

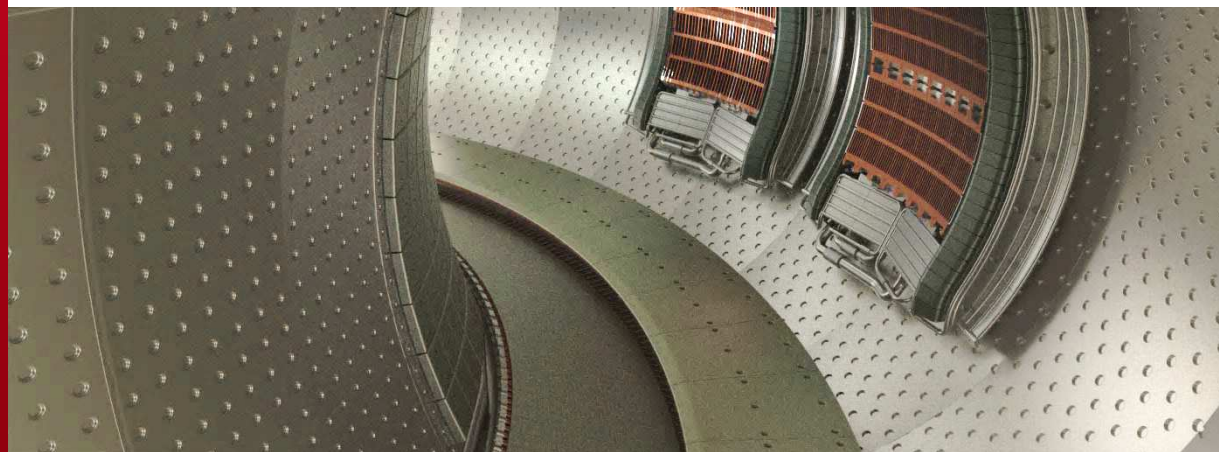
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



www.cea.fr

EXEMPLES DE COLLABORATIONS CEA - INDUSTRIES



Rencontres CEA-Industries | Jean-Marc VERGER

30 OCTOBRE 2014

- Contexte
- Technologies Clés
- Exemples de réalisation/collaboration
- Conclusions/perspectives

Le premier challenge pour la fusion Française fut la décision de construire la machine « Tore Supra » en utilisant de gros aimants supraconducteurs.

Ce challenge a pu être relevé dans les années 80, grâce à quelques industriels audacieux. Depuis chaque évolution de Tore Supra a nécessité la mise en œuvre de technologies toujours plus innovantes pour arriver aujourd'hui à WEST.

Développement des supraconducteurs

Accélérateurs
Synchrotron
IRM (Iseult)
Autres Tokamak → ITER → DEMO

Autres domaines de la « fusion »

La cryogénie / les hautes températures
L'ultra vide
Les chauffages additionnels
Les boucles de refroidissement
Matériaux et process spécifiques



Composants à très haut flux

Matériaux: CFC, W, CuCrZr, ...
Soudage / brasage
Usinage, mise en forme
Dépôts couches minces

Diagnostics

Mesures infrarouge
Optique, laser
Sondes diverses
Instrumentation et acquisition

Les dépôts « couches minces »

Validés:

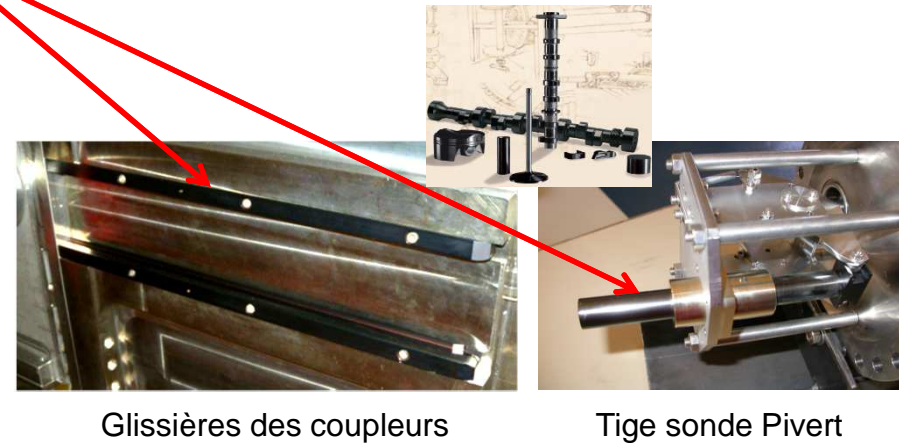
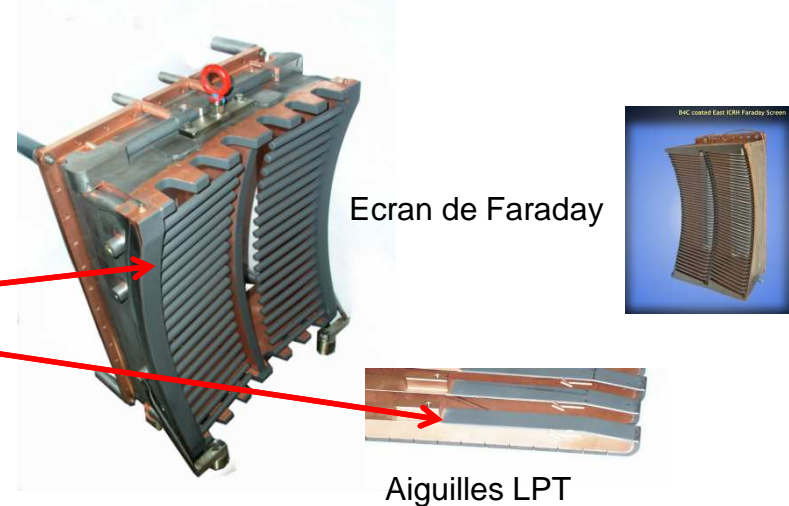
✓ Le B₄C ou carbure de Bore
résistance exceptionnelle à l'usure et à l'abrasion
faible conductivité thermique
bonne tenue en température
faible émissivité

✓ Le DLC ou diamond-like carbon
excellent coefficient de glissement sous vide et forte charge
bonne tenue en température
isolant électrique

En cours de développement:

✓ Le Tungstène (W), dépôt sur inox,
CuCrZr ou graphite

✓ Le Bore (B), dépôt sur inox cuivré



Soudage et brasage complexes

✓ Le soudage Laser

✓ Le soudage FE

✓ Le brasage par induction

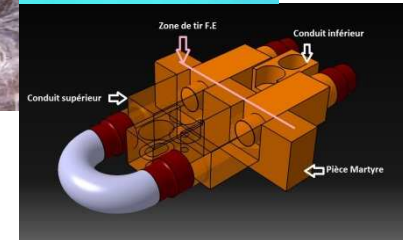
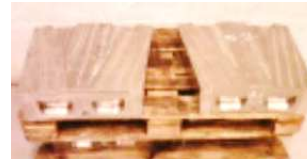
✓ Le brasage au four sous vide



Soudure Fe sur CuCrZr



Tête d'endoscope IR



Anneaux de garde



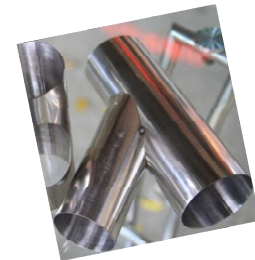
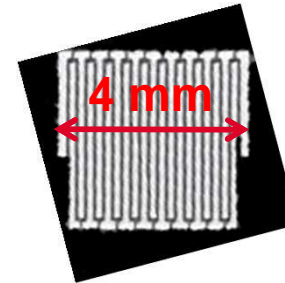
Assemblage des conducteurs des bobines divertor WEST



Hublot Béryllium

Les procédés de fabrication

- ✓ Les usinages complexes (3, 4 ou 5 axes)
- ✓ L'électroérosion (fil et enfonçage)
- ✓ La découpe laser
- ✓ L'usinage chimique
- ✓ La découpe jet d'eau
- ✓ L'électrodéposition
- ✓ Le prototypage rapide



Noyau miscible réalisé par prototypage rapide



Pièces en inox, Inconel, W, Ti

1^{er} exemple : la soudure par explosion

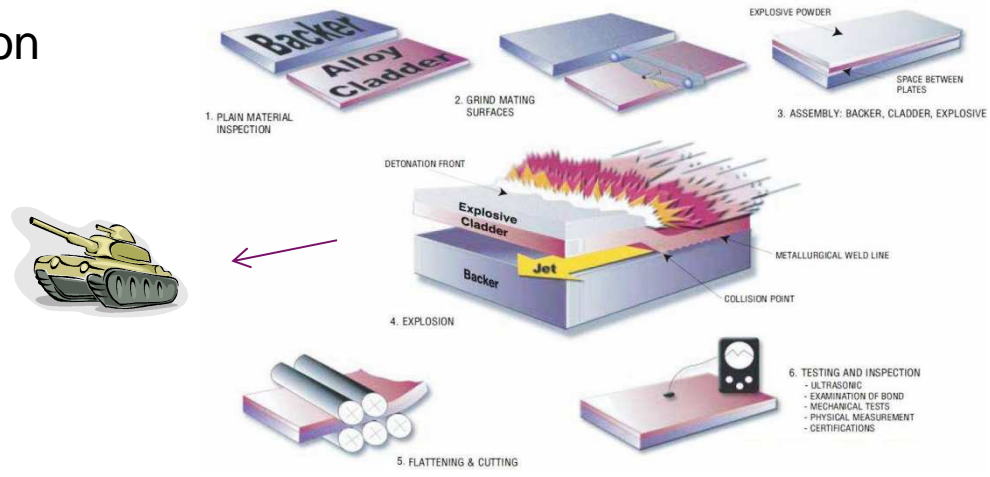
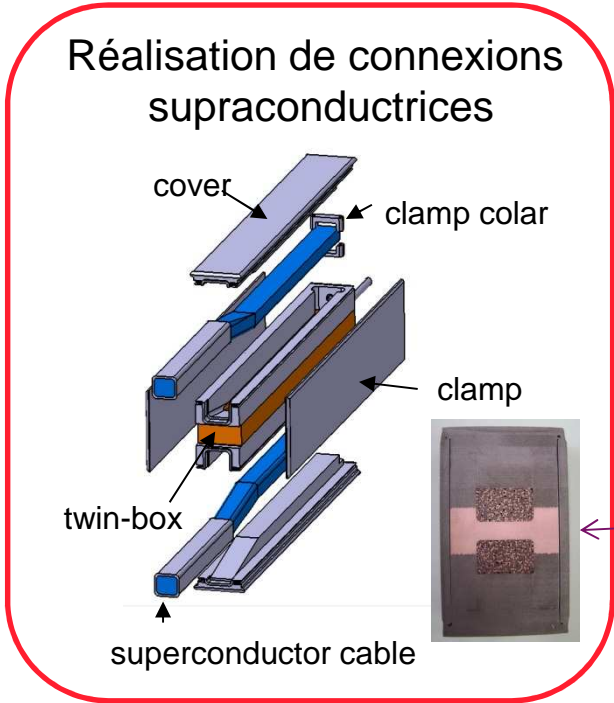
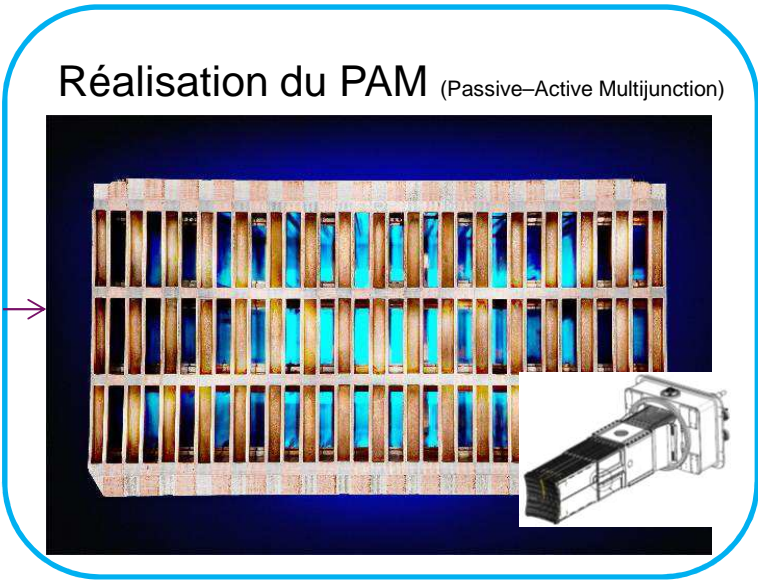
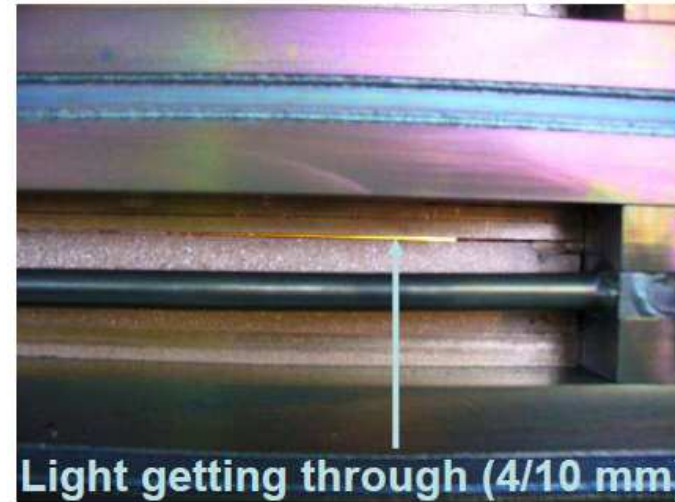


Schéma de principe (doc. DMC Nobelclad)

Inox/Cu/Inox
Cu/Inox/Cu
Inox/CuCrZr



2^{ème} exemple : le brasage au four sous vide



AVANTAGES DU PROCEDE:
Brasage sous vide de gros composants
Brasage multidirectionnel
Suivi de l'effort de pression
Possibilité de correction pendant le cycle



Brevets/Publications
Brevet N° 2949695

La période Tore Supra a permis de relever de nombreux défis et d'ouvrir la voie à la FUSION de demain.

Le projet WEST peut être considéré par les industriels comme une sorte d'avant projet ITER. Une manière d'acquérir des compétences en technologies de fusion tout en transmettant leur savoir-faire spécifique grâce à des échanges avec le CEA.

L'industriel doit être audacieux, accompagner le CEA ou offrir de nouveaux choix techniques, sans perdre de vue le critère du prix.

■ Les thématiques de collaboration CEA - Industries

- Les composants à haut flux
- L'assemblage du Tokamak (enceinte à vide, aimants, cryogénie,...)
- Les chauffages
- Les diagnostics
- La maintenance télé-opérée par le biais de la réalité virtuelle

Jean-Marc Verger
Direction des Sciences de la Matière
IRFM/SIPP
Groupe Ingénierie des Projets Mécaniques
Centre de Cadarache – Bât. 506
T. 04 42 25 44 23 / F. 04 42 2549 90

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Cadarache | 13108 Saint Paul Lez Durance Cedex
T. +33 (0)4 42 25 46 59 | F. +33 (0)4 42 25 64 21

DSM
IRFM
Service

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019