

Rencontre CEA Industrie

Technologie fusion

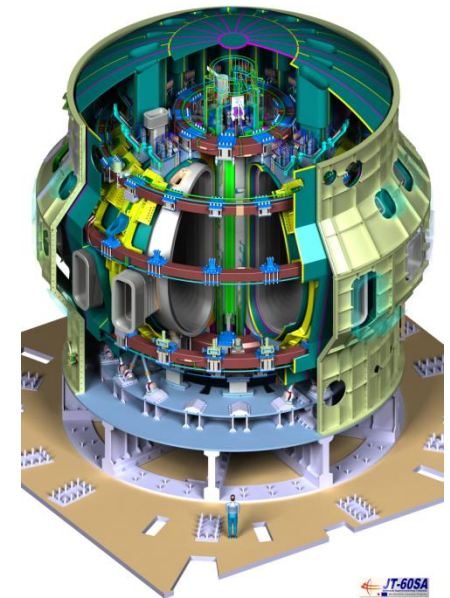
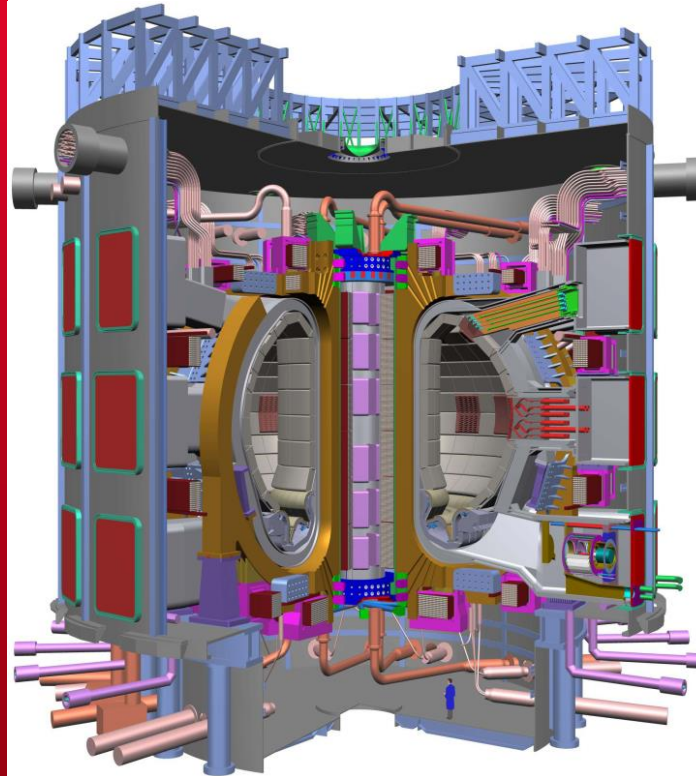
Aimants supraconducteurs

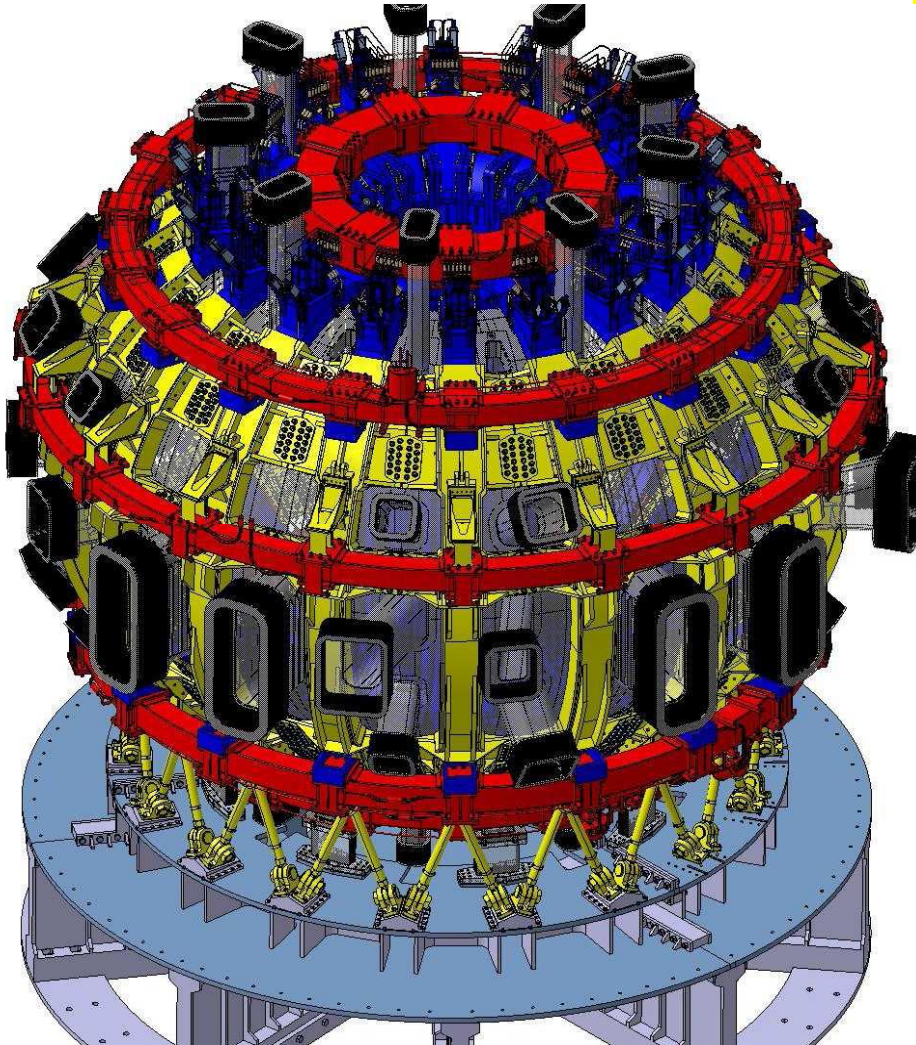
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



www.cea.fr





Système magnétique supraconducteur
18 bobines TF "voute interne"
18 structures externes
Supporte bobines EF et CS
Refroidissement 4.4 K hélium

Approche élargie d'ITER



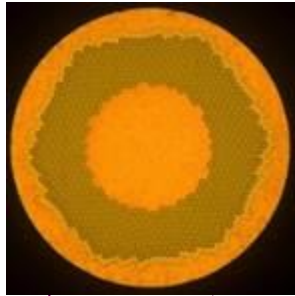
Europe doit fournir l'aimant TF

Design TF établi en collaboration
F4E, CEA, ENEA (+ Japon)

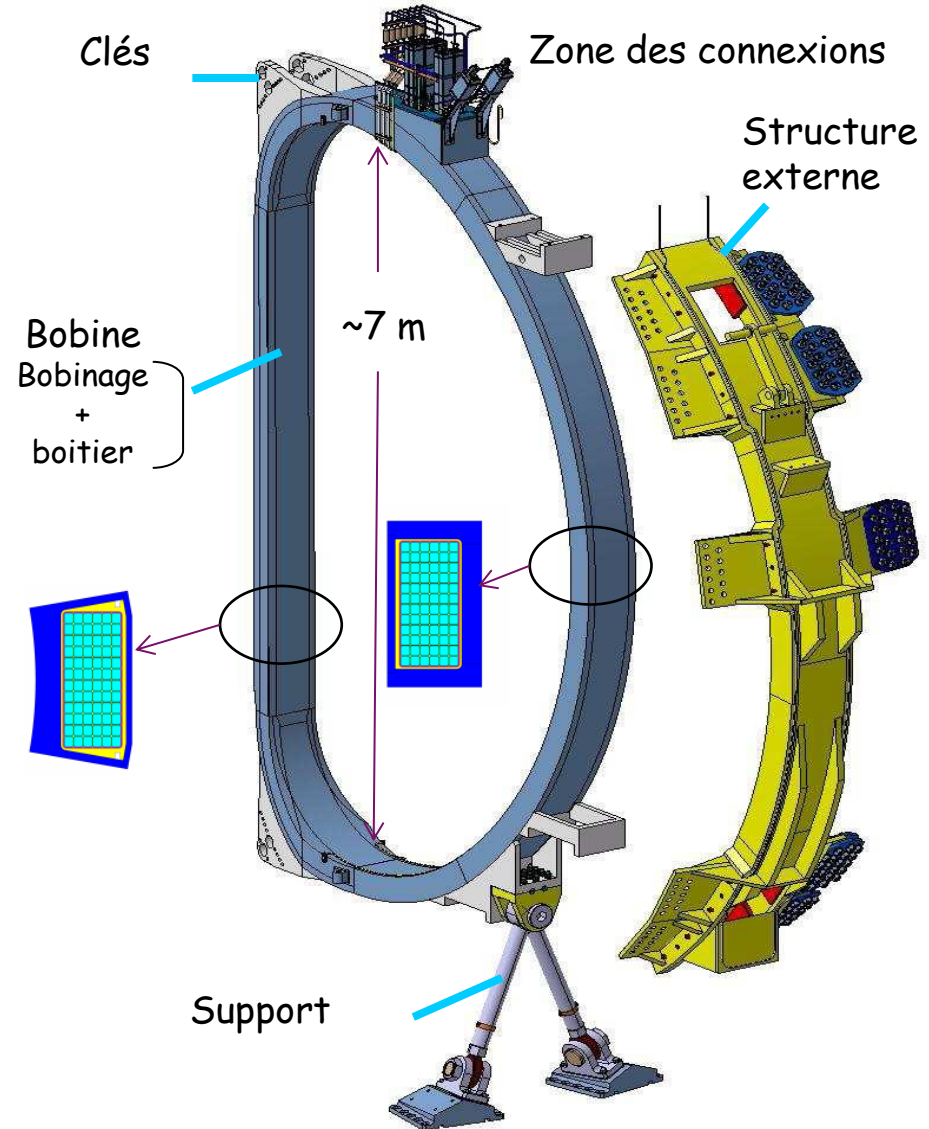
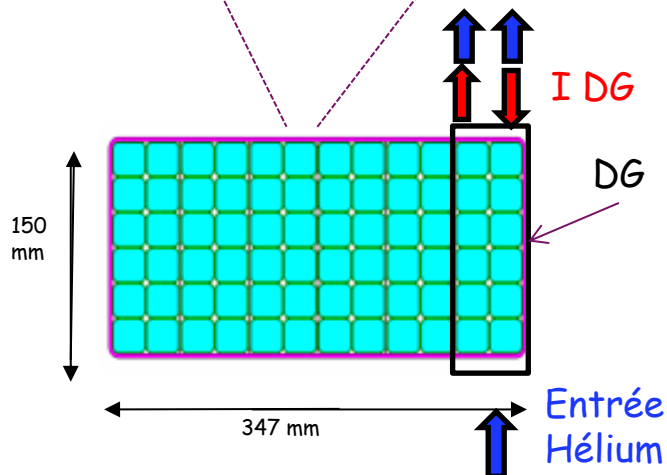
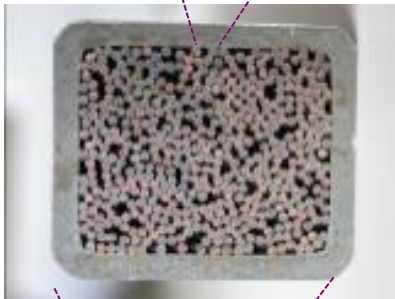
France, représentée par le CEA, est en charge de la **maitrise d'oeuvre** pour la fabrication de bobines TF

JT-60SA BOBINES DE CHAMP TOROIDALES

Brin NbTi
 $\varnothing$ 0,81 mm
~ 8000 Filaments
 $\varnothing$ 6 μ m



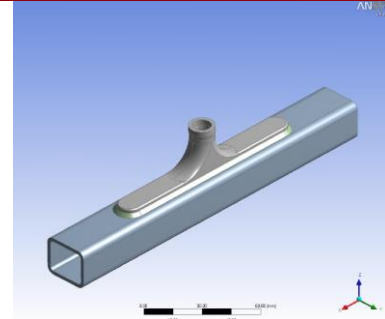
Conducteur CICC
324 brins NbTi
+ 162 brins Cu
Gaine 316L 2 mm



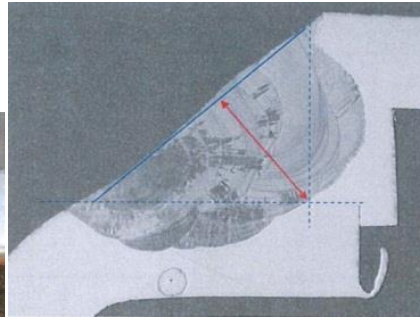
Problématique Entrées He

Géométrie soudure sans défaut
Pas de dégradation supraconducteur
Minimisation des contraintes résiduelles

non contrôlable



Developpement process
de soudure double passe

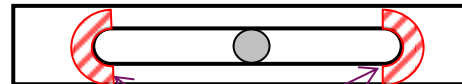


Maquettes (Alstom, Belfort, Institut de soudure)

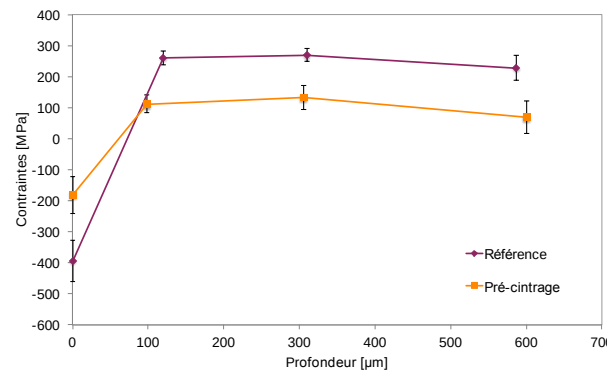
Minimisation contraintes entrées hélium
(durée de vie ~ 36000 cycles)

Process de pré cintrage

Détermination des contraintes résiduelles Xdiff
(ENSAM, Aix en Provence)



Zones critiques



Tests CEA brins extraits
du conducteur a 4,5K



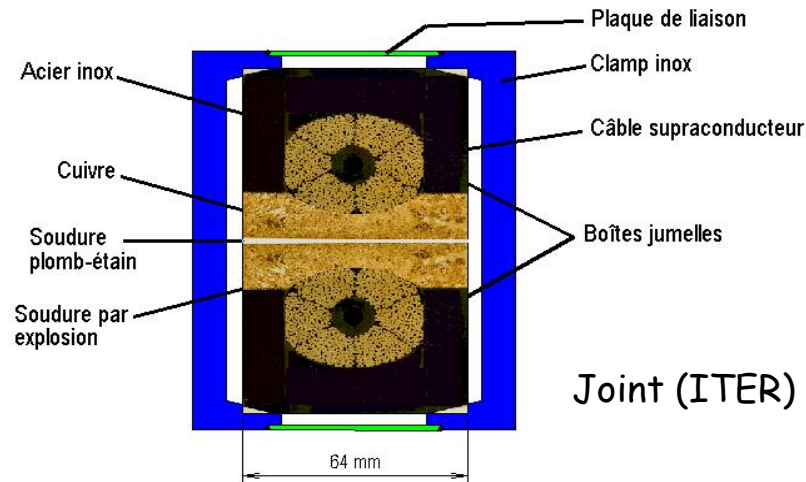
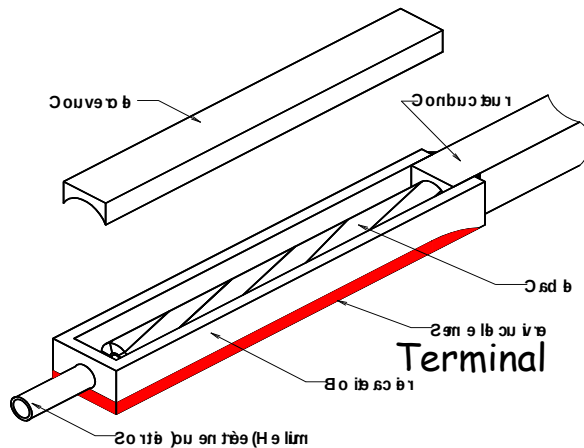
Connexion électrique entre câbles supraconducteurs

Resistive, sous fort courant avec circulation Hélium interne

Développements CEA des joints « twin box »



Plaque de base 316L/CU
soudée par explosion
(Nobelclad, Rivesaltes)



Version monobloc spécifique JT-60SA

Qualification:

- Résistance électrique $< 2n\Omega$ sous 25000 A
- Etanchéité Hélium
- Résistance mécanique tension, cisaillement....

Technologie et process transféré à l'industrie (Alstom, Belfort)



Cintrage des conducteurs

Formage pour le bobinage en « D »

Machine de bobinage des ULs
(240 m) avec en ligne:

- Redressement du conducteur
- Dégraissage
- Cintrage
- Sablage
- isolation

Précision ~ 1 mm sur un D de 7 m
(Alstom, Belfort)



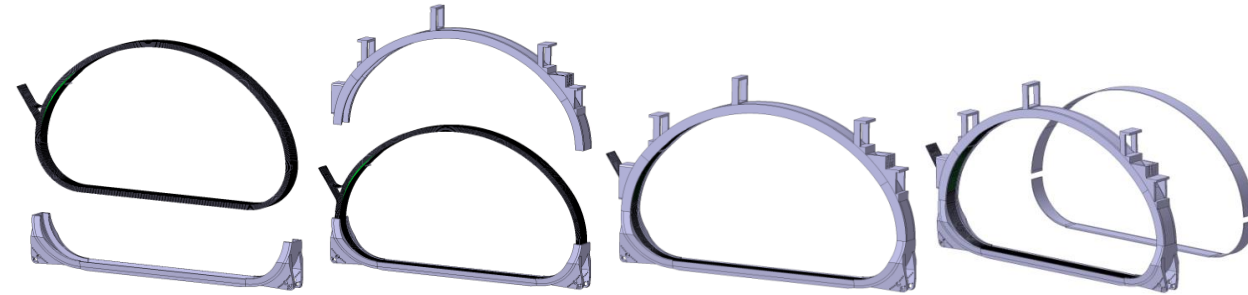
Cintrages complexes

conducteurs d'alimentation des bobines:
± 2 mm sur le positionnement des terminaux
(Solution F, Venelles)



CEA Industrie 30 octobre 2014/ P. Decool

Séquence d'insertion du bobinage et fermeture du boîtier

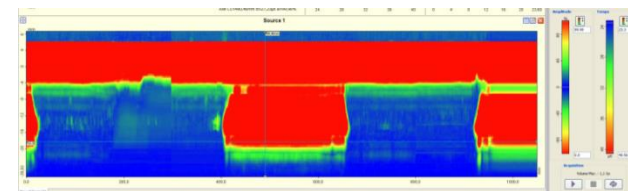
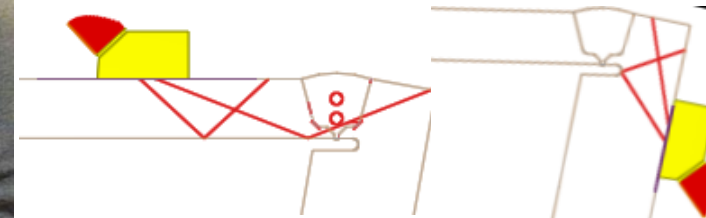


Soudure boîtier

- Pas de dégradation bobinage
- Soudure pleine pénétration
- Minimisation des déformations
- Contrôle 100%

Développement robot de soudure

TIG double tête semi automatique
(Polysoude, Nantes)



Développement contrôles US (Institut de soudure)

Qualifications sur maquettes (Alstom, Belfort)



Le CEA est engagé dans la fabrication des aimants supraconducteurs de grosses machines de fusion (JT-60SA, ITER)

Ces composants font appel à des technologies qui concernent des domaines variés comme l'échantillon cité ici:

- La soudure fine sur câbles supraconducteurs
- La fabrication de connexions électriques des supraconducteurs
- Le formage des conducteurs
- La soudure sur fortes épaisseurs d'acier

Et beaucoup d'autres non abordés ici...

La bonne réalisation de ces fabrications uniques nécessite des outils étant en général dans les mains des industriels.

Les contrats industriels pour ces réalisations, loin des relations client-fournisseur, prennent la forme d'étroites collaborations qui permettent:

- Un partage des risques
- Le transfert des connaissances CEA
- L'accompagnement de l'industriel
- Une utilisation des capacités de laboratoire CEA au bénéfice de l'industriel