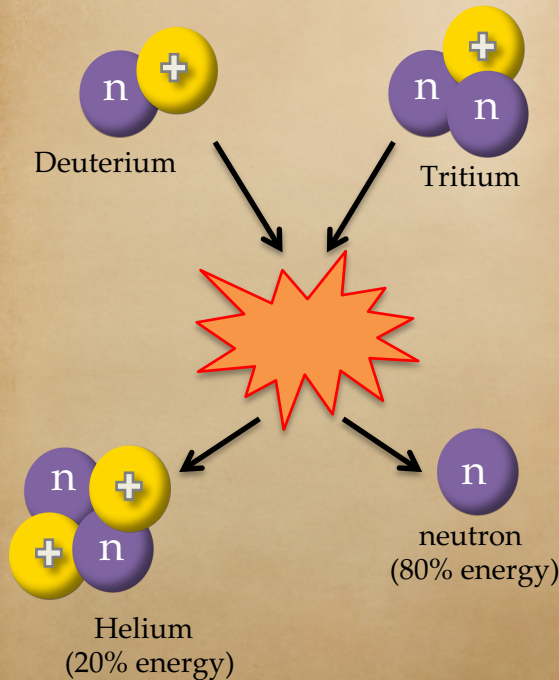


# Comment on fait une étoile sur Terre?



## *Recette pour une étoile*

1. Produire a 50%-50% D-T gas.
2. Chauffer à 100 million degrees.
3. Confiner le plasma tel que

$$n T \tau_E > 5 \times 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ keV s}$$

“ignition”

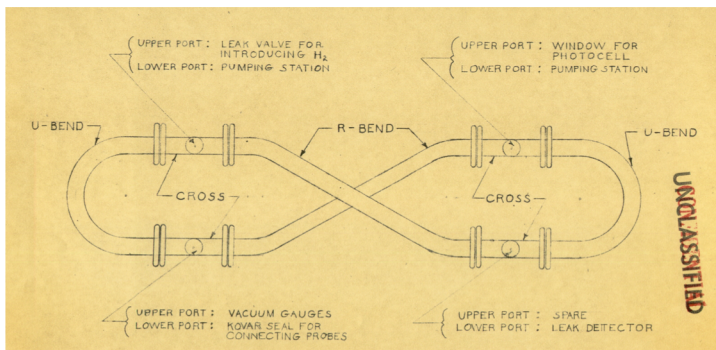
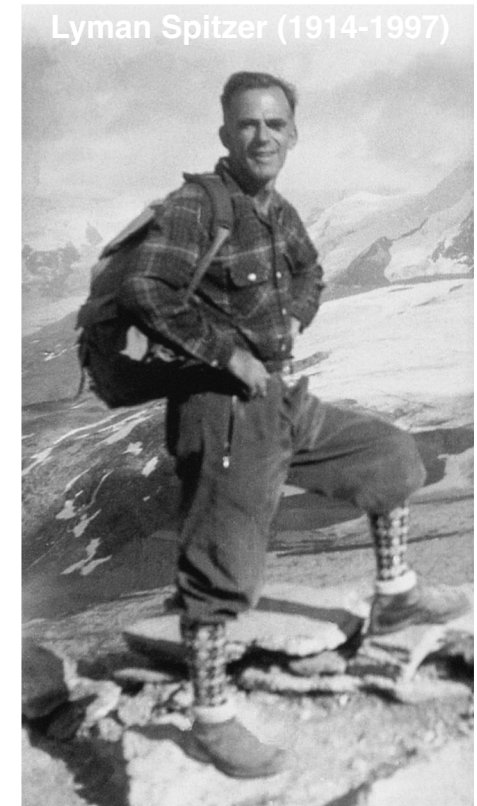
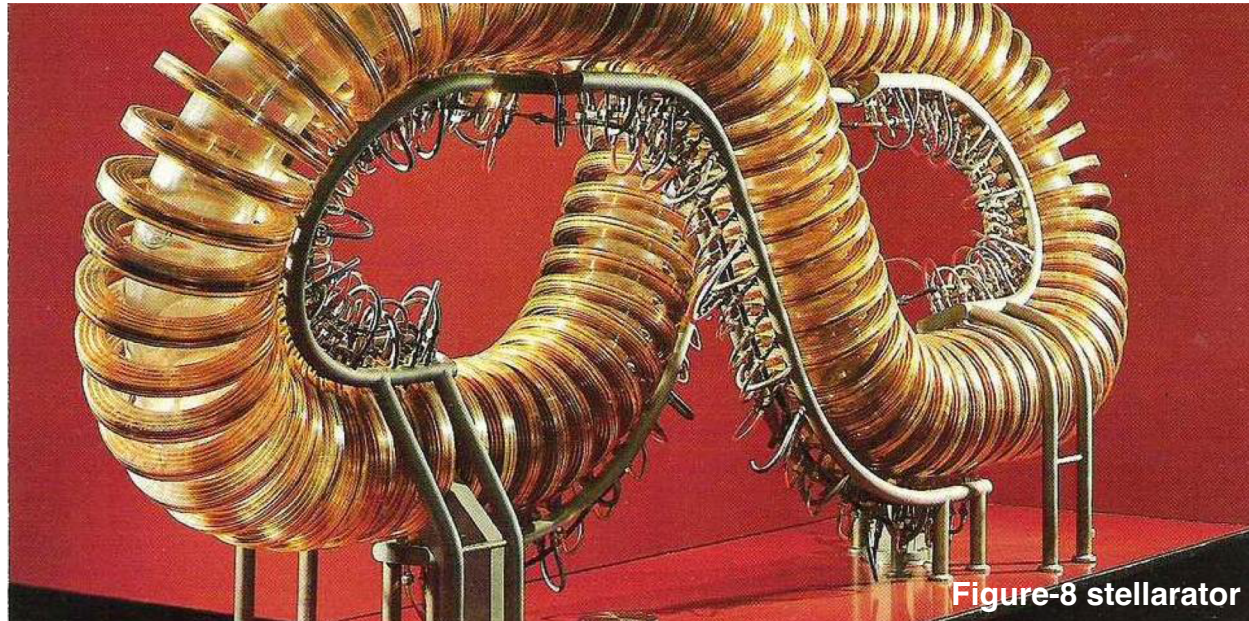
4. Fournir du combustible.

**n** : densité

**T** : température

**$\tau_E$**  : temps confinement

# Début des années 1950, l'idée du 'stellarator' est née

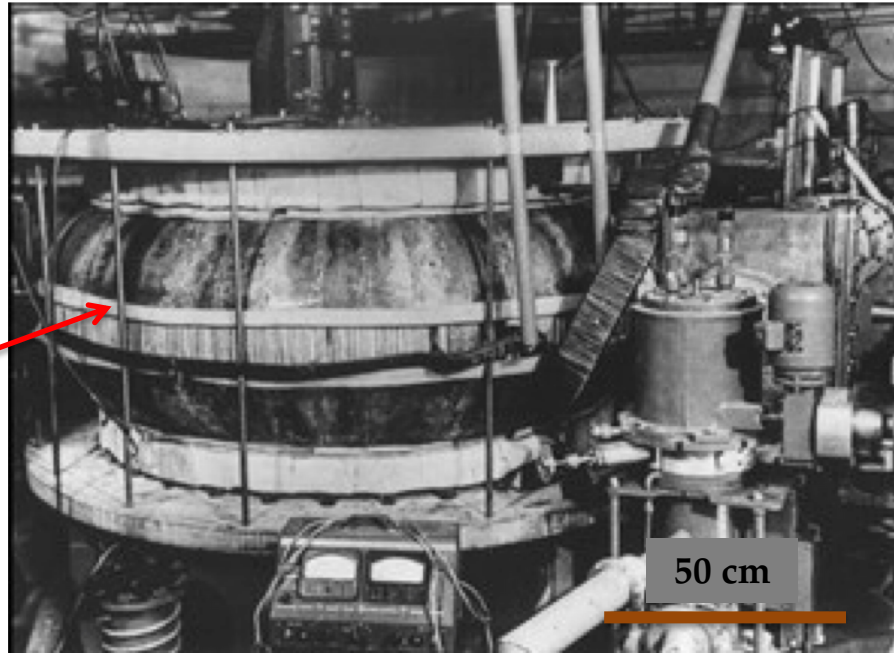


*Historiquement, temps de confinement et pression n'était pas assez grandes...*



# Le concept du 'tokamak' explose fin des années 1960

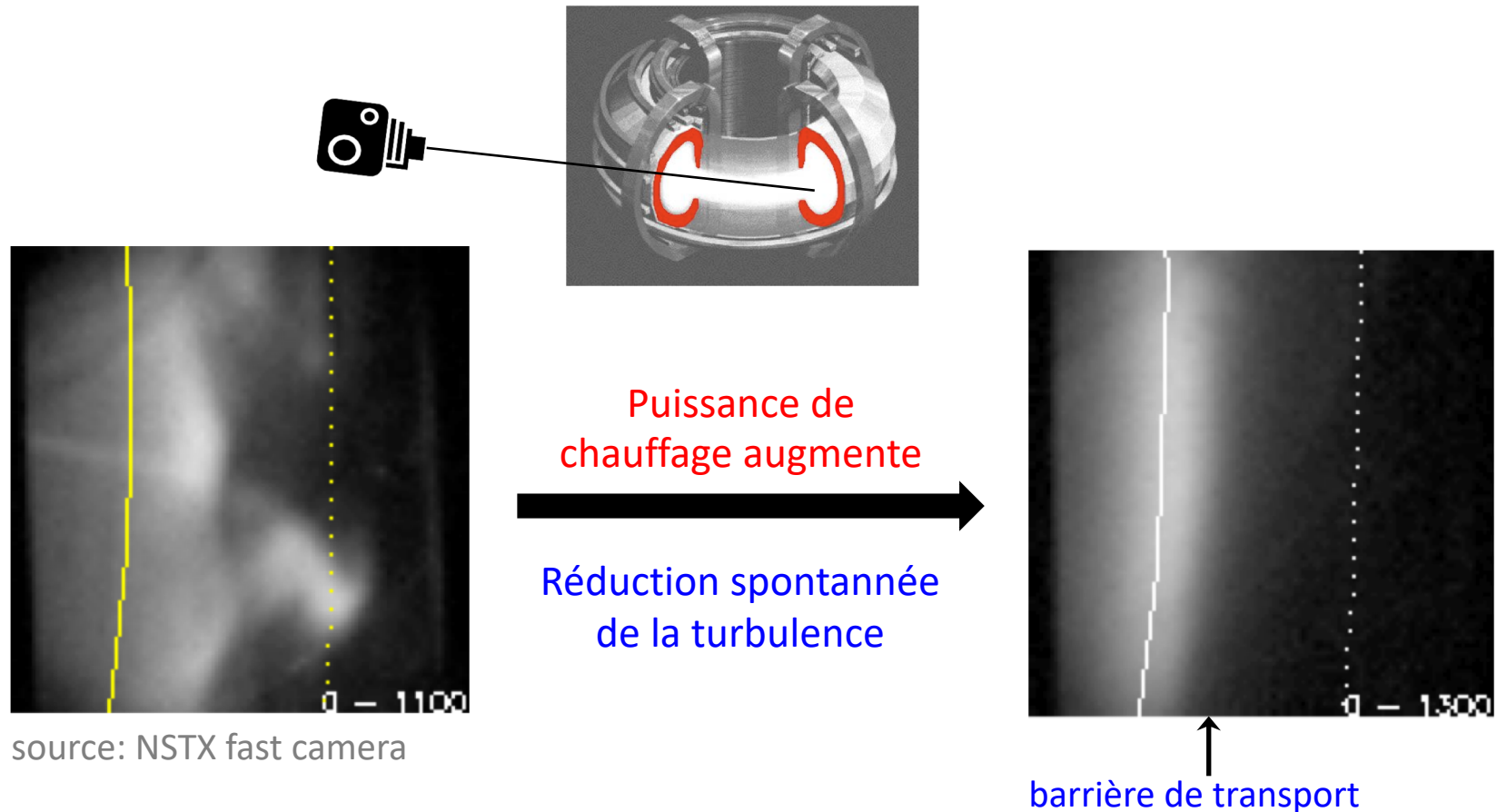
premier  
tokamak



Plasmas stables à **10 million degrees** obtenus en 1968.

Mais le triple produit  $nT\tau_E$  encore très loin du critère d'ignition.

# Régimes de haute performance découverts fin 1980's

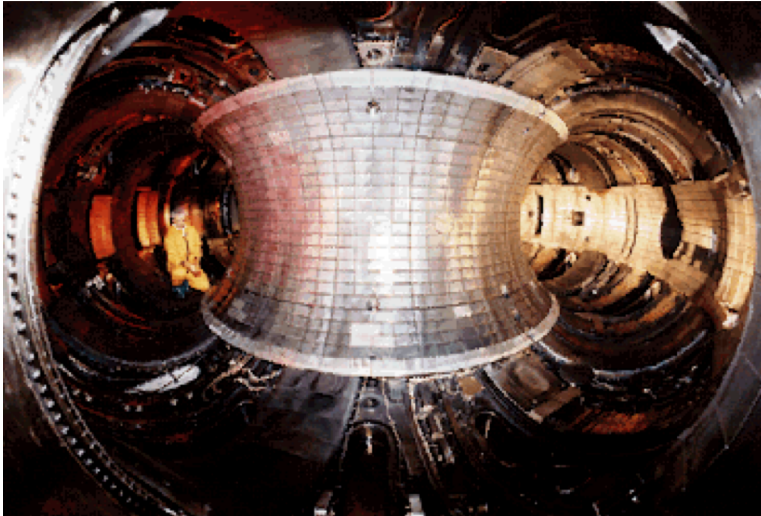


Régime de haut confinement découvert dans les tokamaks.

Triple produit devient beaucoup plus grand.



# Gran progrès des tokamaks dans les années 1990



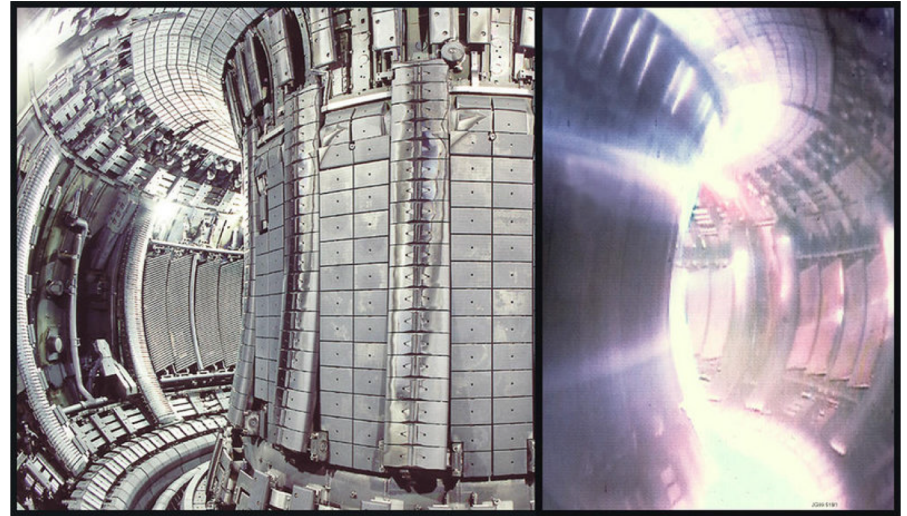
TFTR tokamak in Princeton

**1993**

premier usage de mélanges  
deuterium-tritium (50-50)

**produisant**

10 MW de puissance de fusion



JET tokamak in the UK

**1997**

16 MW puissance de fusion  
avec 24MW puissance injectée

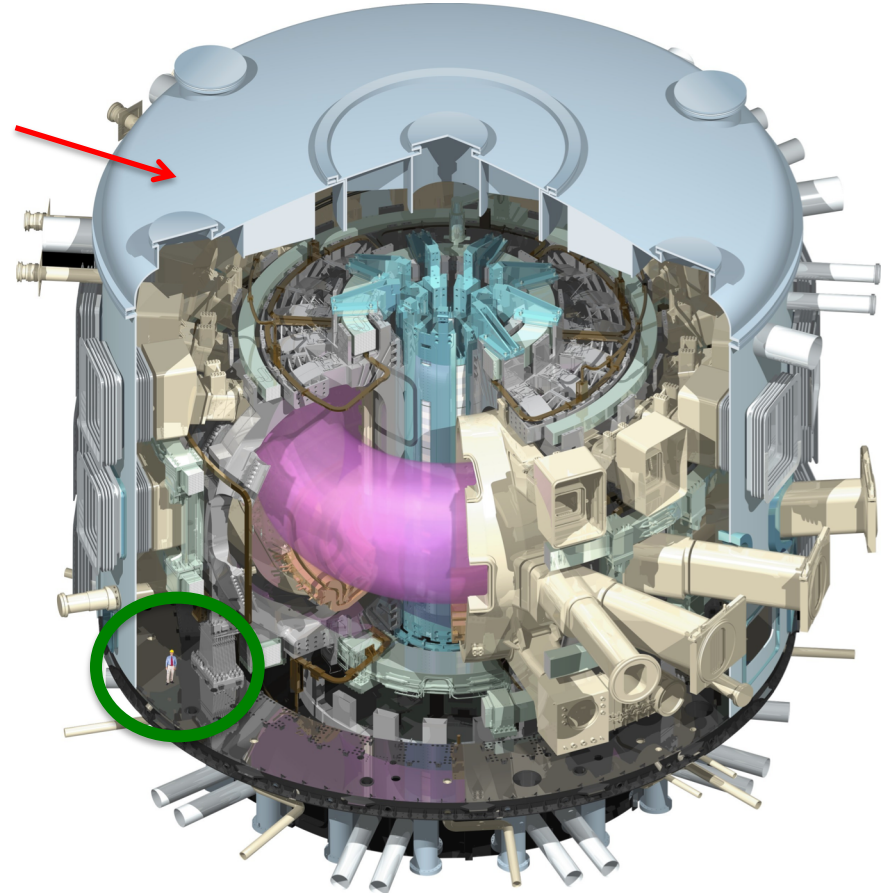
**c'est-à-dire**

$Q = \text{output/input} \approx 0.7$

- Températures de **200 millions de degrees** obtenues.
- $nT\tau_E \approx 10 \times 10^{20} \text{ keV m}^{-3} \text{ s}^{-1}$  approchant le critère d'ignition.

# Un autre grand pas dans la prochaine décennie?

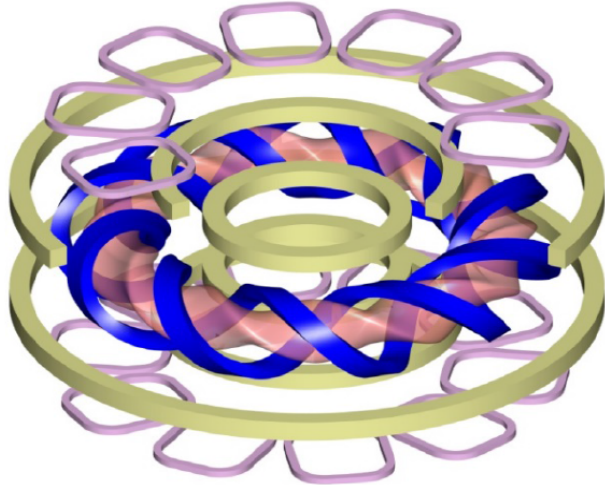
Tokamak ITER en construction en France



ITER vise à produire **500 MW** de puissance fusion avec **50 MW** injectés.



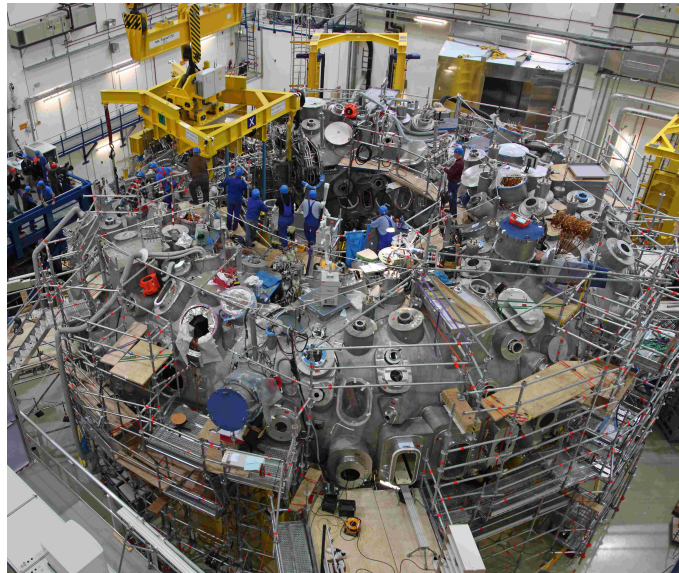
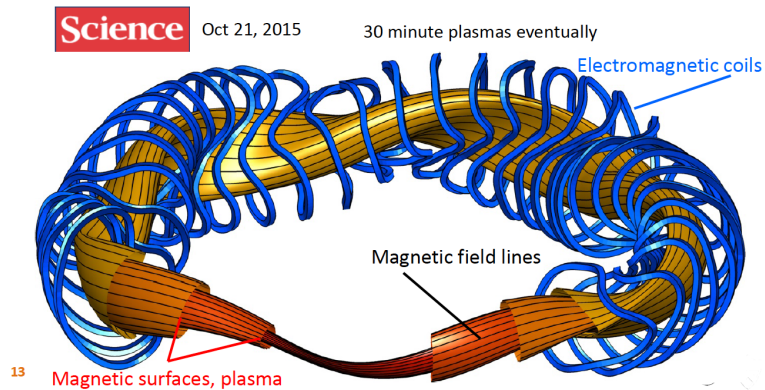
# Entre temps, les stellarators ont continué a progresser



Large Helical Device (LHD)



Wendelstein 7-X





# W7-X, 10 ans en 3 min

# Historique des triple produits

