

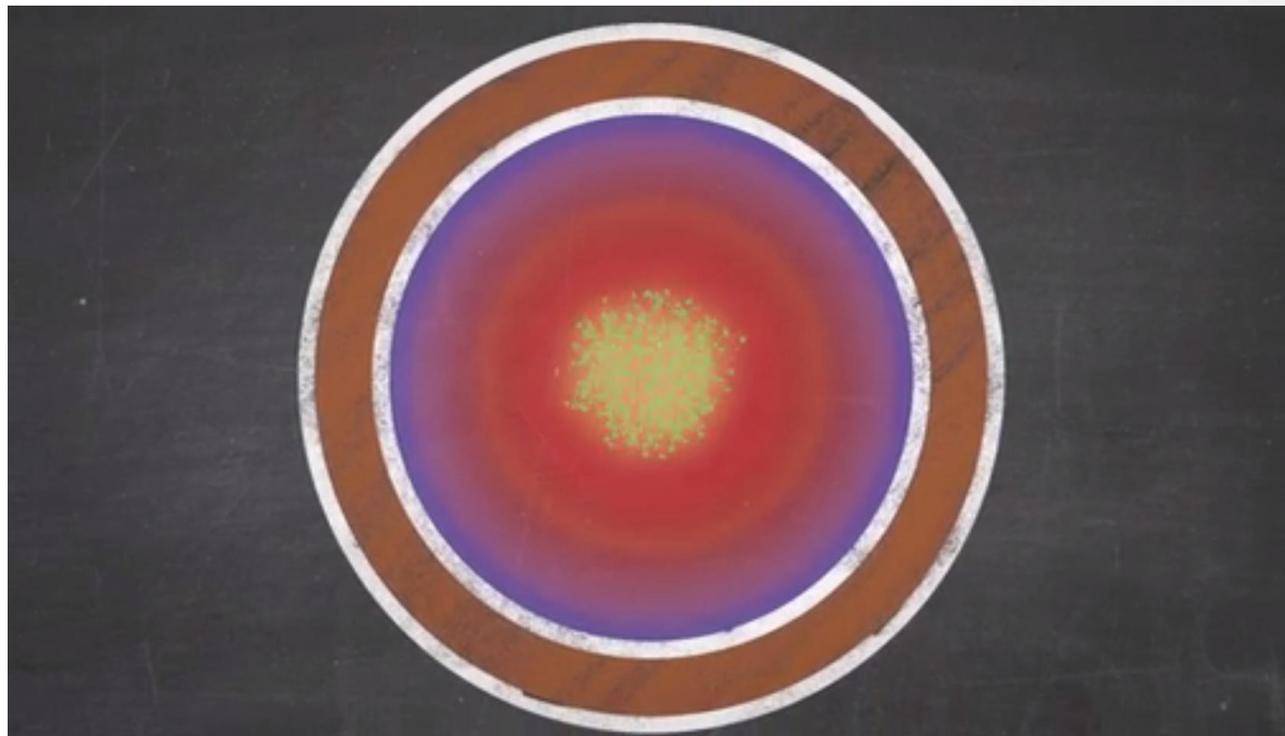
# L'électro-magnétisme au cœur de la fusion nucléaire

Alain BECOULET, ITER Organization





Pour que des réactions thermonucléaires puissent se produire dans un plasma, il faut contenir les atomes dans un **volume limité**, et les maintenir à une température d'environ **100 millions de degrés**, en les empêchant de céder leur chaleur à une paroi matérielle

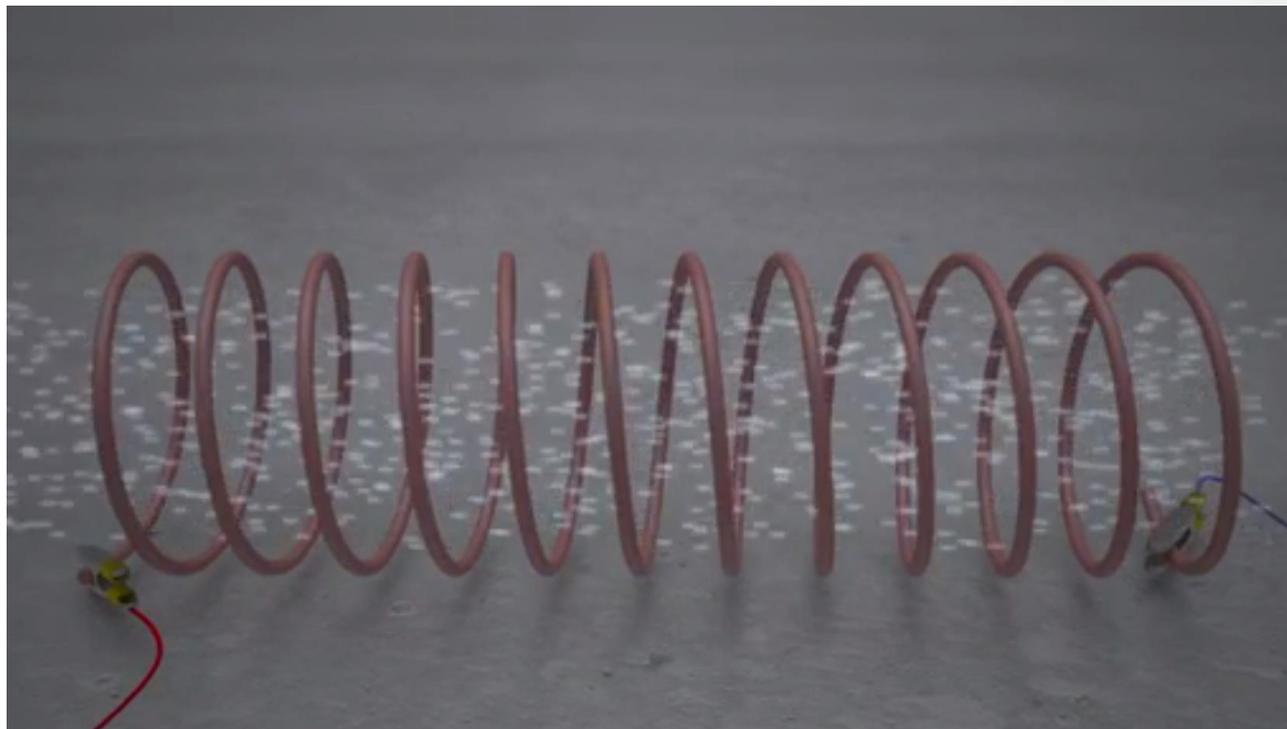




## La boîte magnétique – 1/5

Les particules chargées du plasma (noyaux et électrons) sont sensibles au **champ magnétique**.

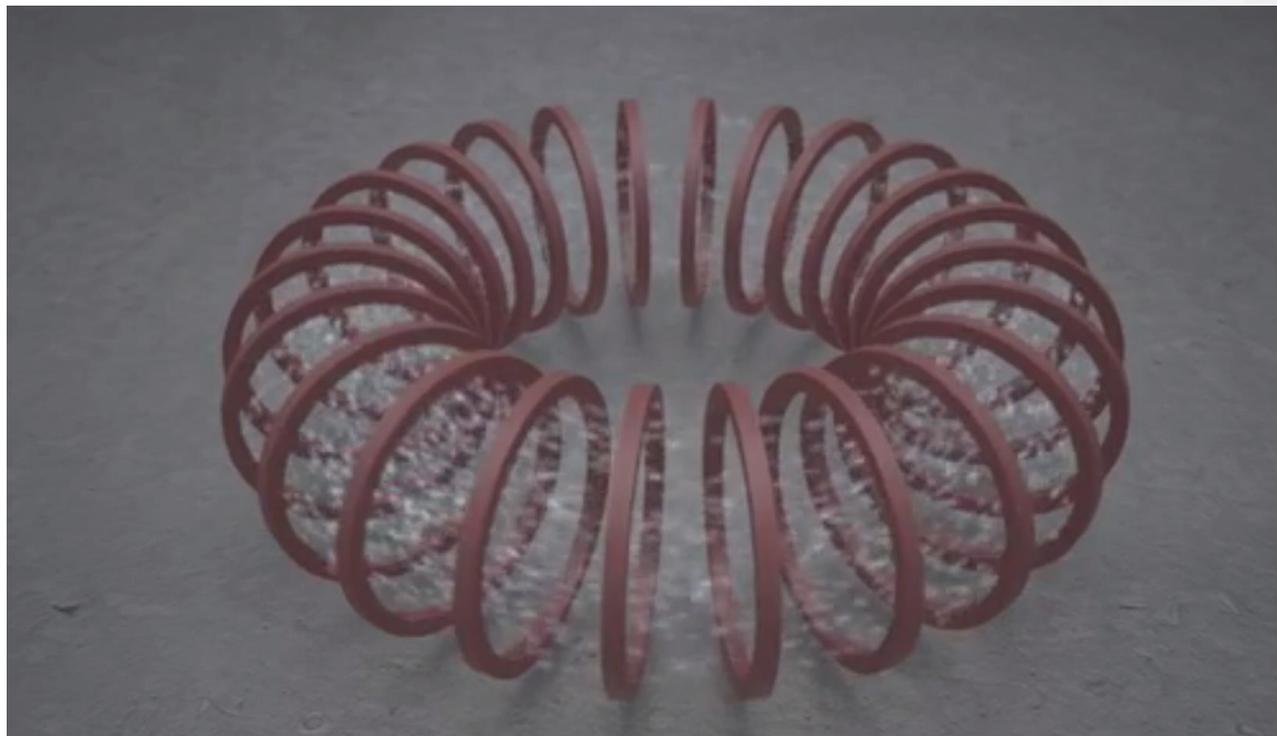
Si le plasma baigne dans un champ magnétique rectiligne, ses particules tourneront autour des lignes de champ, et ne pourront plus atteindre les parois.





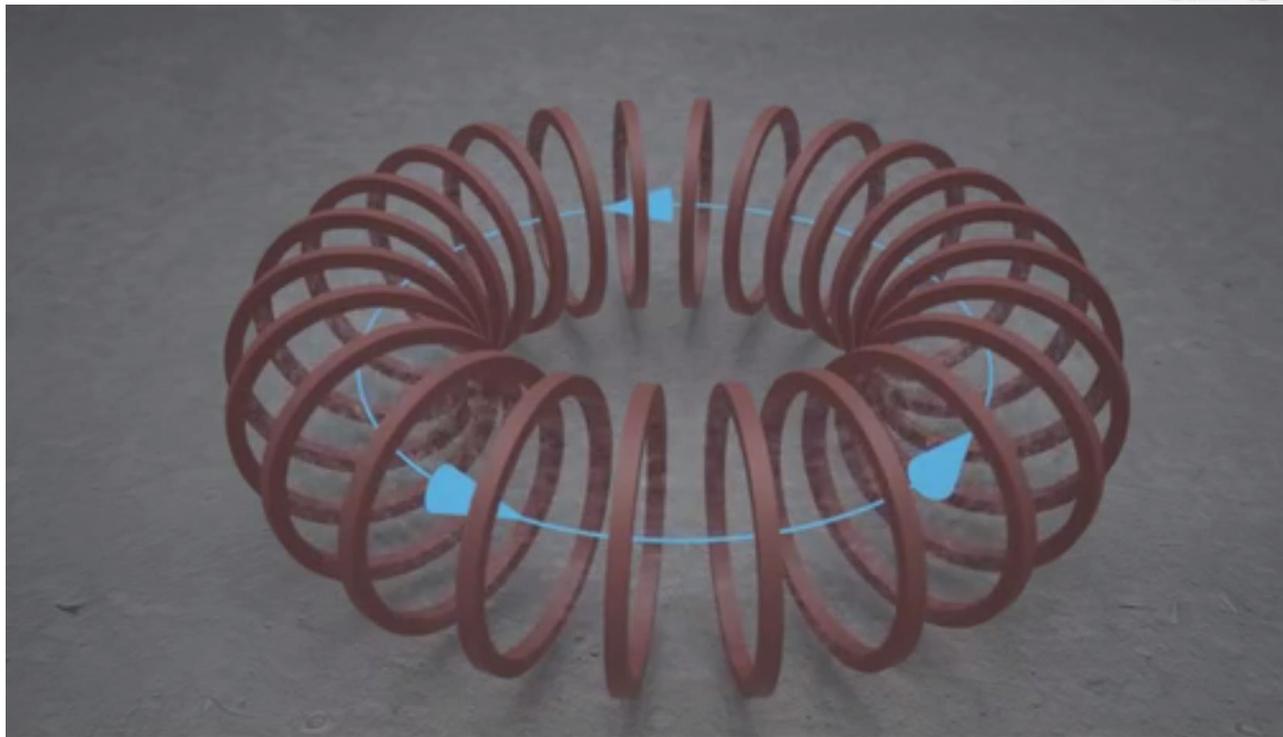
Afin d'éviter que le plasma ne s'échappe aux extrémités, on referme la boîte magnétique sur elle-même, pour former une cage **torique**.

Le champ magnétique ainsi créé par une série d'aimants verticaux entourant le plasma est nommé **champ magnétique toroidal**



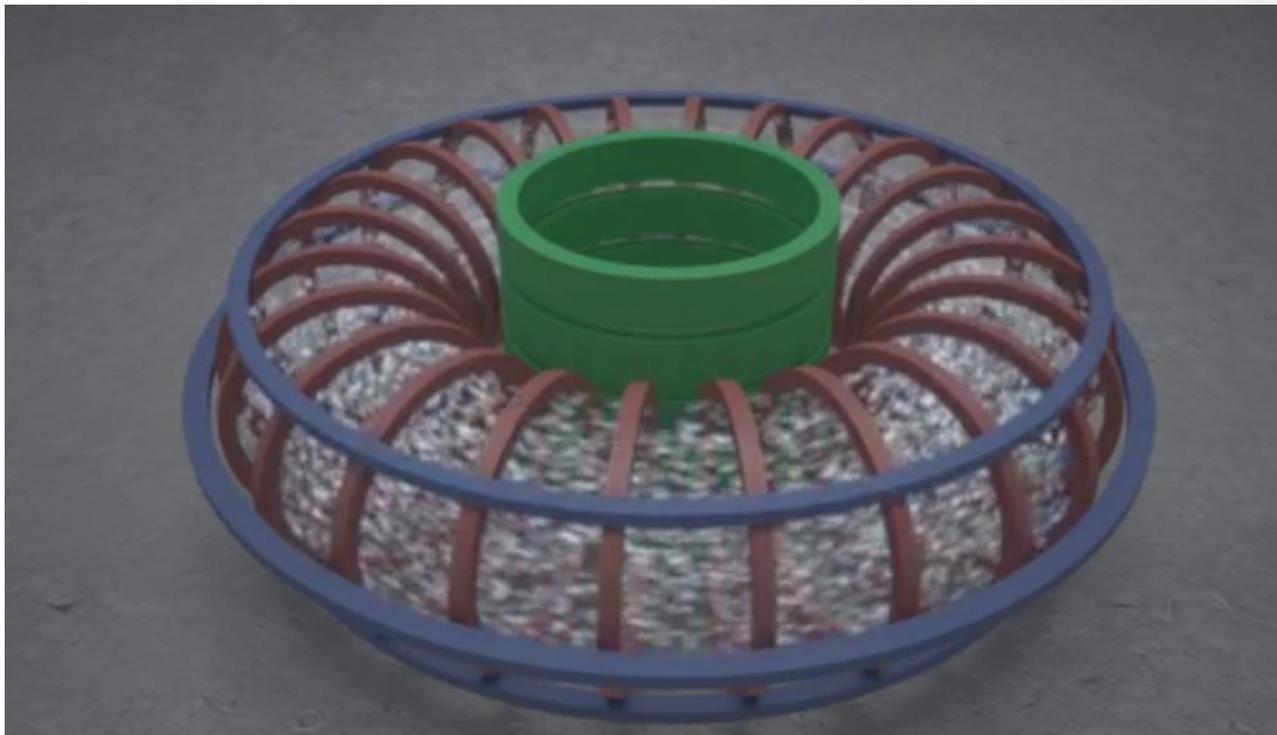


Un **courant électrique toroidal intense** parcourt ensuite le plasma, générant un **champ magnétique dit poloidal**, qui participe également au confinement





D'autres bobines sont ajoutées afin de contrôler la forme du plasma



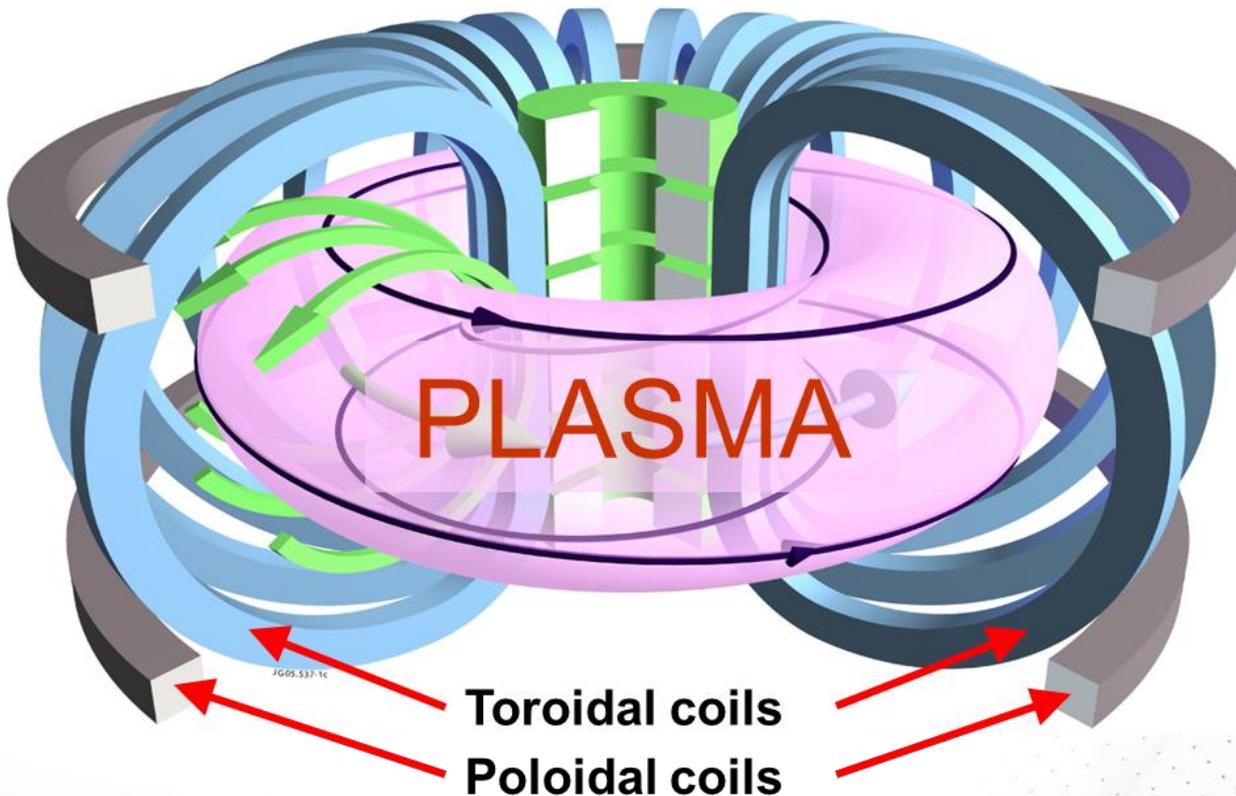


Les lignes de champ  
résultant ont finalement  
**une forme d'hélice**

C'est la  
**Configuration Tokamak**  
(**Toroydal'naya Kamera i**  
**Magnitnaya Katushka**)



# Le tokamak





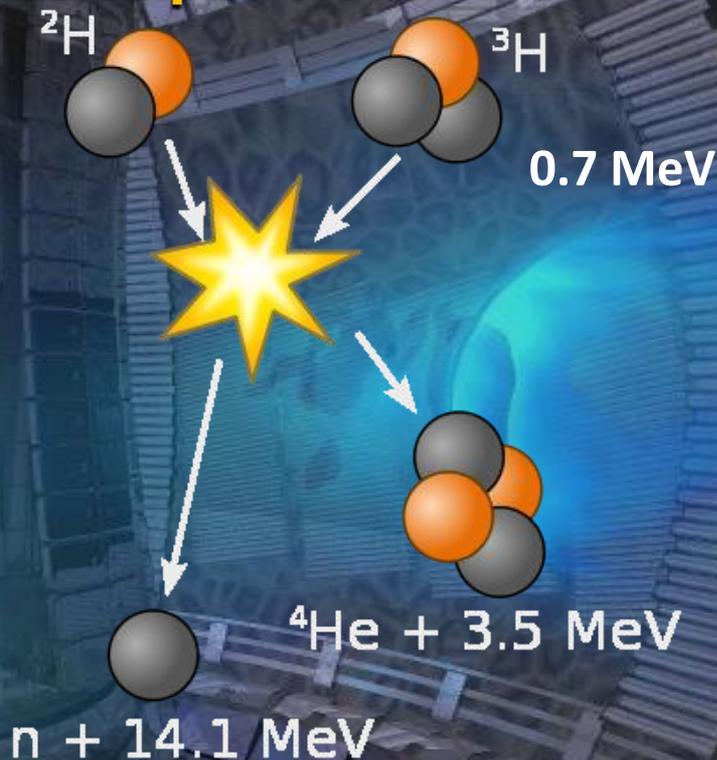
# La fusion sur Terre

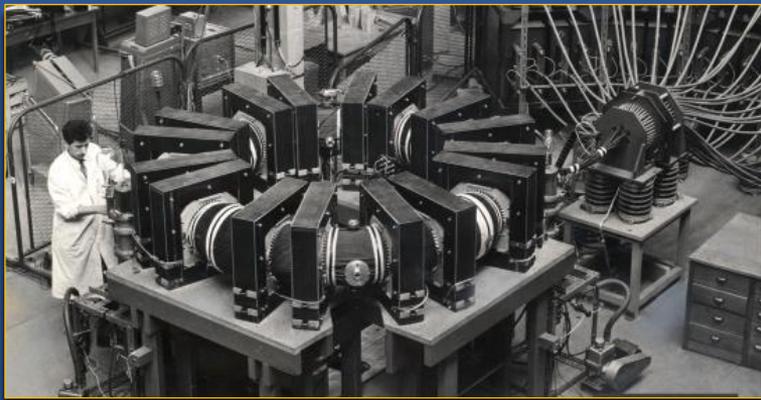
**1 gramme de DT = 8 tonnes de pétrole**

La fusion peut être obtenue à partir de différentes combinaisons de noyaux légers.

En l'état présent de la technologie, c'est la réaction deutérium + tritium (isotopes de l'hydrogène) qui est la plus accessible.

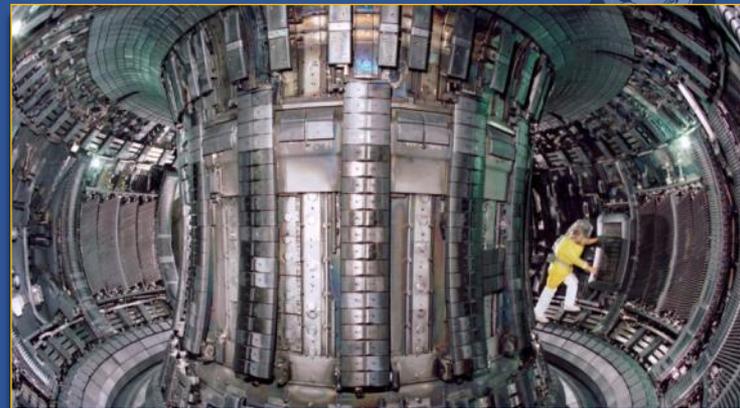
Les tokamaks se sont imposés dès la fin des années 60 comme les plus performantes des machines de fusion.





▶ TA-2000,  
France,  
1957

▶ JET, Euratom,  
1983-présent  
(Opérations DT)



▶ JT-60SA  
Japan-UE  
Mise en  
service 2020



▶ Tore Supra,  
CEA-Euratom  
1988-présent  
(devient WEST,  
banc d'essai  
d'ITER)





# Ce qu'ITER apporte

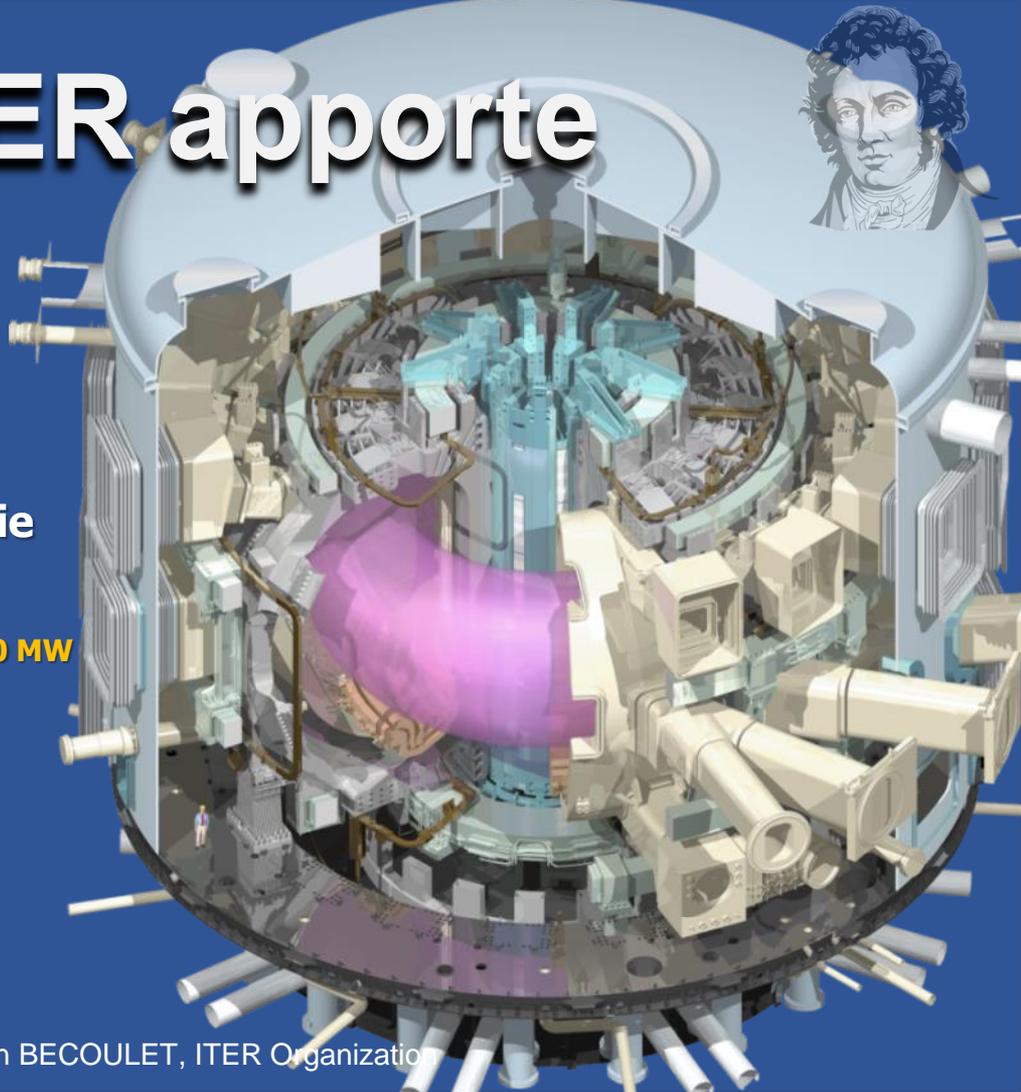


**ITER doit démontrer la maîtrise des technologies requises par un réacteur de fusion;**

**Une fois "allumé", le plasma deutérium-tritium doit générer 10 fois plus d'énergie qu'il n'en aura reçu;**

**Puissance de chauffage 50 MW ► Puissance de fusion 500 MW**

**ITER est une étape indispensable pour préparer les réacteurs de fusion commerciaux.**



# Une cage magnétique géante

Générés par un système d'aimants supraconducteurs, des champs magnétiques très puissants confinent le plasma et le maintiennent à l'écart des parois de la chambre à vide.

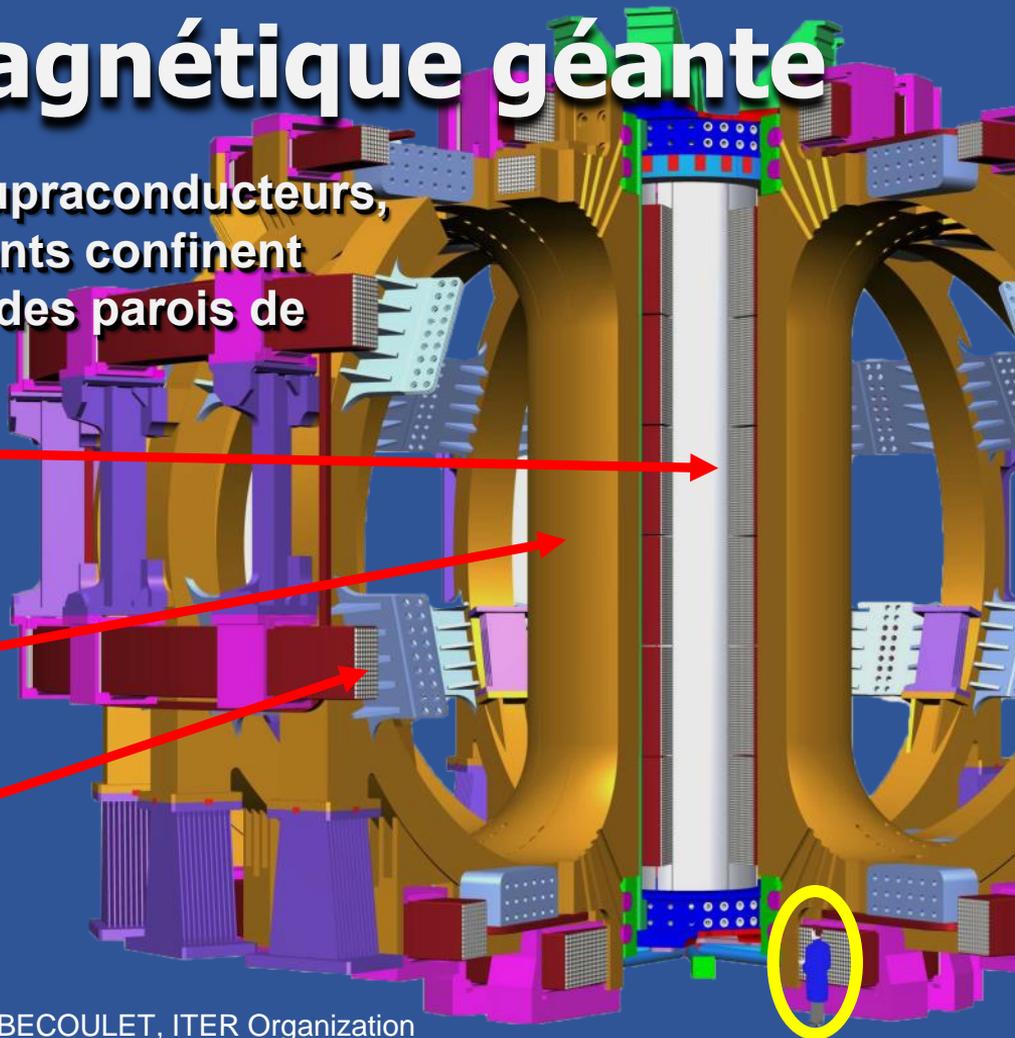
1 solénoïde central, 1 000 tonnes

18 m. de haut, 300 000 fois le champ magnétique terrestre

18 bobines de champ toroïdal,

17 m. de haut, 360 tonnes chacune

6 bobines de champ poloïdal de 8 à 24 mètres de diamètre





## Alimentation réseau:

ligne EDF 400kV; 100MW continu + 500MW pulsé  
> 10 kms de busbars

**Courant bobines toroïdales -> 68 kA**

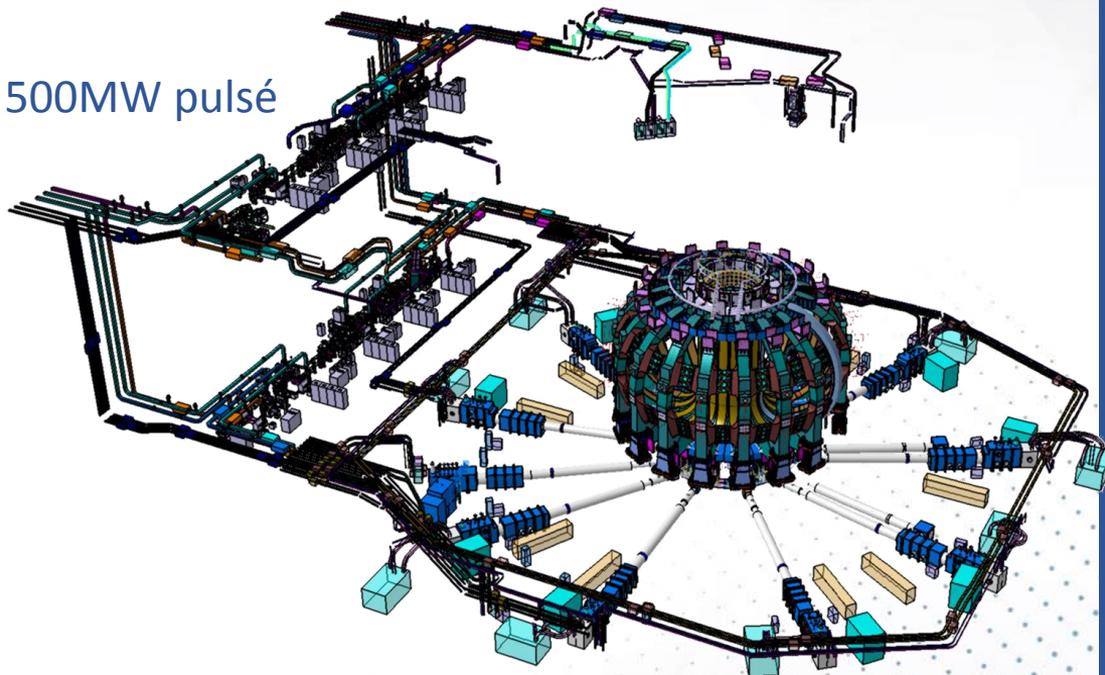
Btor > 5T sur un volume de 800m<sup>3</sup>

**Courant solénoïde central -> 45 kA**

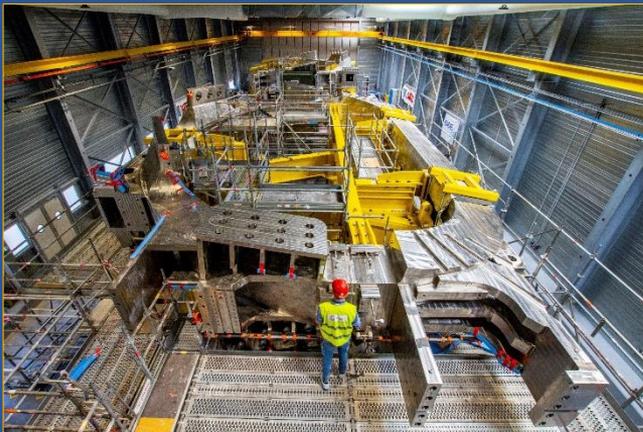
**Courant bobines poloïdales -> 55 kA**

**Énergie magnétique stockée -> 50 GJ**

**Courant Plasma 15-17 MA**



# Équiper avant l'assemblage



Les bobines de champ toroidal n°9 et 12 récemment livrées sont en cours d'équipement, préalablement aux opérations de pré-assemblage.



Livrée sur site le 26 juin, la bobine de champ poloidal n°6, fournie par l'Europe et fabriquée en Chine, s'apprête à subir une campagne de tests à très basse température.



Le secteur de chambre à vide # 6, fourni par la Corée et livré le 22 juillet, sera accouplé aux bobines de champ toroidal # 12 et 13 pour former le premier « pré-assemblage ».

# 28 juillet 2020: lancement des opérations d'assemblage



**Emmanuel Macron:**

**« ITER est un acte de confiance en l'avenir [...] Grâce à la science, demain peut être meilleur qu'hier. »**



# Objectif 2025!

<http://www.iter.org/fr>



# Merci

## de votre attention





# Questions