur à partir de lithium, que l'on trouve en abondance dans la croûte terrestre », détaille le physicien.

Autre avantage de la fusion d'atomes légers, elle est beaucoup plus sûre que sa cousine, la fission d'atomes lourds. En effet, un réacteur à fusion ne contient que quelques grammes de combustible, sous forme d'un gaz à très haute température, appelé plasma. Résultat, en coupant l'alimentation en combustible, on stoppe instantanément la réaction. Rien à voir avec un réacteur à fission de type Fukushima, dans lequel 150 tonnes d'uranium enrichi sont bombardées de neutrons pour générer des réactions en chaîne. Au risque, en cas d'accident, d'un enchaînement incontrôlable. Dernier atout d'une future centrale à fusion, les déchets générés sont peu radioactifs : après cent ans, ils seront 10 000 fois moins radioactifs que ceux issus de la fission nucléaire.

Problème de taille : la technique de la fusion est loin d'être au point. Certes, depuis trente ans, les physiciens ont appris à l'initier et la contrôler dans des tokamaks plus petits, comme Tore Supra au CEA (Commissariat

à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) de Cadarache ou au JET au Royaume-Uni. Il reste à reproduire l'expérience à grande échelle afin de pouvoir envoyer de l'électricité dans le réseau, à l'horizon 2050, au mieux. Un défi difficile à relever. Ainsi, il faudra porter le mélange deutérium-tritium, à l'intérieur du tokamak, à la température de 150 millions de degrés, soit dix fois celle du cœur du Soleil, via trois systèmes de chauffage simultanés : « la production d'un courant électrique dans le gaz, grâce à des électroaimants ; l'injection de particules à haute

énergie ; et l'apport d'ondes à haute fréquence, comme dans un micro-ondes », énumère le Britannique Paul Thomas, un des responsables scientifiques du projet. Autre difficulté, il faudra confiner le plasma brûlant, très instable, c'est-à-dire le maintenir à distance des parois, afin d'éviter qu'il ne refroidisse et que la fusion ne s'arrête. « C'est la condition pour qu'Iter produise au moins dix fois plus d'énergie qu'il n'en consommera, et ouvre ainsi la voie à une centrale de production électrique rentable », poursuit Paul Thomas. Pour y parvenir, de puissantes bobines supraconductrices vont générer un champ magnétique autour du plasma. Telle une enveloppe invisible, il empêchera ce dernier de s'approcher des bords de l'anneau. Reste à espérer que le plasma d'Iter, porté à des conditions extrêmes et encore inconnues, se comporte comme le prédisent les physiciens... Premiers éléments de réponse vers 2020, au début de l'expérience grandeur nature.

En attendant, le chantier, lancé en 2010, ne se limite pas au site provençal. Dans les pays engagés, près de 4 000 scientifiques, ingénieurs et ouvriers préparent les pièces du tokamak,

un million au total, dont certaines pèsent plus de 500 tonnes. Autant de composants qui seront transportés, dès l'été prochain, par mer jusqu'à Berre, avant de rejoindre Saint-Paul-lès-Durance sur la remorque géante... Puis ils seront assemblés sur le site, au millimètre près, comme un puzzle géant.

### Selon ses opposants, ce programme risque d'assécher les recherches sur les énergies alternatives

A proximité, les physiciens de Tore Supra, au CEA de Cadarache, étudient la résistance thermique des matériaux qui composeront le plancher du tokamak géant, appelé « divertor ». « Cette pièce essentielle devra en effet évacuer les déchets [des cendres microscopiques, *ndlr*] de la fusion et absorber une partie importante de la chaleur. Nous allons tester un divertor en tungstène, plus résistant que le carbone envisagé jusqu'à présent », explique Alain Bécoulet, qui dirige l'expérience. L'enjeu n'est pas seulement scientifique : la construction de ce plancher en matériaux high-tech, répartie entre le Japon, la Russie et l'Europe, coûtera 100 millions d'euros pour 54 pièces de 10 tonnes chacune !

Le budget total d'Iter, près de 15 milliards d'euros (le double des prévisions initiales), donne d'ailleurs le vertige. Selon les opposants au réacteur — de nombreux écologistes, mais aussi des physiciens de renom comme, en leur temps, les prix Nobel de physique Pierre-Gilles de Gennes et Georges Charpak —, ce projet colossal assèche les autres recherches sur les énergies alternatives pour un résultat très hypothétique. L'effort est étalé sur trente ans et réparti entre 35 pays, plaide-t-on côté Iter. De plus, son coût total ne représente que deux journées du marché mondial de l'énergie, évalué à 3 500 milliards d'euros par an, et seulement 10 % de l'investissement mondial annuel dans les énergies renouvelables. Et le directeur général du projet, Osamu Motojima, ajoute : « L'enjeu n'est pas seulement économique. Il est de fournir une énergie sûre et illimitée, dont la ressource équitablement répartie garantira la paix entre les peuples. Le jeu en vaut la chandelle, non ? » ■

### POUR ALLER PLUS LOIN



A voir

■ « Iter sort de terre », expo à l'espace Science actualités de la Cité des sciences (Paris), dès le 18 février 2014.