



TORE SUPRA

Le Soleil brille car la matière qui le compose atteint des densités et des températures suffisamment élevées pour permettre aux noyaux d'hydrogène de fusionner et se transformer en noyaux d'hélium. Cette réaction s'accompagne d'une grande quantité d'énergie libérée sous forme de chaleur et de rayonnement. La force gravitationnelle permet à cette boule de feu de maintenir ces réactions de fusion en son centre où règne une température proche de 15 millions de degrés.

Reproduire sur terre cette réaction de fusion est une autre histoire !

Le carburant doit être un mélange de deutérium-tritium, deux isotopes¹ de l'hydrogène. Il faut atteindre et maintenir en continu des températures de l'ordre de 150 millions de degrés pour assurer l'efficacité de la réaction de fusion. A ces températures, la matière est à l'état « plasma² » (Les électrons ne sont plus liés aux noyaux). Enfin, il faut créer autour de ce plasma une paroi immatérielle à l'aide de puissants aimants. (Aucune matière ne résiste à de telles températures.)

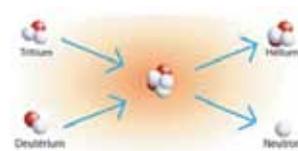
Cette idée a fait son chemin depuis les années 1920. Les russes sont les premiers, dans les années 1950, à obtenir des résultats concluants dans cette quête vers la fusion contrôlée avec une machine appelée Tokamak³.

En France, dans le cadre de l'association EURATOM/CEA, ces recherches sur la fusion ont été regroupées au CEA Cadarache autour de l'installation Tore Supra, mise en service en 1988.

Tore Supra est le premier tokamak au monde doté d'aimants supraconducteurs⁴ et d'autres équipements ayant permis de produire des plasmas de longue durée (6mn30 obtenu en 2003). JET (Joint European Torus), machine européenne située en Angleterre, la plus grande du monde, détient quant à elle le record mondial de puissance fusion (16 MW de puissance provenant des réactions de fusion pendant une seconde avec un mélange deutérium-tritium) depuis 1997.

Les succès scientifiques et techniques de Tore Supra et JET ont servi à l'élaboration du projet international ITER, en cours de construction à Cadarache, qui devra remplir un double objectif, de durée et de puissance. A partir de la fusion de deutérium-tritium, ITER devra produire dix fois plus de puissance (500 MW) qu'il n'en aura fallu pour chauffer le plasma (50MW).

L'objectif du programme ITER vise à accumuler suffisamment de connaissance et d'expérience pour concevoir et exploiter ultérieurement un réacteur pré-industriel baptisé « DEMO » producteur d'électricité.



↑ Réaction de fusion

¹ Deux atomes sont dits isotopes si leurs noyaux ont un nombre de proton identique mais un nombre de neutron différent.

² 4^{ème} état de la matière. Il est constitué de particules chargées (ions et électrons).

³ Matériau qui, refroidi à basse température, présente une résistance électrique nulle.

⁴ Acronyme russe de Toroidalnaya Kamera Magnitnymi katushkami (Chambre à vide toroïdale et bobine magnétique) : machine en forme de tore. Un tore est un anneau.



← Vue intérieure de la machine TORE SUPRA





Préparer l'avenir :

Tore-Supra, une installation de l'IRFM* dédiée à la technologie et à la physique des plasmas « continus »

Développement des premiers aimants de grande taille à base de matériaux supraconducteurs (niobium titane) qui, refroidis à basse température (-271°C pour Tore-Supra), permettent de créer des champs magnétiques puissants en continu.

Un courant de 1200 Ampères dans les bobines, engendre un champ magnétique de 4 Teslas au centre du plasma sans échauffement dans la bobine.



↑ Filaments supra conducteurs



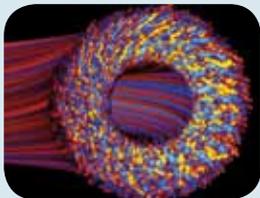
↑ Antenne de chauffage

Des moyens de chauffage du plasma qui utilisent les ondes. Ces ondes sont créées par des générateurs de différents types suivant leur fréquence, et couplées au plasma via des antennes. Certaines antennes sont utilisées pour générer un courant continu dans le plasma afin d'assurer son maintien. Au total, 15 MW sont ainsi disponibles sur Tore Supra.

Développement d'éléments face au plasma capables de résister à de hauts flux thermiques en continu, avec un regard particulier sur les changements de propriétés du composant exposé en continu.



↑ Limiteur plancher



↑ Simulation numérique (Gysela) : exemple de turbulence du plasma

PROJET WEST : vers une évolution de la machine pour devenir l'installation test d'ITER pour toute thématique concernant les plasmas performants de longue durée en environnement ITER.

Des expériences couplées à des simulations numériques pour comprendre et prédire le comportement du plasma.



Tore Supra

West

* Institut de Recherche sur la Fusion par confinement Magnétique