

Un édifice à trois étages

Fruit d'un accord de partenariat international qui rassemble la Chine, les Etats-Unis, la Fédération de Russie, l'Inde, le Japon, la République de Corée et l'Union européenne, ITER repose sur une organisation composée de trois niveaux. L'organisation internationale (ITER Organization) est responsable de la conception, de l'assemblage et de l'exploitation de l'installation de recherche. Elle coordonne les agences domestiques (structures mises en place dans chaque pays partenaire) chargées de fabriquer les composants de l'installation qui seront ensuite acheminés jusqu'à Cadarache pour y être assemblés. En tant que pays hôte, la France dispose de deux structures coordonnées par Bernard Bigot, Haut Représentant pour la réalisation en France du projet ITER : la mission ITER placée auprès du préfet de région (itinéraire, école internationale...) et l'Agence Iter France, entité créée au sein du CEA, en charge des travaux de viabilisation et d'aménagement du site de construction, de l'accueil des membres d'ITER Organization et de leur famille.

Plasma ou gaz ionisé



Vue d'un plasma obtenu avec l'installation JET

Lorsque la température d'un gaz est suffisamment élevée (de l'ordre de quelques milliers de degrés pour l'air), les molécules perdent un ou plusieurs électrons. Le gaz est dans un état ionisé : c'est un plasma. Avec ITER, les réactions de fusion seront obtenues avec des atomes de deutérium (élément présent dans l'eau) et de tritium (élément radioactif à vie courte de 12,3 ans). Chaque collision donne naissance à un noyau d'hélium et à un neutron libérant une énergie mille fois plus élevée que celle qui anime les particules en moyenne. Cette énergie est transmise en partie au noyau d'hélium formé lors de la réaction de fusion et à un neutron très énergétique (14 MeV). Les rayonnements ainsi produits chauffent les parois du tore. ITER sera la plus grande installation de recherche au monde capable de générer et de contrôler des plasmas chauffés en grande partie par l'hélium produit par les réactions de fusion et produisant une puissance dix fois plus importante que celle qui aura été injectée dans le plasma (500 MW pour 50 MW injectés).

Du Tore au Tokamak

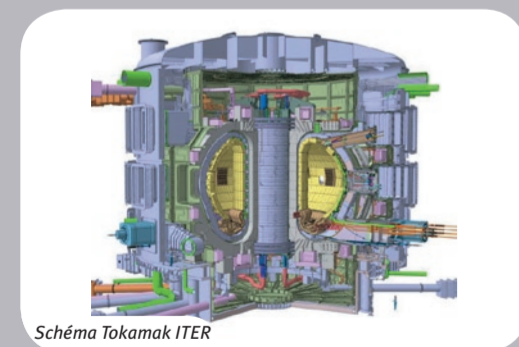


Schéma Tokamak ITER

En géométrie, un tore désigne une surface de révolution obtenue à partir d'un cercle tournant autour d'une droite située dans son plan. Selon cette définition, une chambre à air a, ainsi, une forme plus ou moins torique. Le terme « tore » se retrouve dans l'acronyme russe de Toroidalnaya Kamera c Magnitnyimi Katushkami qui se traduit par « chambre toroïdale avec bobines magnétiques ». Le concept des installations comme ITER, appelées tokamak a été mis au point par des scientifiques russes qui ont été les premiers à porter un plasma d'hydrogène à une température de l'ordre de 10 millions de degrés.

Un soleil sur terre

TOUTES LES RECHERCHES DÉVELOPPÉES DANS LE DOMAINE DE LA FUSION VISENT LE MÊME OBJECTIF : PROUVER QUE LA FUSION POURRAIT DEVENIR UNE SOURCE D'ÉNERGIE POUR LES FUTURES GÉNÉRATIONS. SYNTHÈSE DES ARTICLES PARUS DANS INTERFACES² POUR FAIRE UN TOUR D'HORIZON SUR L'UNIVERS DE LA FUSION.



Les étoiles, les milieux interstellaires ou encore la chevelure des comètes sont composés de plasma

Le soleil est une boule de plasma chaud et dense. En fusionnant, les atomes d'hydrogène qui le composent majoritairement se transforment en hélium. La tendance du plasma à se disperser et à se refroidir est contrebalancée par la gravitation. Sur Terre, les forces de gravitation sont insuffisantes et il est impossible d'obtenir une réaction de fusion entre deux atomes dans ces conditions. Il n'est pas envisageable, non plus, d'utiliser des parois matérielles pour confiner un plasma. Composé d'une multitude de particules, un plasma est un gaz tellement chaud que toute matière se volatilise à son contact. Son confinement a été longtemps au cœur d'essais de laboratoires.

Enceinte magnétique

Après plusieurs tentatives au début des années 60, les chercheurs ont compris qu'ils arriveraient à leurs fins en mettant au point une espèce de « boîte immatérielle » créée par un subtil agencement de champs magnétiques (100 000 fois le champ terrestre). L'idée est de contraindre les particules en mouvement à suivre ces champs magnétiques matérialisés par des lignes de champ autour desquelles elles tournent en décrivant une

hélice. En faisant pirouetter les noyaux et les électrons autour de ces lignes fermées sur elles-mêmes, le plasma se trouve ainsi enfermé dans une sorte d'enceinte immatérielle. C'est ce qui se passe, aujourd'hui, au cœur des machines comme Tore Supra à Cadarache, JET en Angleterre, JT60 au Japon, SST1 en Inde ou encore East en Chine et KSTAR en Corée du Sud. Héritier des technologies développées à travers le monde, ITER mettra en œuvre les plus grandes bobines produisant les champs magnétiques pour tenir en lévitation le plasma au cœur de la machine. Dix-huit d'entre elles, placées autour du tore, produiront le champ magnétique principal pour assurer le confinement du plasma. La bobine placée au centre de la machine permettra de lancer le courant dans le plasma (solénoïde central) ; et six autres bobines encercleront le tore pour le stabiliser. Outre le confinement du plasma, l'enjeu consiste à disposer également d'une parfaite étanchéité de l'enceinte (enceinte à vide) où est produit le plasma. Celle d'ITER sera composée de neuf éléments qui constituent les pièces les plus lourdes à transporter (voir encadré 33 composants exceptionnels).

Les extrêmes

Refroidi à très basse température (-271°C), l'alliage qui compose l'enceinte contenant le plasma n'offre plus aucune résistance aux courants électriques. Cette technologie permet ainsi d'accroître la température au cœur du plasma.

Les technologies mettant en œuvre de très basses températures servent aussi à solidifier certains gaz. C'est ainsi, qu'il est possible d'injecter des glaçons de deutérium à très grande vitesse pour alimenter un plasma en son cœur. Si d'un côté la fusion nécessite d'atteindre de très basses températures, elle met aussi en œuvre des températures extrêmes pour obtenir des réactions de fusion, de l'ordre de 100 à 150 millions de degrés. Des températures qui seront atteintes au cœur des plasmas de l'installation ITER.

Des robots à la rescousse

Une fois les questions de confinement et de températures réglées, il faut s'attaquer au problème de la densité qui doit être ni trop faible pour que les noyaux d'atomes aient des chances de se rencontrer, ni trop élevée pour que le mélange de deutérium et de tritium n'exerce une



Intérieur de l'enceinte à vide

Injection d'un glaçon au cœur d'un plasma

Echanges devant une maquette

pression trop forte sur l'enceinte où est produit le plasma. A cela s'ajoute la formidable énergie dégagée lors des réactions de fusion sous la forme d'un rayonnement.

Le recours à des robots s'impose pour intervenir dans un tel environnement, là où l'intervention humaine n'est plus envisageable. Déjà aujourd'hui, l'installation de recherche européenne JET est équipée d'une poutre articulée longue d'une douzaine de mètres servant à positionner des bras téléopérés n'importe où à l'intérieur de la machine pour découper, souder, visser des boulons... A l'intérieur de l'installation Tore Supra, c'est un robot articulé qui est envoyé en mission d'inspection. Conçu pour travailler dans des conditions de vide et de température sévères (120 degrés Celsius), un long bras articulé de huit mètres parvient à se faufiler au cœur de la machine à partir d'une ouverture de seulement 200 millimètres de diamètre. Des systèmes téléopérés seront installés au cœur de l'installation ITER pour assurer des missions similaires. Certains seront chargés d'installer ou de retirer des composants massifs, de plusieurs tonnes, et d'autres serviront à réaliser des missions d'inspection interne. Fort de ces acquis scientifiques et technologiques, ITER permettra de franchir une étape essentielle pour le développement de la fusion comme une source potentielle d'énergie. Les premières expérimentations sont prévues en 2018. ●



Représentation du passage d'un convoi ITER sur un rond-point

33 composants très exceptionnels

La construction du tokamak ITER met en œuvre des composants de haute technologie dont les dimensions sont exceptionnelles :

- 9 éléments de 544 tonnes constituant la chambre à vide (8,50 m de large, 14,10 m de long et 7,45 m de haut)
- 19 bobines supraconductrices pesant chacune 530 tonnes (8,50 m de large, 17,30 m de long, 9,10 m de haut)
- 1 bobine supraconductrice pesant 306 tonnes (8,50 m de large, 10 m de long et 8,40 m de haut)
- 4 poutres de pont roulant de 190 tonnes (4,50 m de large, environ 47 m de long, 2 m de haut).

Ces composants emprunteront les routes aménagées entre Berre-l'Etang jusqu'à Cadarache, de nuit, sur des convois spéciaux dont les plus lents se déplaceront à 5 km/h et les plus rapides à 30 km/h environ.



L'univers est composé de plasma à 99%

Agenda

3 et 4 décembre 2009

2^{ÈME} ÉDITION DES RENCONTRES INTERCULTURELLES

Associée à ITER Organization, l'Agence Iter France organise les deuxièmes rencontres interculturelles les 3 et 4 décembre 2009, à Aix-en-Provence. Placées sous le sceau de l'année européenne de la créativité et de l'innovation, ces rencontres sont ouvertes aux professionnels des mondes de l'art, de la communication, de la recherche et de la formation interculturelle et des ressources humaines.

Sur inscription. Voir modalités sur www.itercadarache.org

Siège ITER : rendez-vous pour les entreprises

13 OCTOBRE 2009

L'Agence Iter France organise une réunion d'information le 13 octobre 2009 de 10 h à 14h30 au château de Cadarache afin de présenter aux entreprises de bâtiment et travaux publics le projet architectural et technique du siège ITER (bâtiment de bureaux définitifs), l'appel d'offres à venir et les règles commerciales.

www.itercadarache.org



Iter