

**MEC1210**

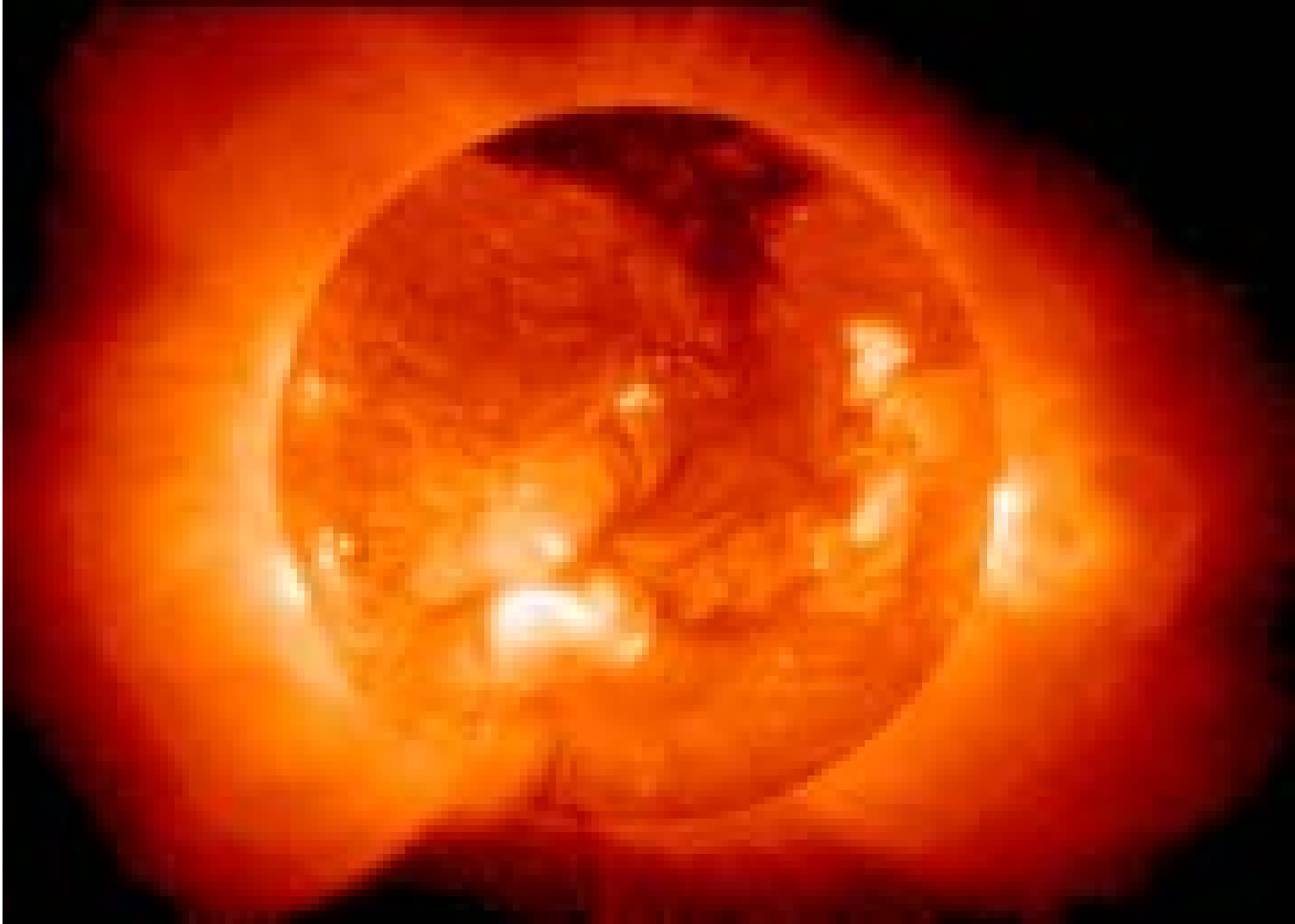
**THERMODYNAMIQUE**

**CAPSULE TECHNOLOGIQUE**

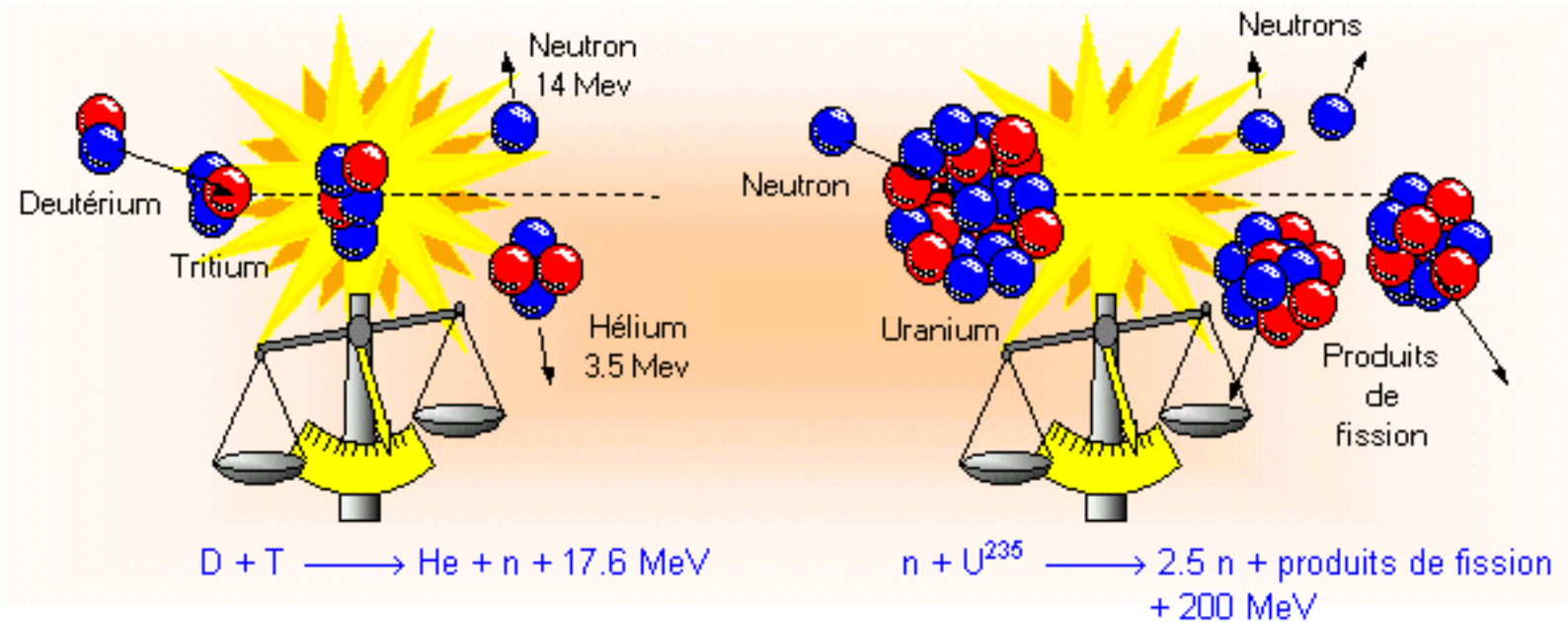
**FUSION NUCLÉAIRE**

# LE SOLEIL

Siège de nombreuses réactions de fusion nucléaire



# DIFFÉRENCE ENTRE FUSION ET FISSION NUCLÉAIRE



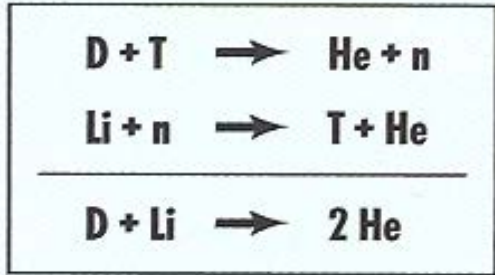
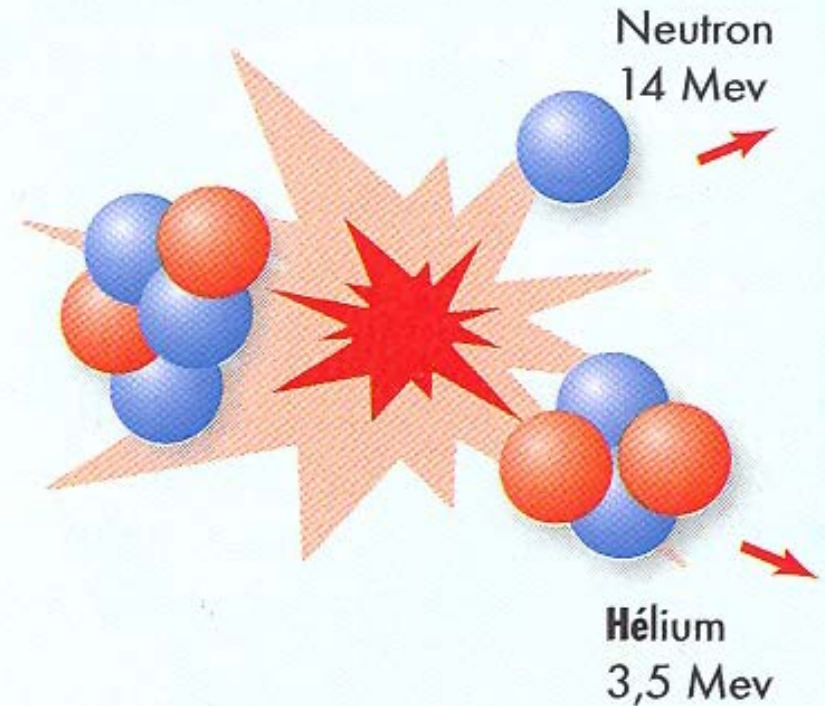
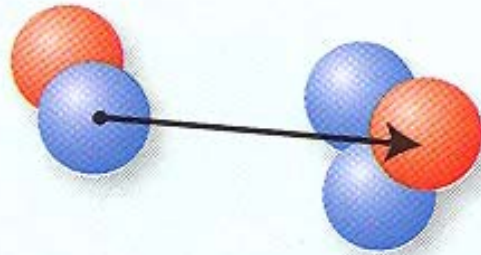
FUSION

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

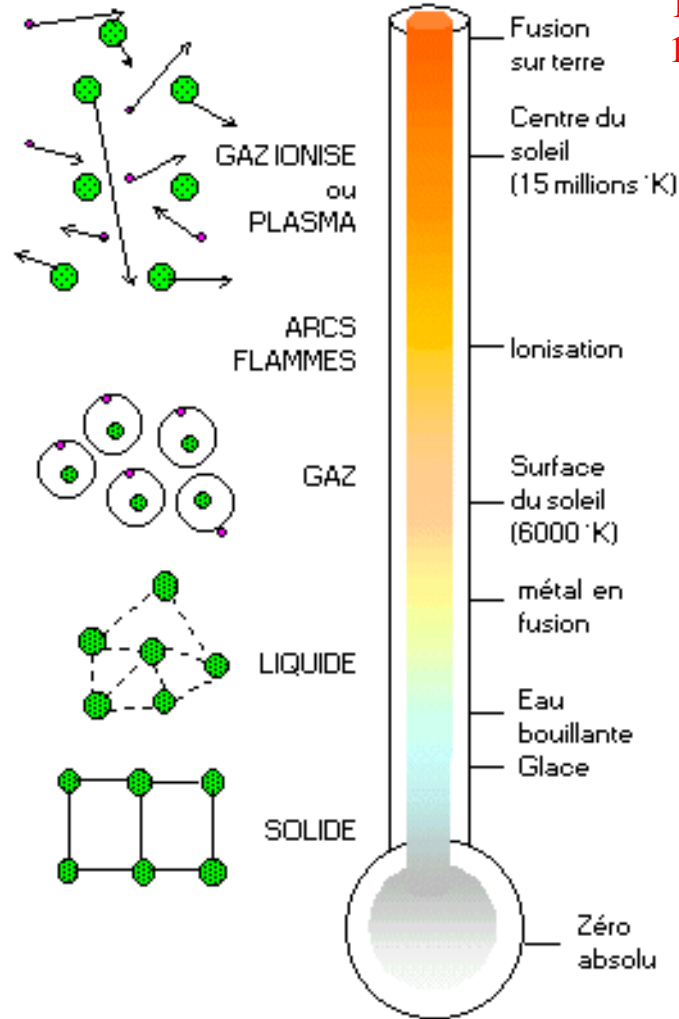
# TEMPÉRATURE NÉCESSAIRE POUR LA FUSION NUCLÉAIRE

## PLASMA

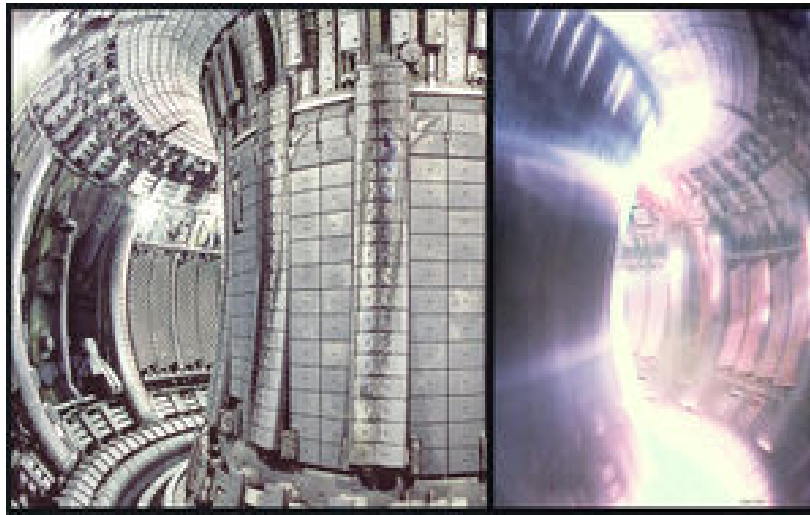
État particulier de la matière dans lequel les atomes ou les molécules forment un **gaz ionisé**.

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 ( **<sup>4</sup>He + n** )

On obtient :

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

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

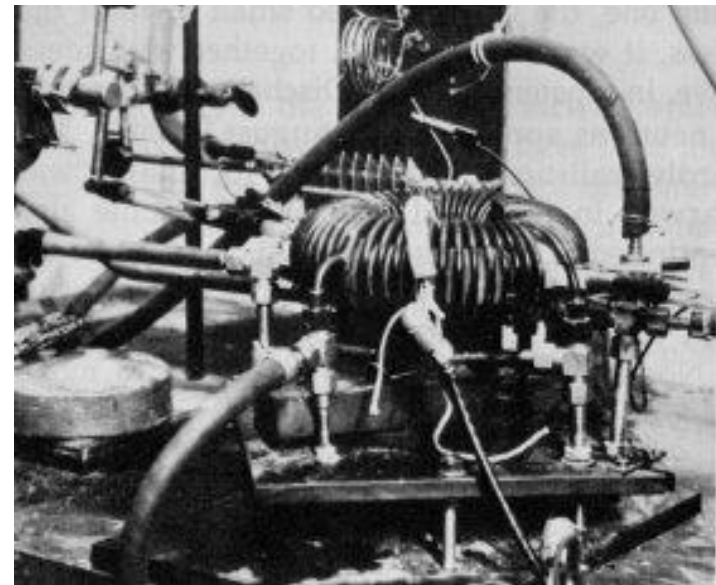
## HISTORIQUE

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

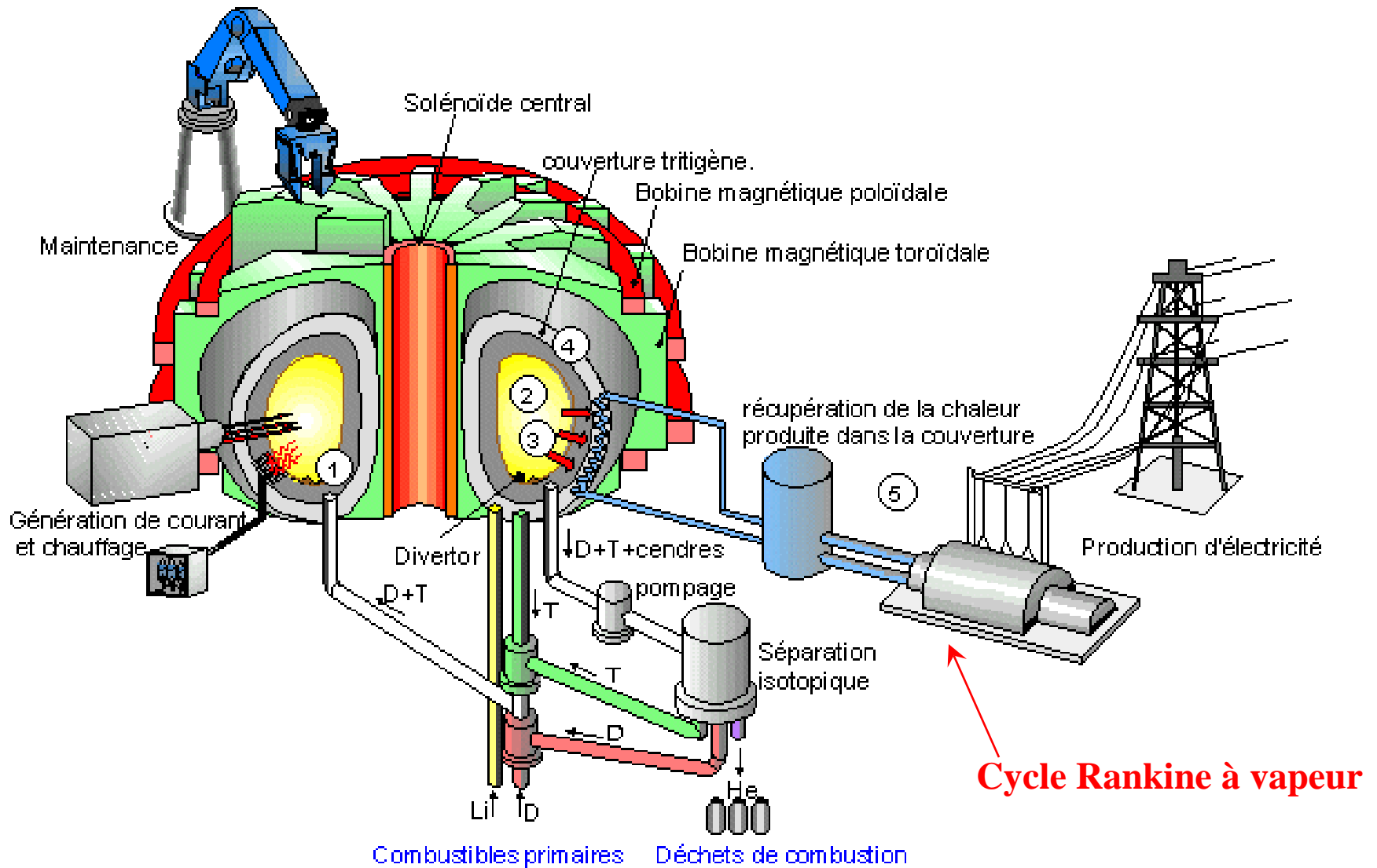
Un **tokamak** est une chambre de **confinement magnétique** destinée à contrôler un plasma pour étudier la possibilité de la production d'énergie par fusion nucléaire.

Ce terme vient du russe « *toroidal'naja kamera magnetyimi 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.



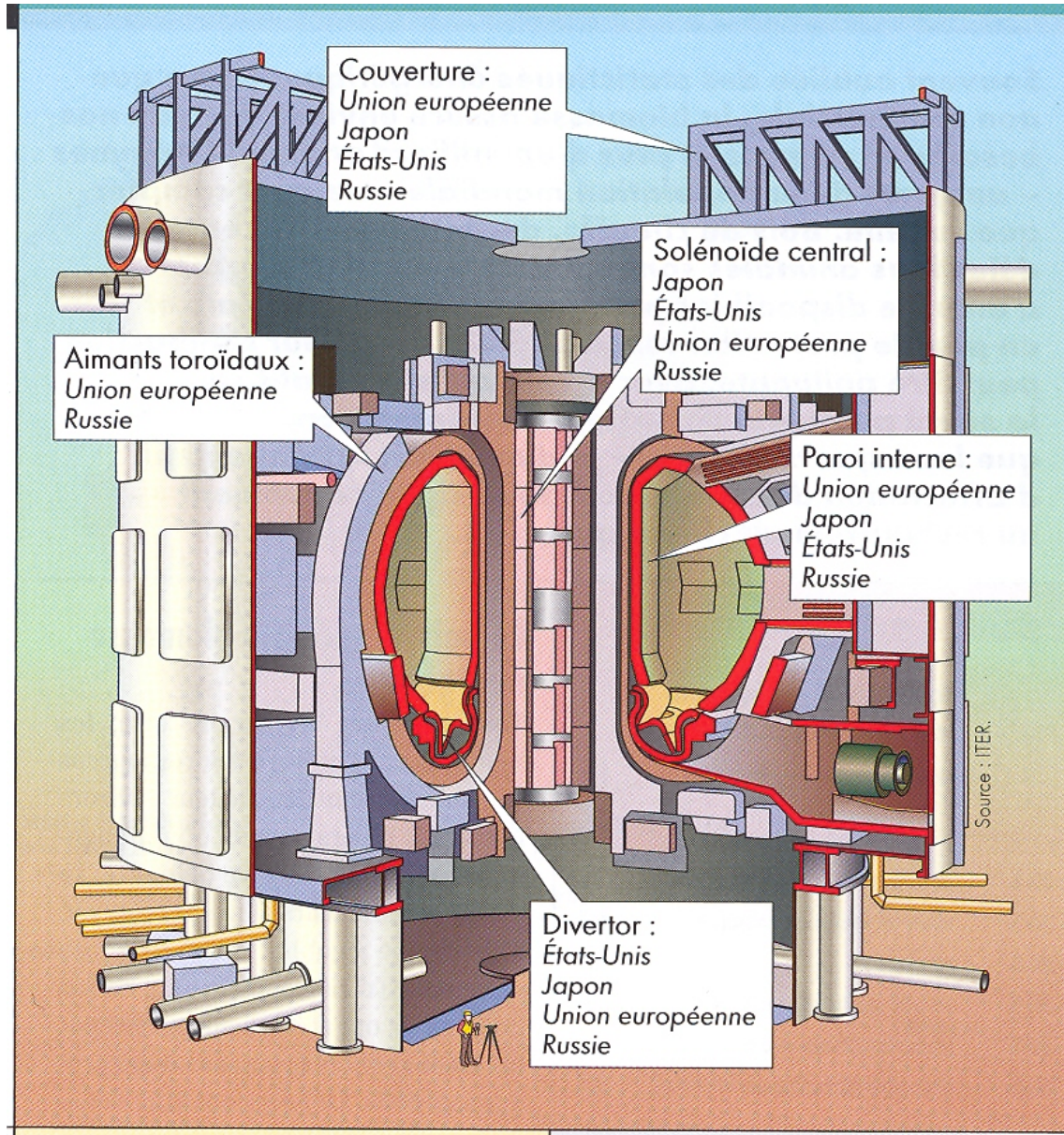
# CENTRALE COMPLÈTE À FUSION NUCLÉAIRE CYCLE RANKINE POUR PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ





# TOKAMAK - ITER

## International Thermonuclear Experimental Reactor



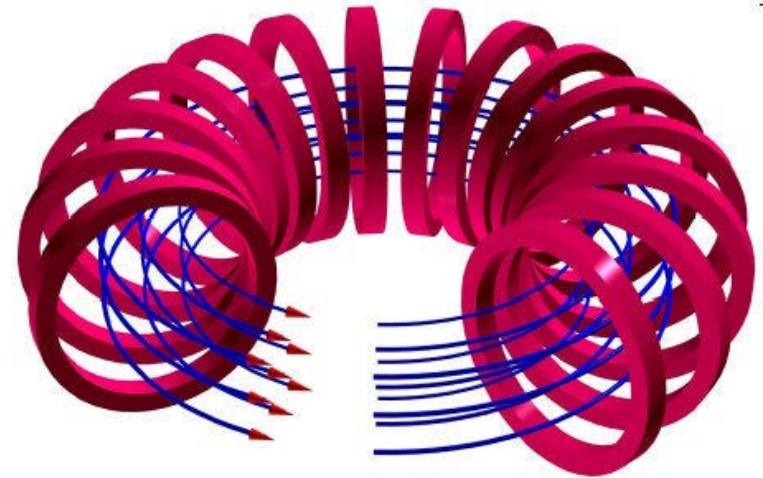
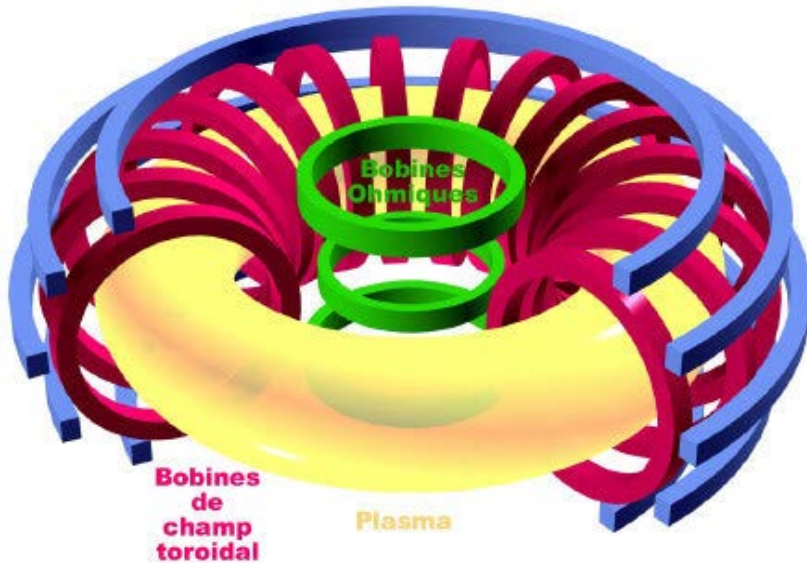
Bobines toroïdales : **NbTi**  
refroidies à 1,8K  
Supraconducteur  
Courant continue  
**Nb** : Niobium  
**Ti** : Titane

Bobines poloïdales : **NbSn**  
Supraconducteur  
Courant continue  
**Sn** : Étain

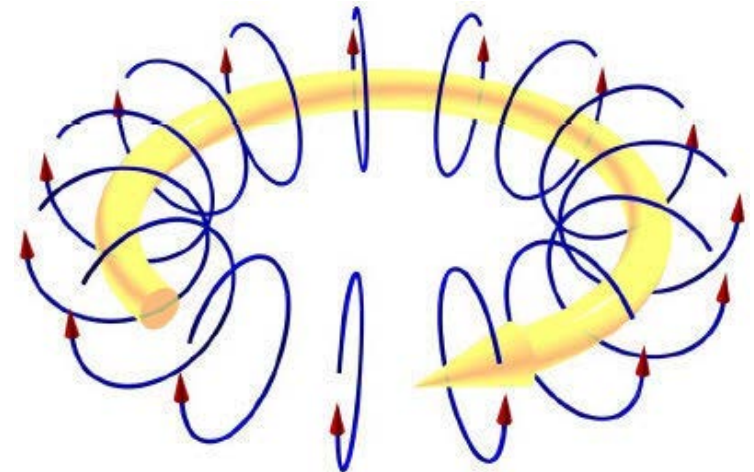
40% du prix d'ITER  
concerne les aimants



### 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 ???

