

MEC1210

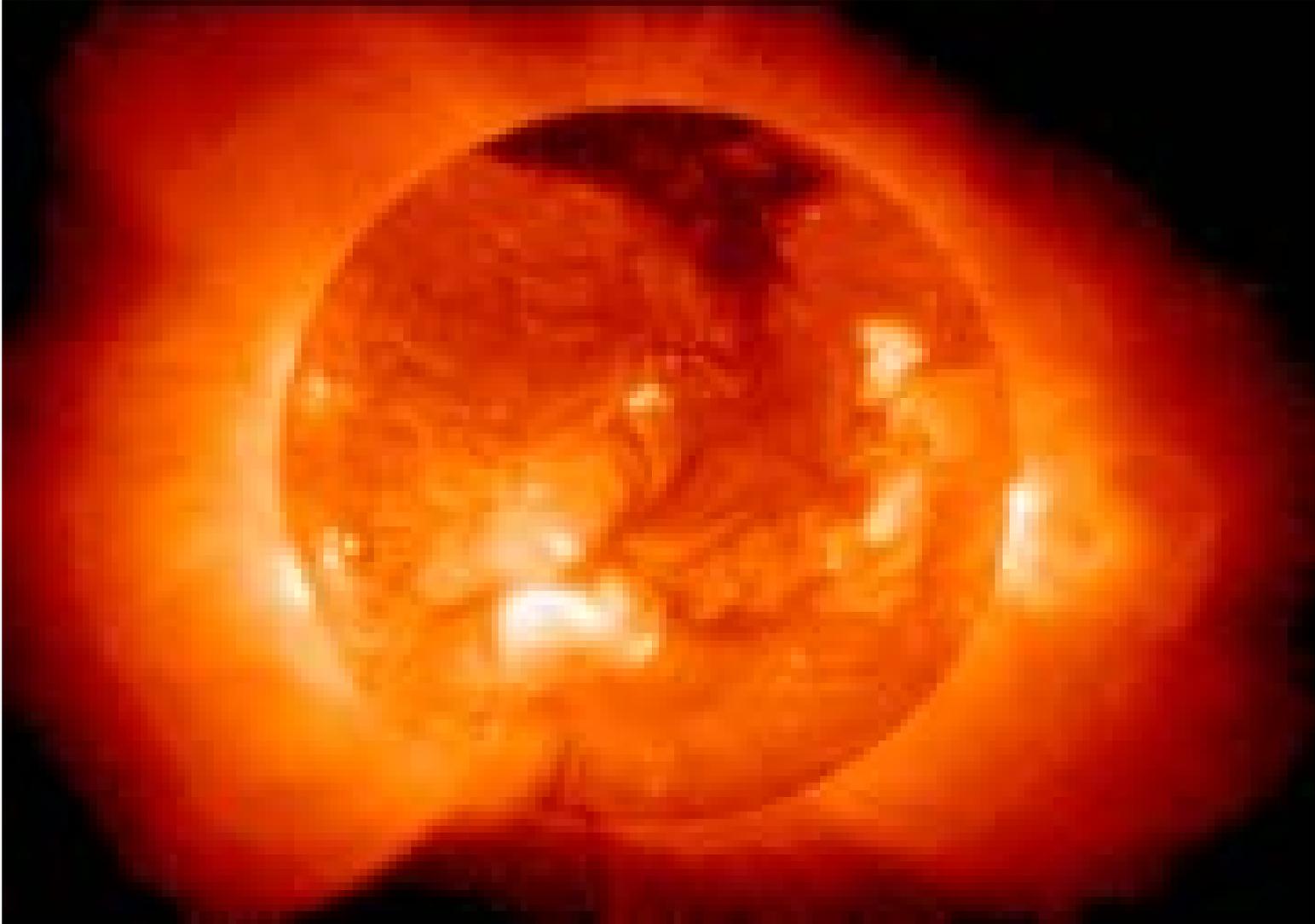
THERMODYNAMIQUE

CAPSULE TECHNOLOGIQUE

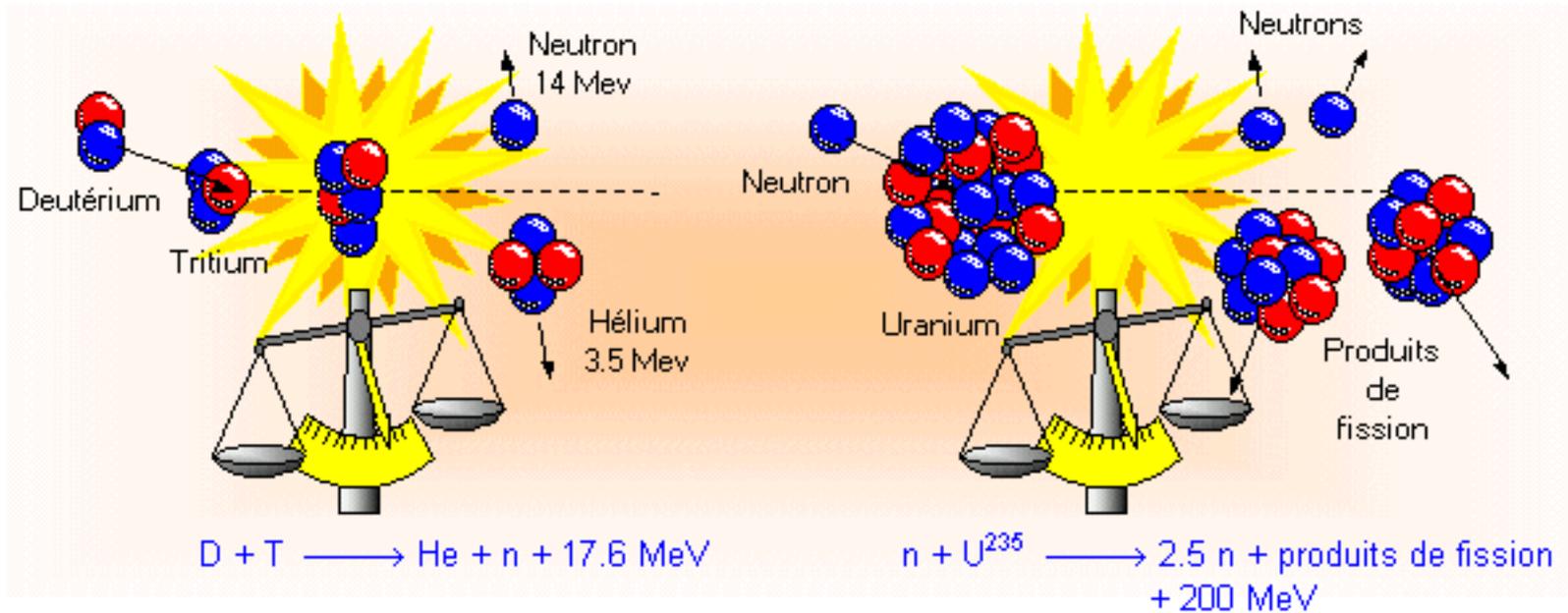
FUSION NUCLÉAIRE

LE SOLEIL

Siège de nombreuses réactions de fusion nucléaire



DIFFÉRENCE ENTRE FUSION ET FISSION NUCLÉAIRE



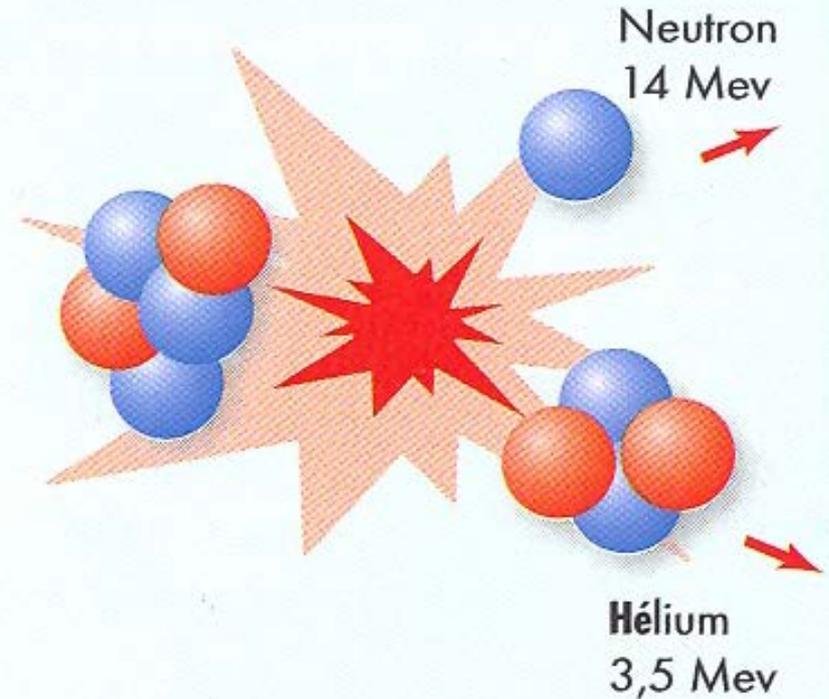
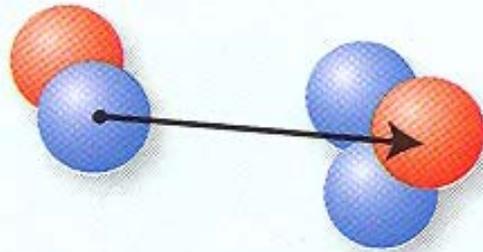
FUSION

FISSION

PRINCIPE DE BASE DE LA FUSION NUCLÉAIRE

Deutérium

Tritium



Li = Lithium 6

Deutérium : eau lourde -----> 1 / 7000 dans l'eau ordinaire

Tritium : élément artificiel fabriqué dans le Tokamak

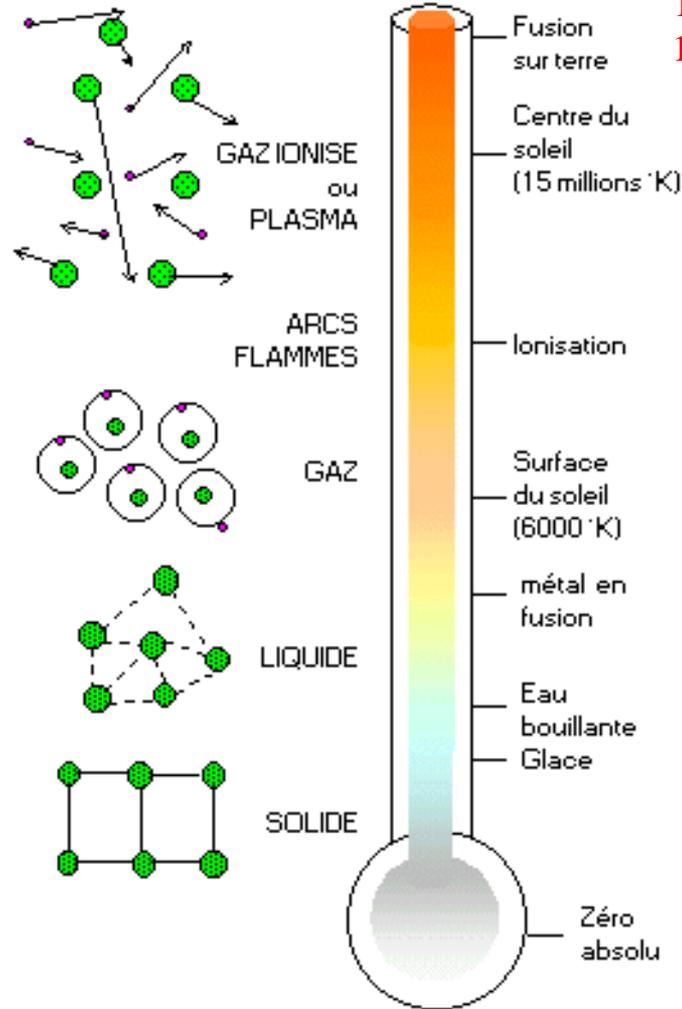
TEMPÉRATURE NÉCESSAIRE POUR LA FUSION NUCLÉAIRE

PLASMA

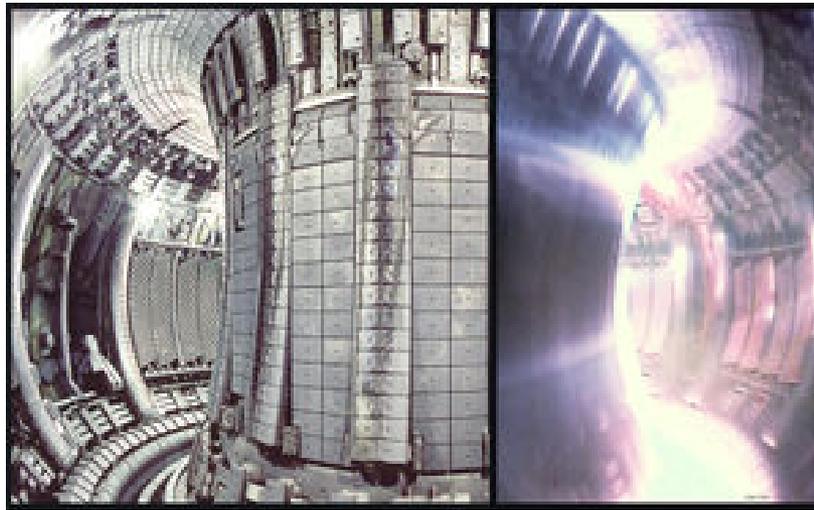
État particulier de la matière dans lequel les atomes ou les molécules forment un **gaz ionisé**.

Un ou plusieurs électrons du nuage électronique qui entoure chaque noyau ont été arrachés, laissant des ions chargés positivement et des électrons libres, l'ensemble étant **électriquement neutre**.

Dans un **plasma thermique**, la grande agitation des ions et des électrons produit de nombreuses collisions entre les particules.



Température
nécessaire dans un
Tokamak
100 millions K



Intérieur du Tokamak JET au repos (gauche) et en fonctionnement (droite)

RÉACTION DE BASE DE LA FUSION



BILAN DE MASSE : BILAN D'ÉNERGIE

On pèse les éléments du membre de gauche (**D + T**) et de droite (**⁴He + n**)

On obtient :

$$\begin{aligned} (\mathbf{D + T}) \text{ pèsent} &\text{----->} 4,992722 * m_p && (m_p : \text{masse d'un proton}) \\ (\mathbf{{}^4\text{He} + n}) \text{ pèsent} &\text{----->} 4,973974 * m_p \end{aligned}$$

On a une différence de masse -----> $\Delta m = 0,018747 * m_p$

D'où une énergie libérée de -----> $E = \Delta m * c^2 = 2,818.10^{-12} \text{ J} = 17,59 \text{ MeV}$

DIVERSES APPROCHES POUR LE CONFINEMENT

Il existe 2 principaux procédés permettant d'arriver à confiner le milieu de réaction pour produire des réactions de fusion nucléaire :

A) Confinement magnétique : Tokamak

B) Confinement inertiel : par Laser

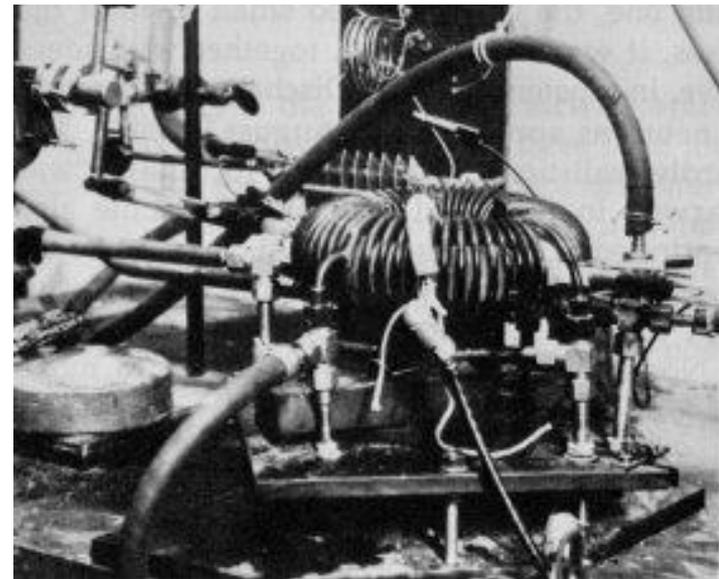
HISTORIQUE

1946 : dispositif de confinement magnétique testé par Thoneman (tores en verre et en métal)
(Oxford, Royaume-Uni)

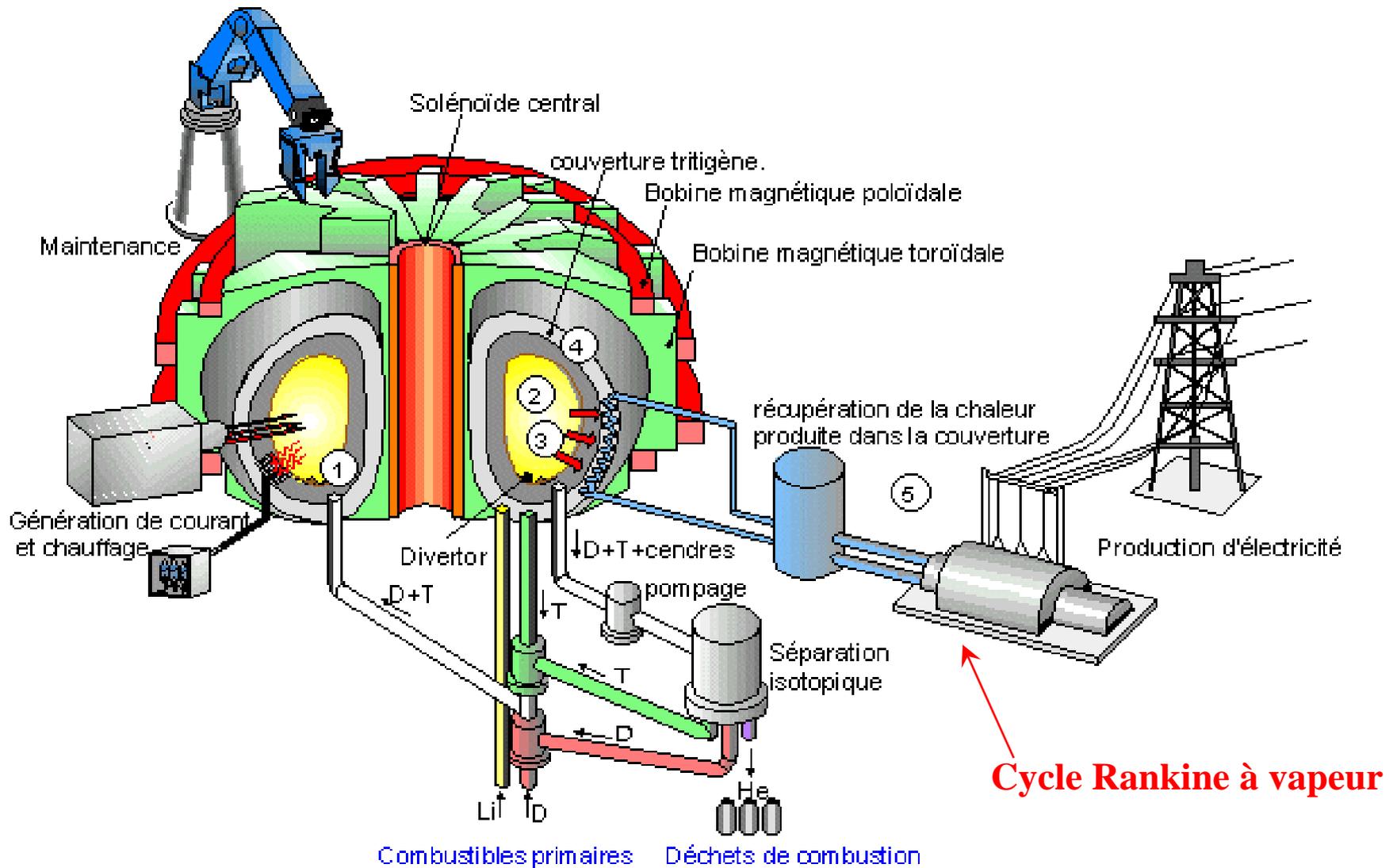
Un **tokamak** est une chambre de **confinement magnétique** destinée à contrôler un plasma pour étudier la possibilité de la production d'énergie par fusion nucléaire.

Ce terme vient du russe « *toroidal'naja kamera magnethnymi katushkami* » (en français : chambre toroïdale avec bobines magnétiques).

Le Tokamak fut inventé au début des années 1950 par les Russes Igor Tamm et Andreï Sakharov.

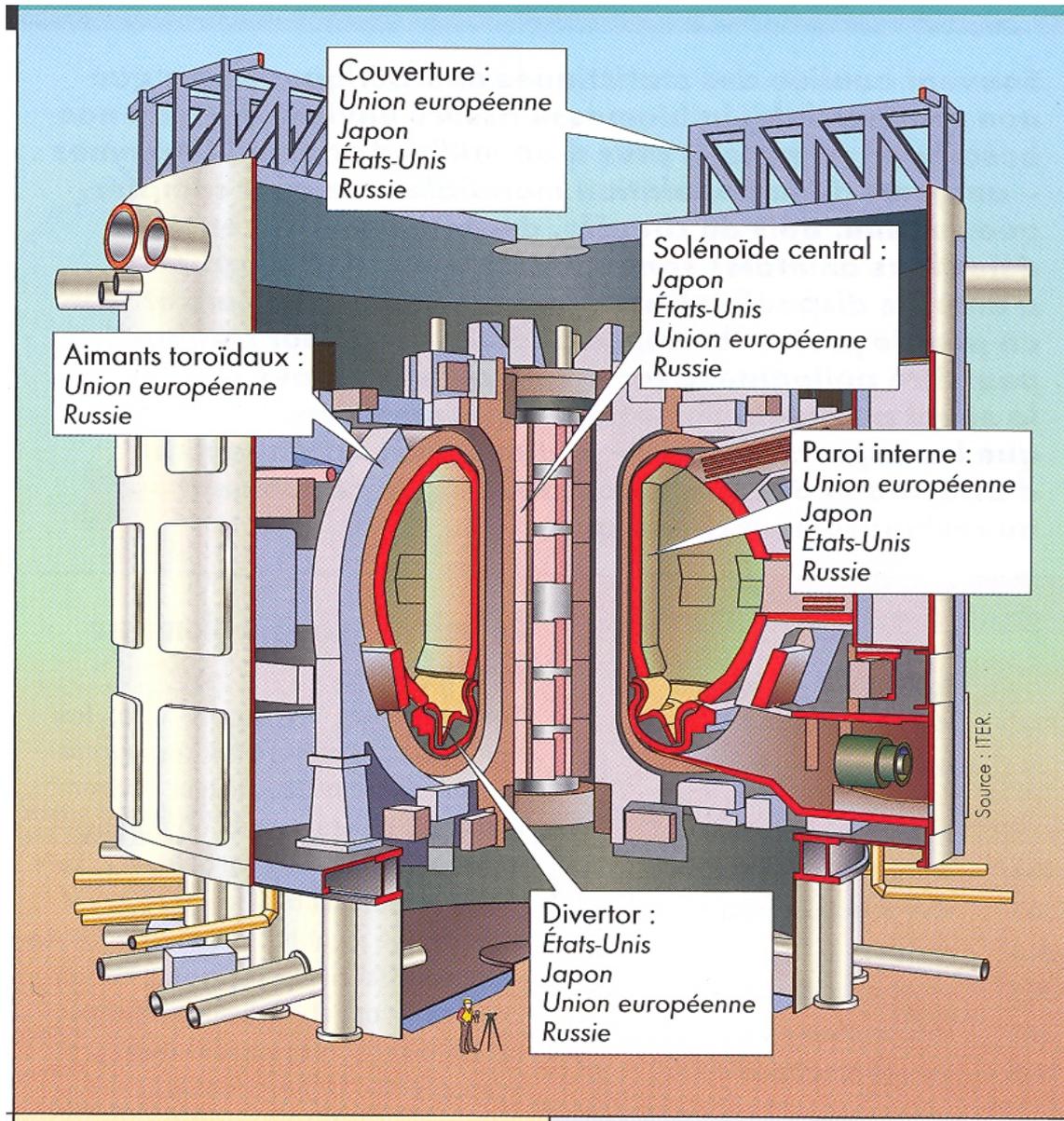


CENTRALE COMPLÈTE À FUSION NUCLÉAIRE CYCLE RANKINE POUR PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ



TOKAMAK - ITER

International Thermonuclear Experimental Reactor

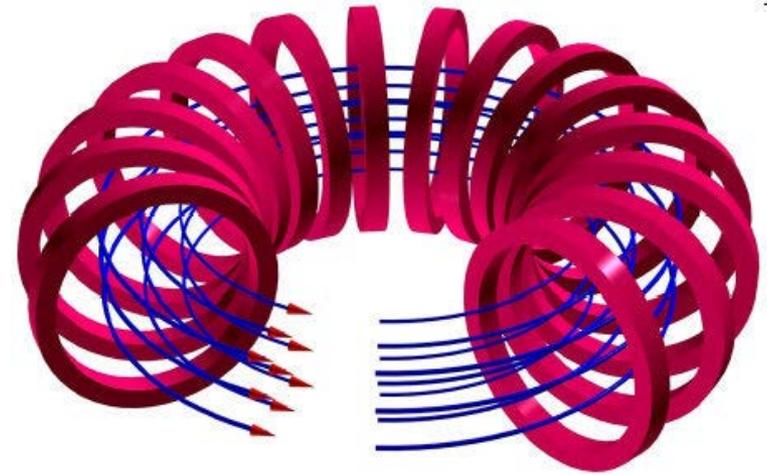
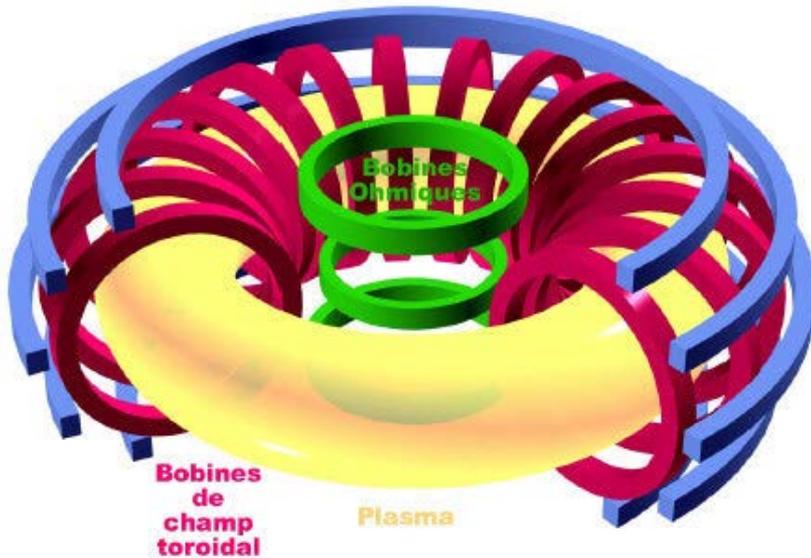


Bobines toroïdales : NbTi
refroidies à 1,8K
Supraconducteur
Courant continue
Nb : Niobium
Ti : Titane

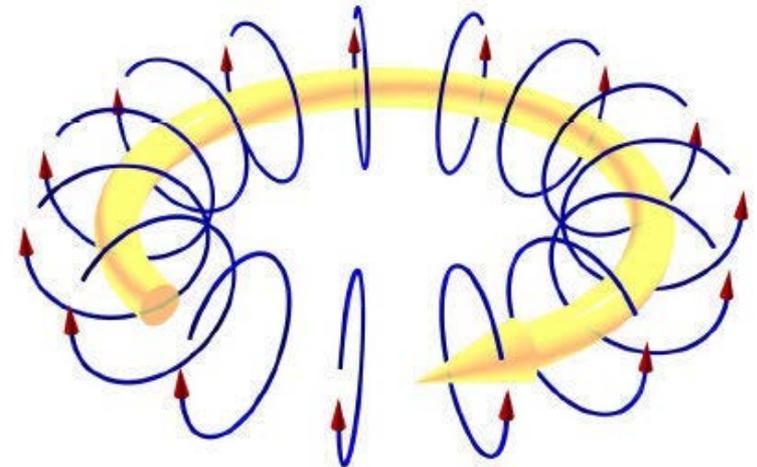
Bobines poloïdales : NbSn
Supraconducteur
Courant continue
Sn : Étain

40% du prix d'ITER
concerne les aimants

Bobines de champ vertical



L'enceinte où est présente le plasma est entourée de spires à intervalles réguliers. Ces spires créent des lignes de champ. Chacune appartient à un plan horizontal et décrit dans ce dernier un cercle.



Elles créent indirectement un champ magnétique poloïdal. Les bobines ohmiques induisent un courant I_p dans le plasma. Ce dernier engendre un champ magnétique poloïdal.

La réunion de ces trois champs magnétiques mène à des lignes de champ hélicoïdales

ITER : Historique d'un projet ambitieux

ITER sera construit à Cadarache (France)

- Novembre 1985 : Sommet de Genève, l'Union Soviétique de Gorbatchev propose de construire un Tokamak de prochaine génération
- Octobre 1986 : Les USA, l'Europe et le Japon acceptent (le projet est placé sous l'égide de l'AIEA, l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique)
- Avril 1988 à 1998 : élaboration technologique du projet
- Fin 1998 : Les USA se retirent du projet ITER, il s'en suit que les trois partenaires restant décident de réaliser un projet plus modeste
- Juillet 2001 : Achèvement de l'ingénierie détaillée du nouveau projet
- Janvier 2003 : Les USA et la Chine rejoignent le projet
- Juin 2003 : La Corée du Sud rejoignent le projet
- Juin 2005 : Décision de l'implantation d'ITER en France
- Juillet 2020: début d'assemblage
- ...
- 2025 : premiers plasmas dans ITER ???

