



Construction du Solénoïde CMS

Bruno LEVESY

CEA-Saclay

-
- *Caractéristiques générales*
 - *Le conducteur*
 - *Le bobinage*
 - *Les composants auxiliaires et l'assemblage sur site*
 - *Conclusions et planning*

Caractéristiques générales



Solénoïde supraconducteur

Longueur: 12.5 m

Diamètre externe: 7 m

Epaisseur: 310 mm

Poids: 225 tonnes

Champ magnétique au centre: 4 teslas

Energie stockée: 2.7 GJ

Courant nominal: 19500 A

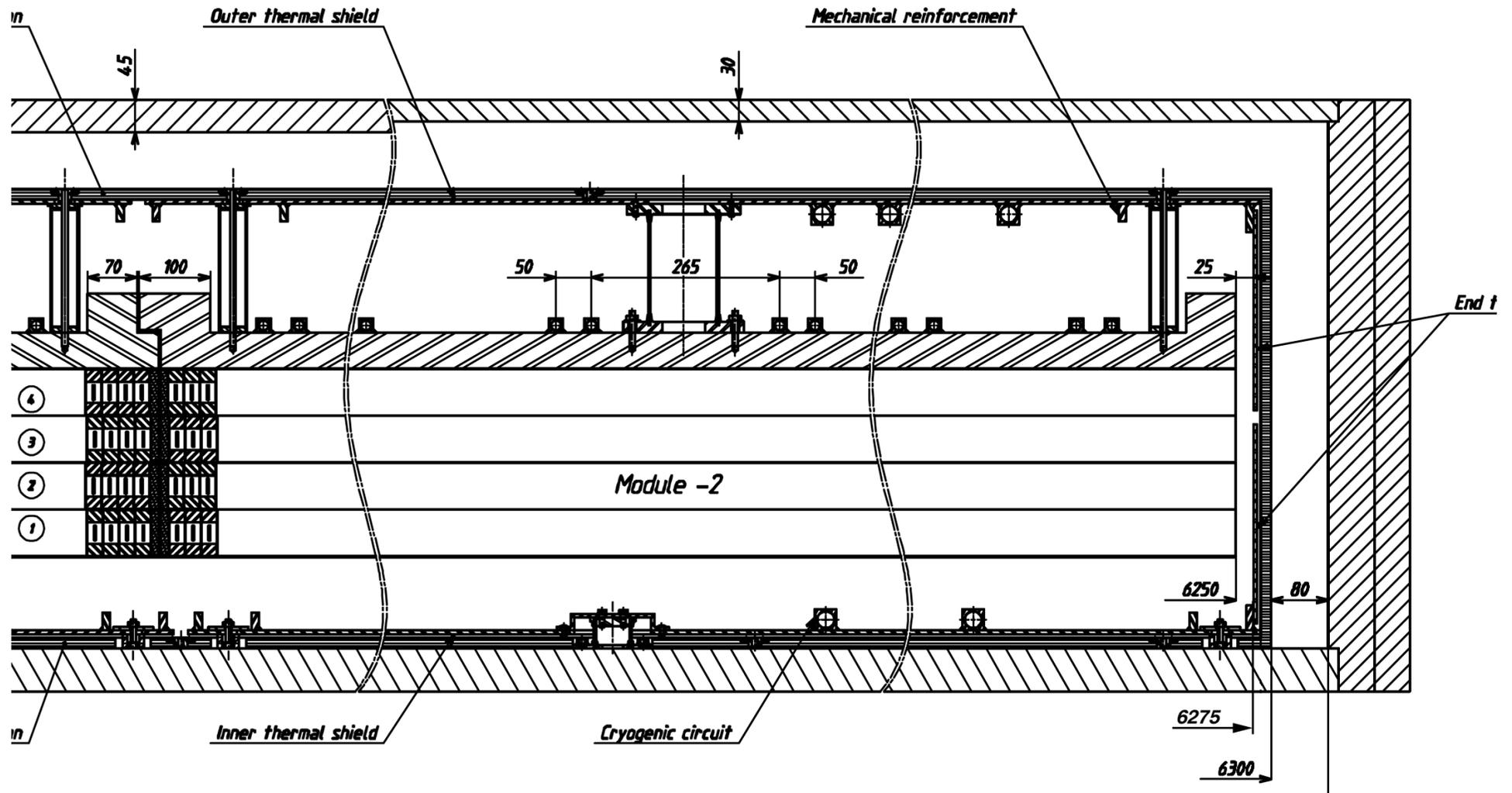
Température de fonctionnement: 4.5 K

Le plus grand solénoïde supraconducteur jamais réalisé

Vue en coupe



• Design Saclay



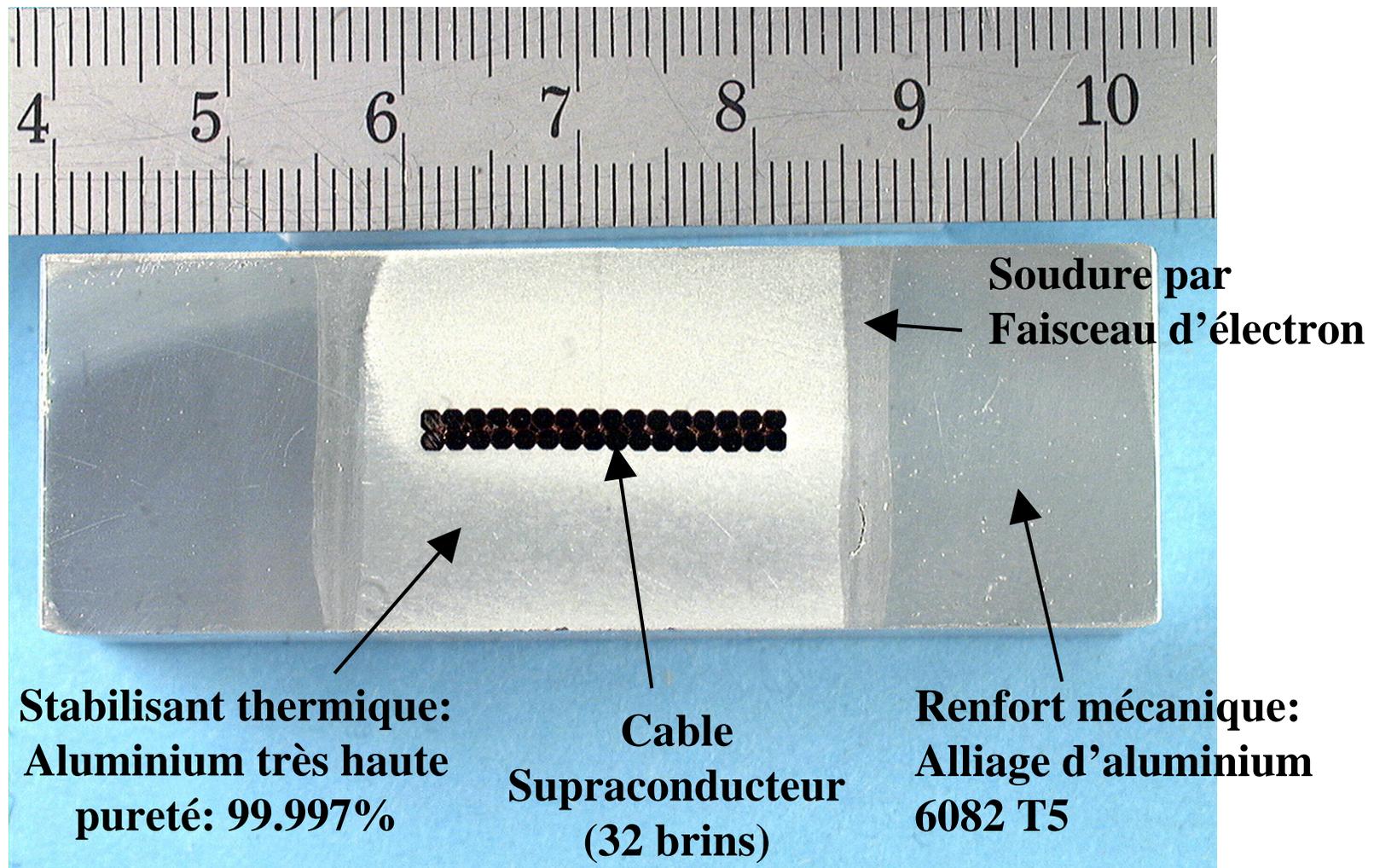


Le conducteur

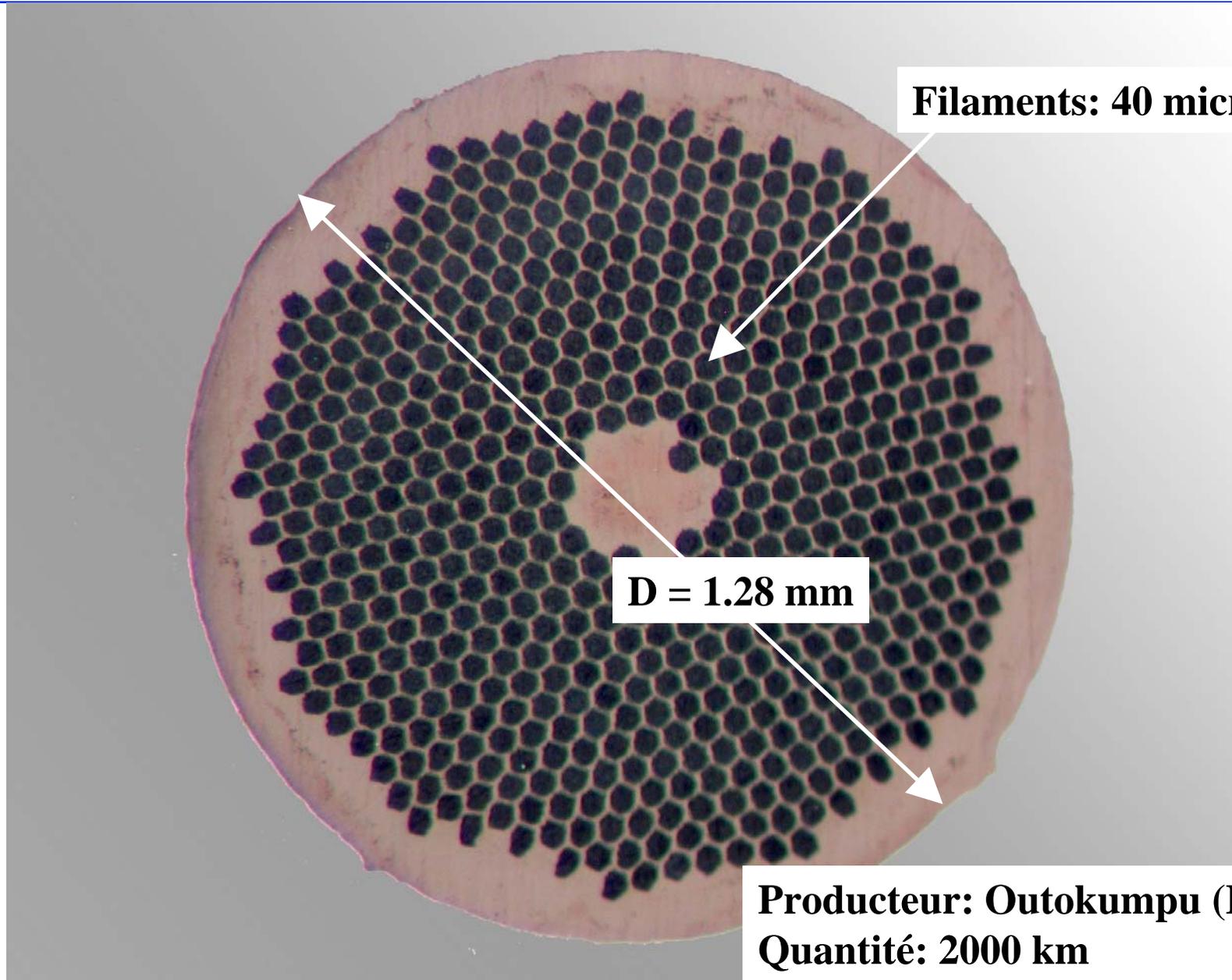
Le conducteur



- *ETH Zürich, CERN, Fermilab*

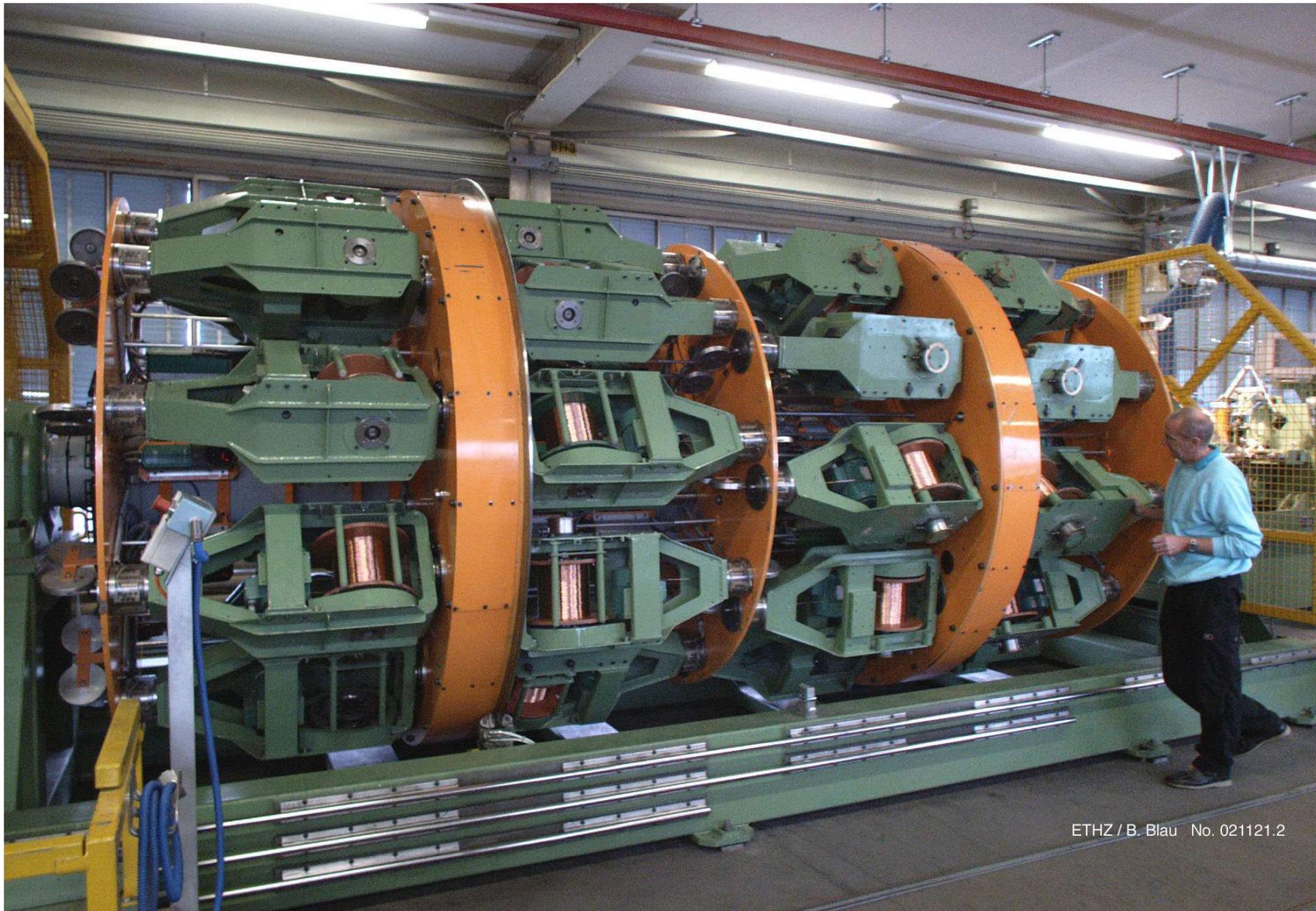


Brin supraconducteur: NbTi

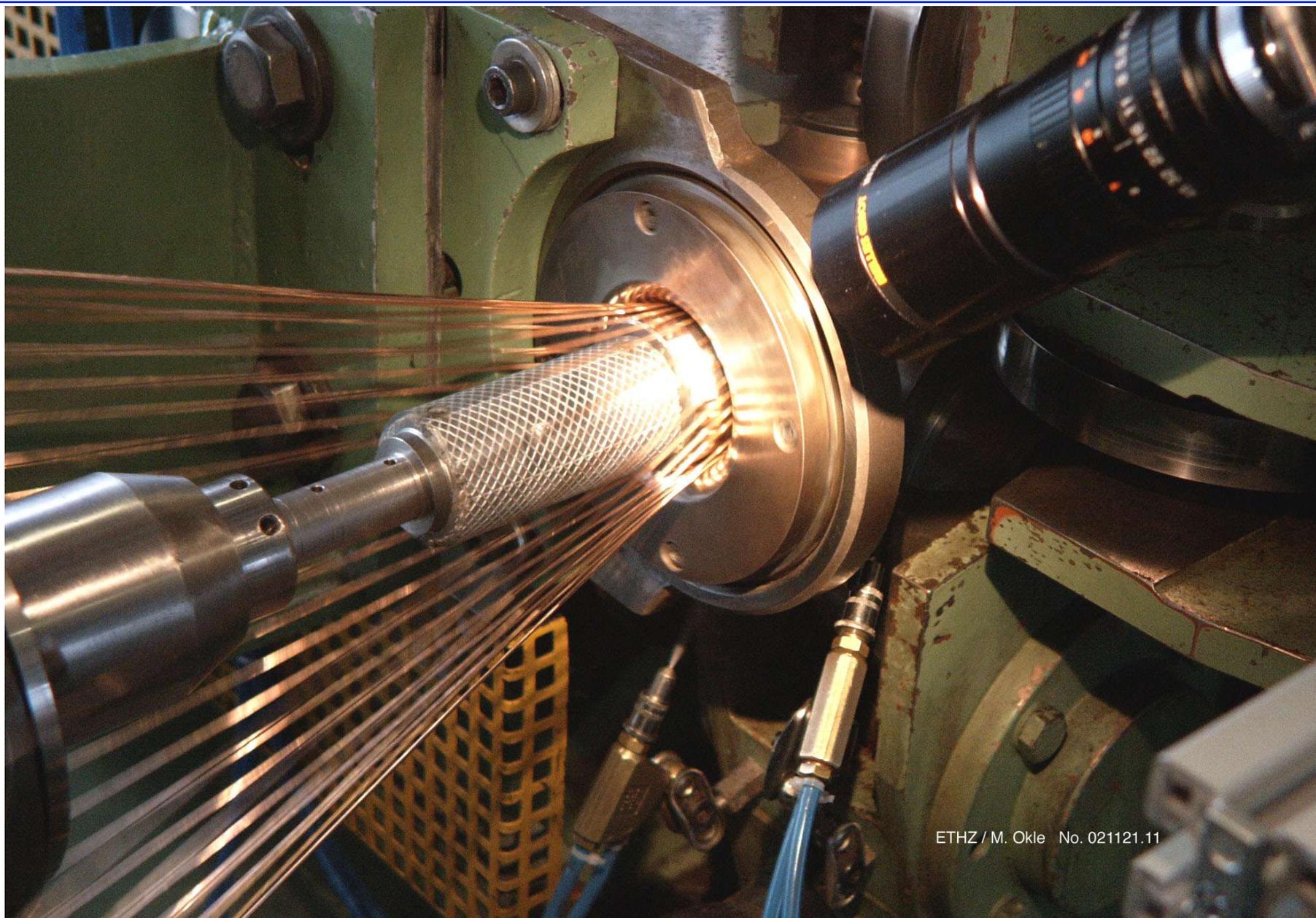


Producteur: Outokumpu (FIN)
Quantité: 2000 km

Cablage à Brugg (CH)



ETHZ / B. Blau No. 021121.2

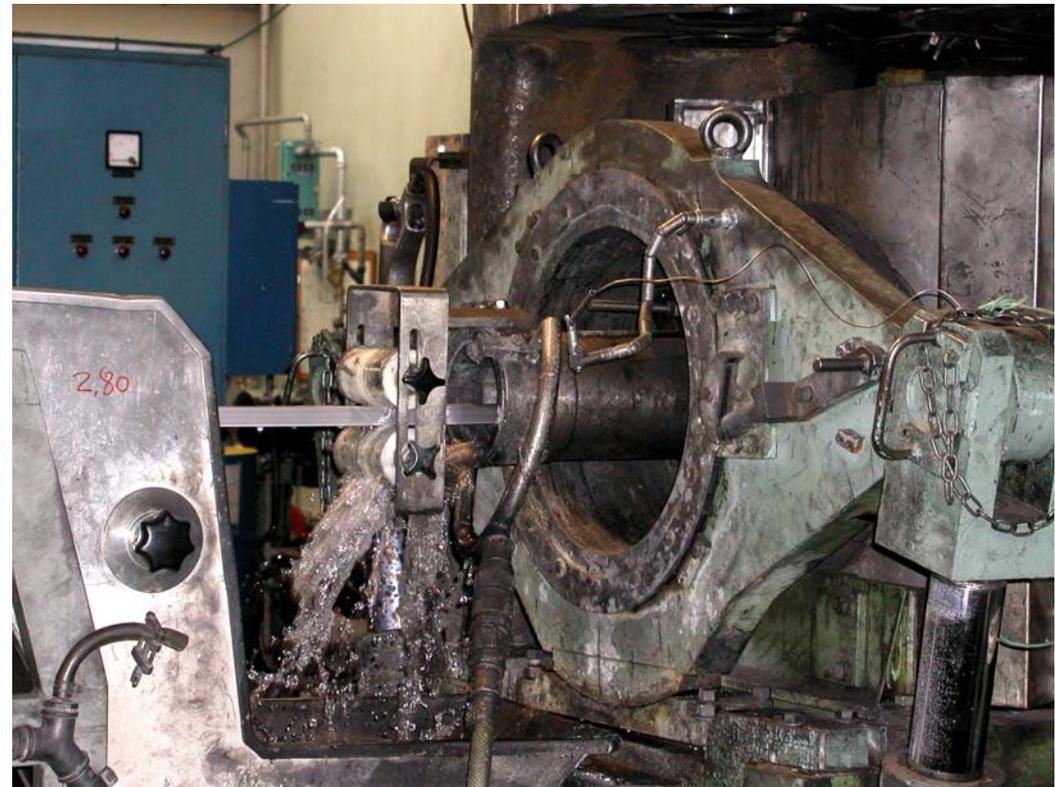


ETHZ / M. Okle No. 021121.11



KWB / 021121.24

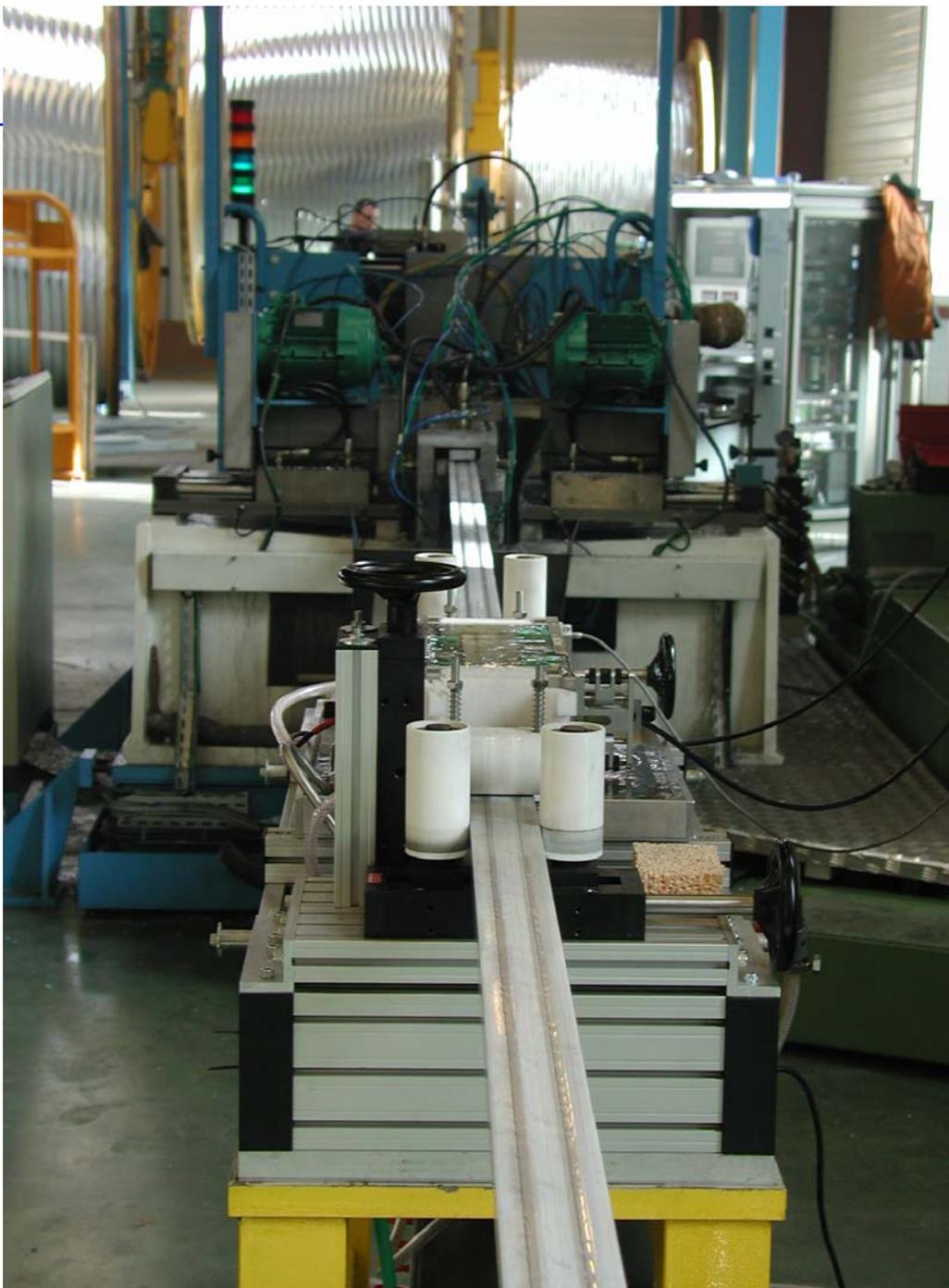
Extrusion à Cortaillod (CH)



Longueurs unitaires de conducteur: 2.5 km
Arrêt de la production interdit
Durée: env. 40 heures

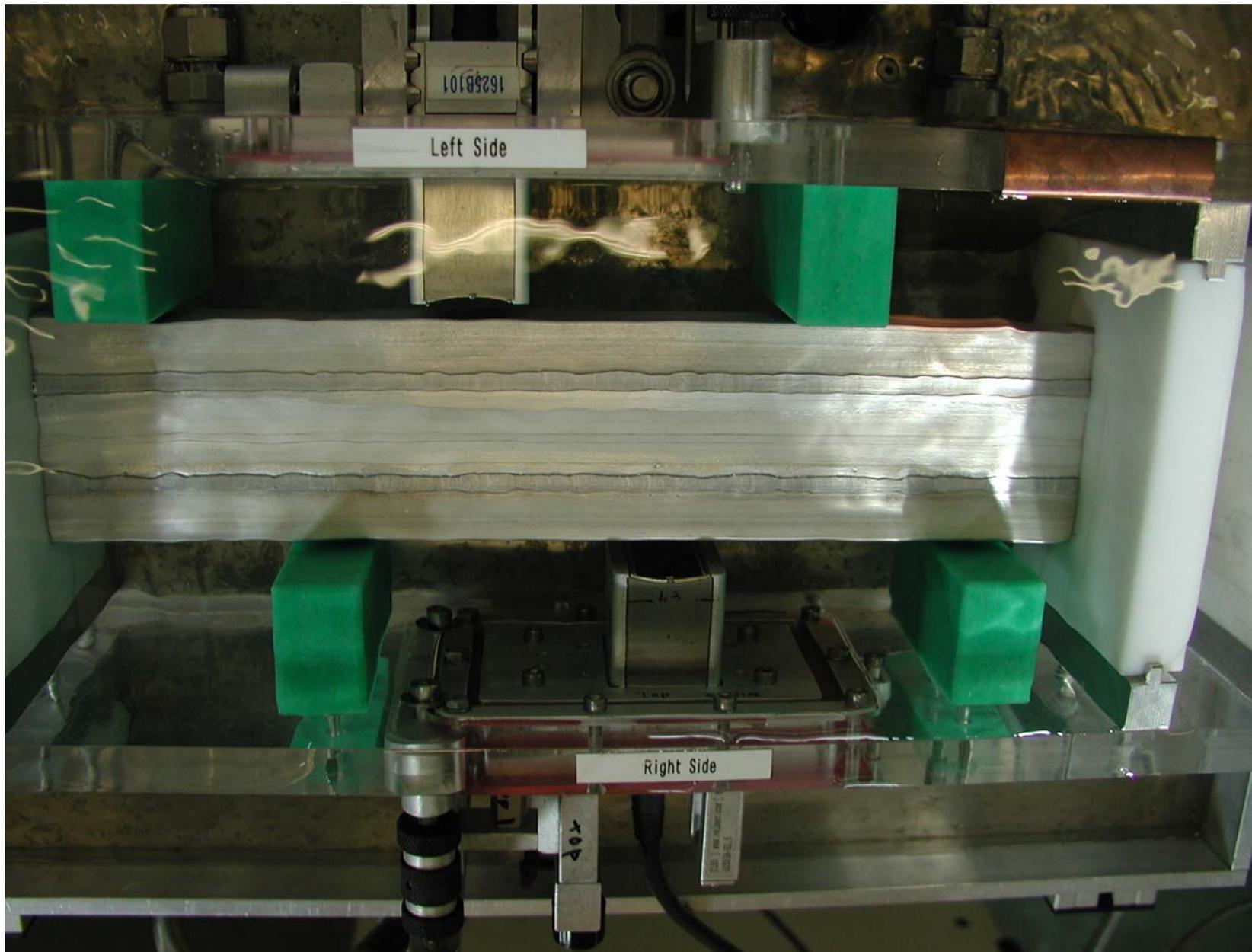
Soudage du renfort par Faisceau d'électron (Techmeta (F))





- **Production en continue**
- **Arrêts autorisés**

Soudage du renfort – Contrôle Ultrason



Le bobinage

Bobinage (INFN, Ansaldo Superconduttori)



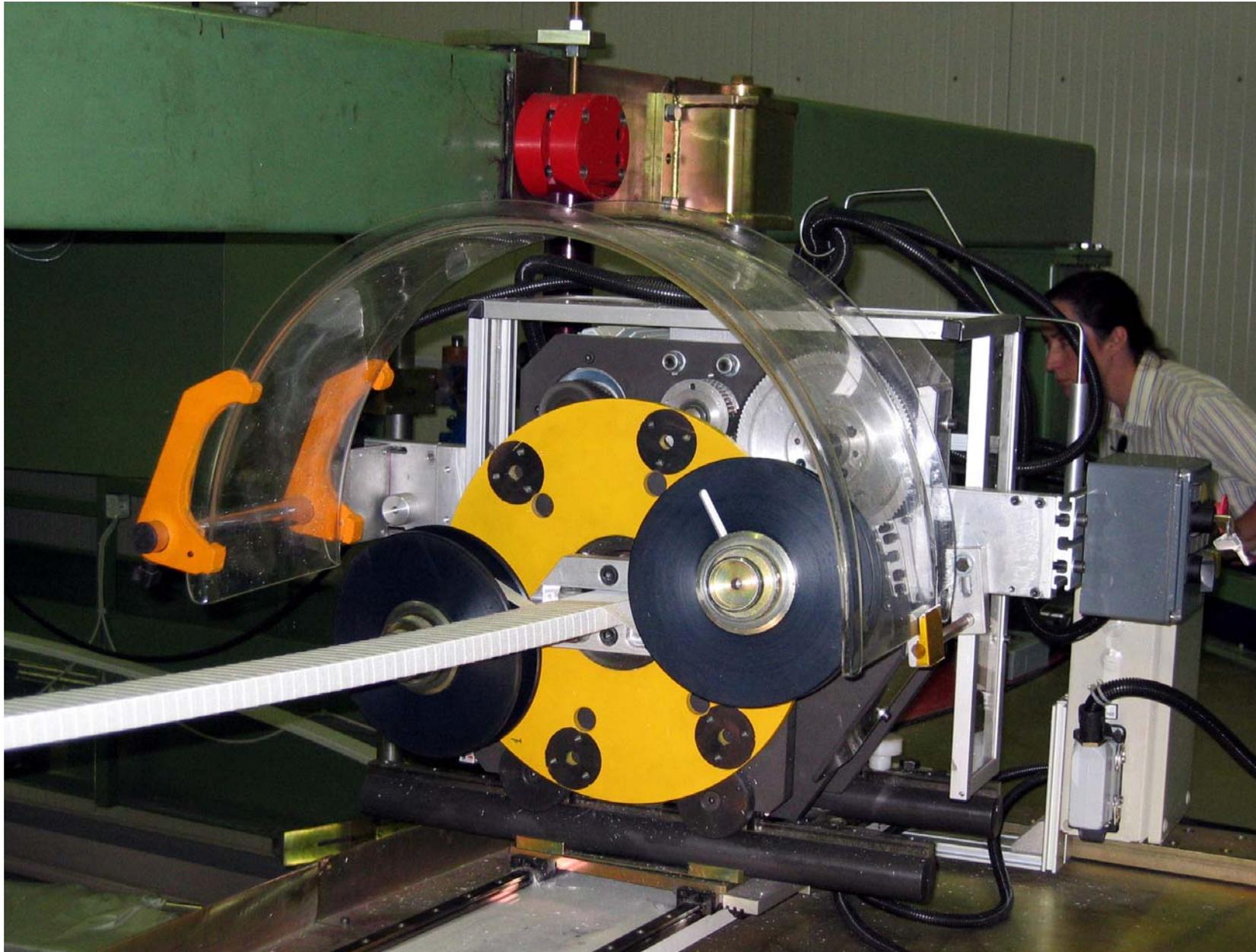
Touret de conducteur



Cintrage du conducteur

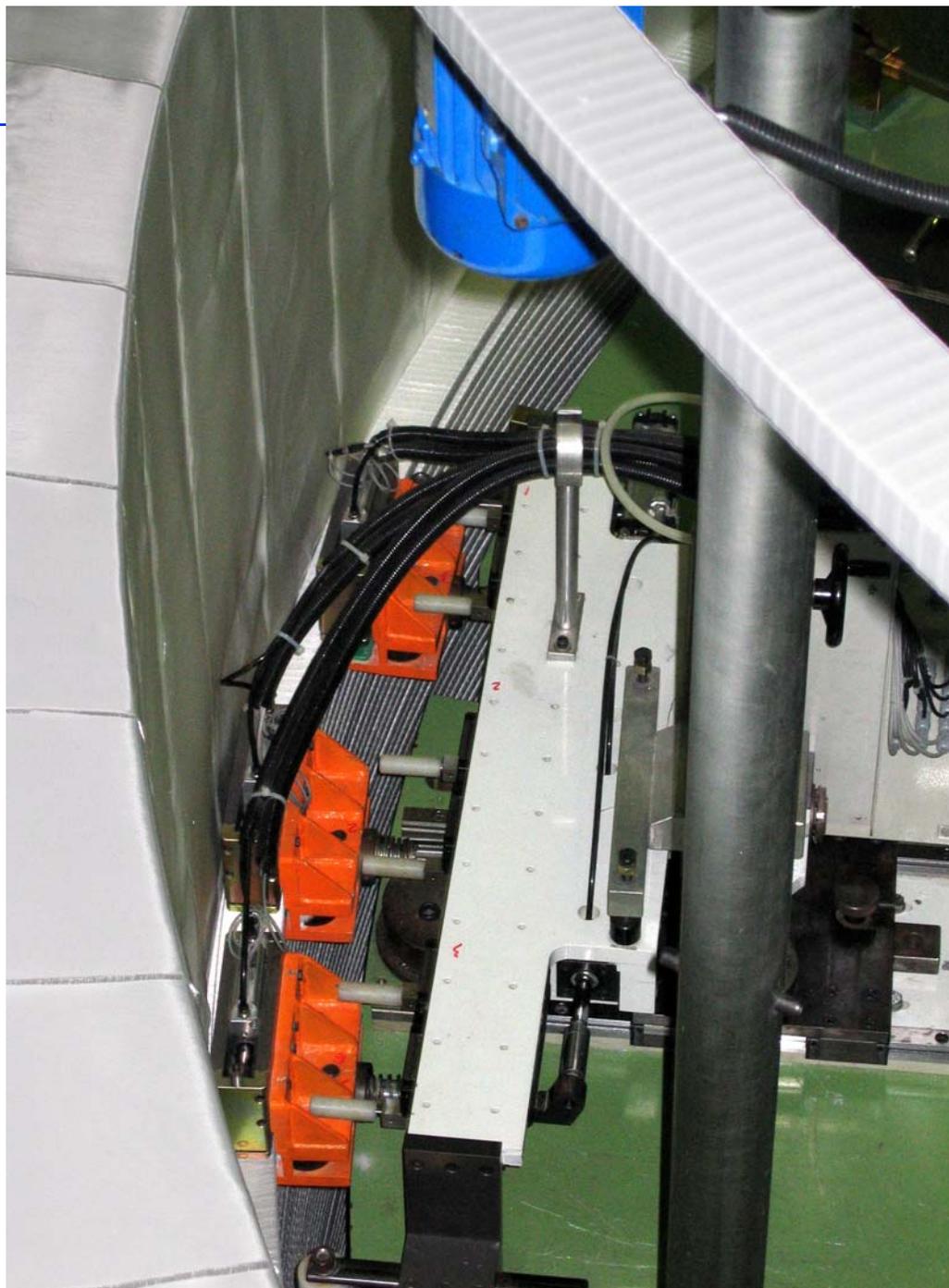


Isolation du conducteur

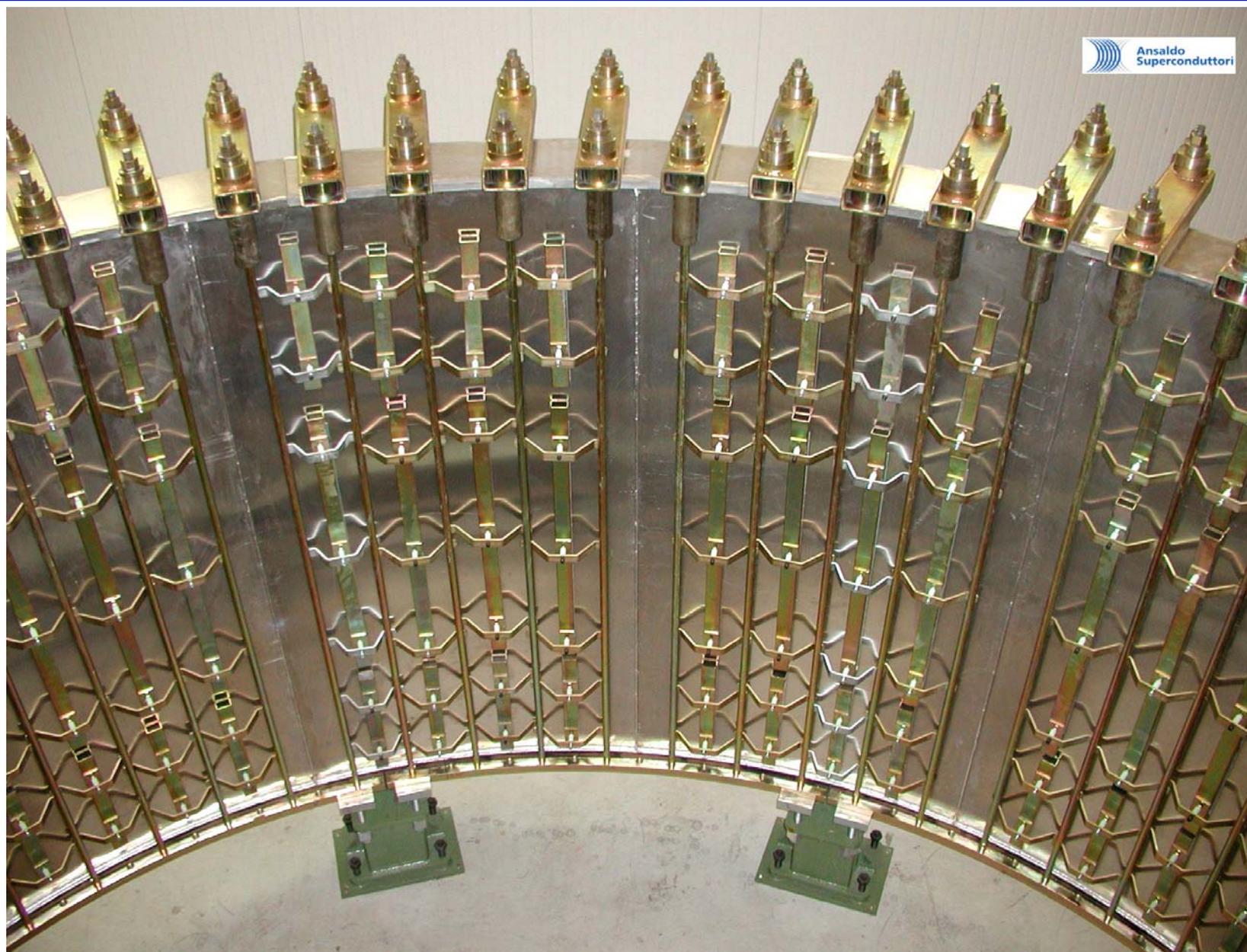


Bobinage





Préparation avant imprégnation



Transport du 1er module



Bobinage – état d'avancement



- *1er module au CERN: février 2004*
 - *2ème module: livraison au CERN début Juin*
 - *3ème module: imprégnation terminée – finitions*
 - *4ème module: bobinage en cours*
 - *5ème module: cylindre externe terminé*
-
- *Livraison du dernier module au CERN: octobre 2004*

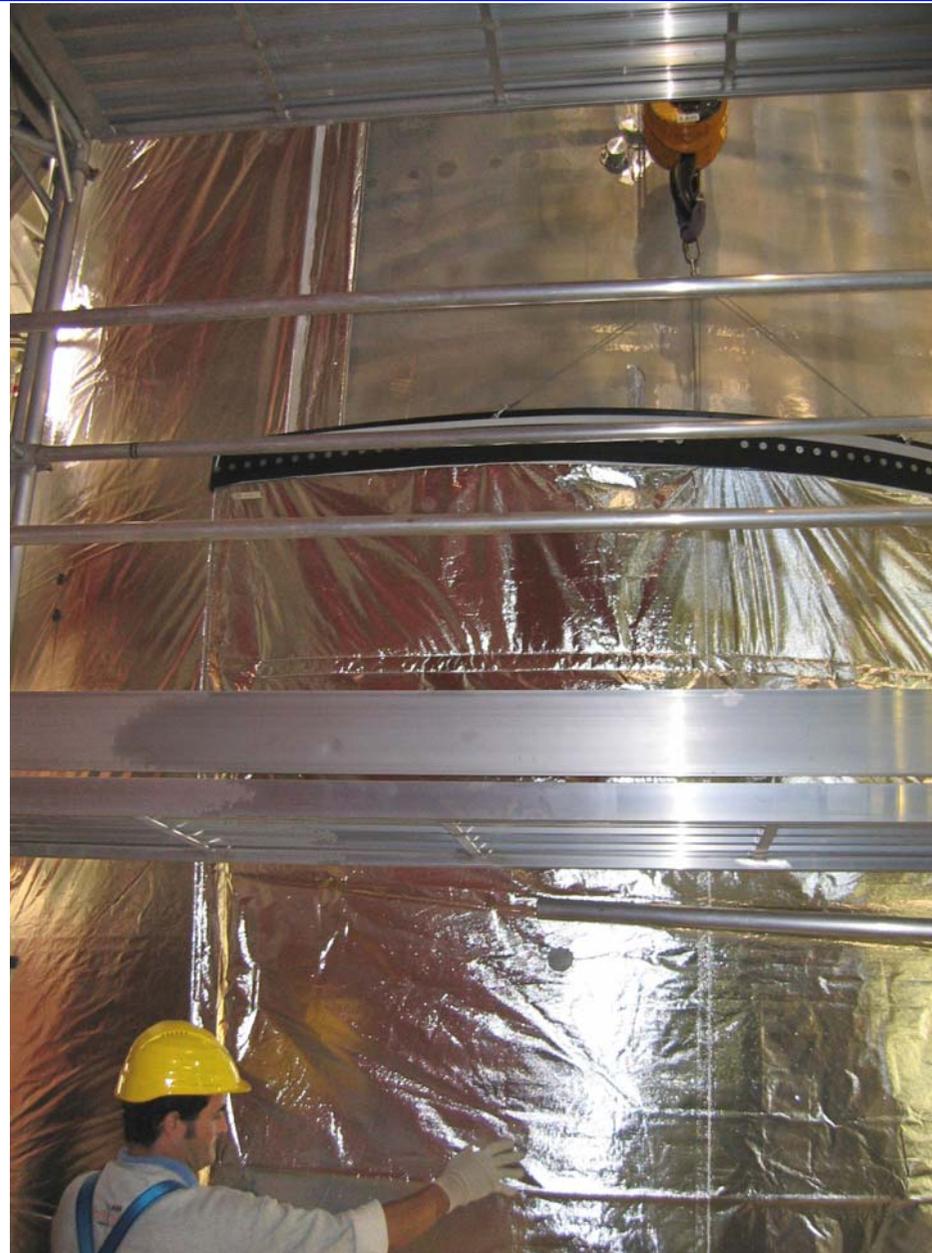
Les composants auxiliaires et l'assemblage sur site



- *Montage écrans thermiques internes (déc. 2003 – jan. 2004)*
- *Assemblage des modules*
 - Connection mécanique, électrique et hydraulique
- *Montage des écrans thermiques externes*
- *Pivotement de la bobine et insertion dans l'enceinte à vide externe*
- *Suspension de la bobine dans l'enceinte à vide interne*
- *Montage des cheminées cryogéniques et amenées de courant*
- *Insertion de l'enceinte interne*
- *Fermeture de l'enceinte à vide*

Montage des écrans thermiques internes

Super-isolation Jéhier (F)

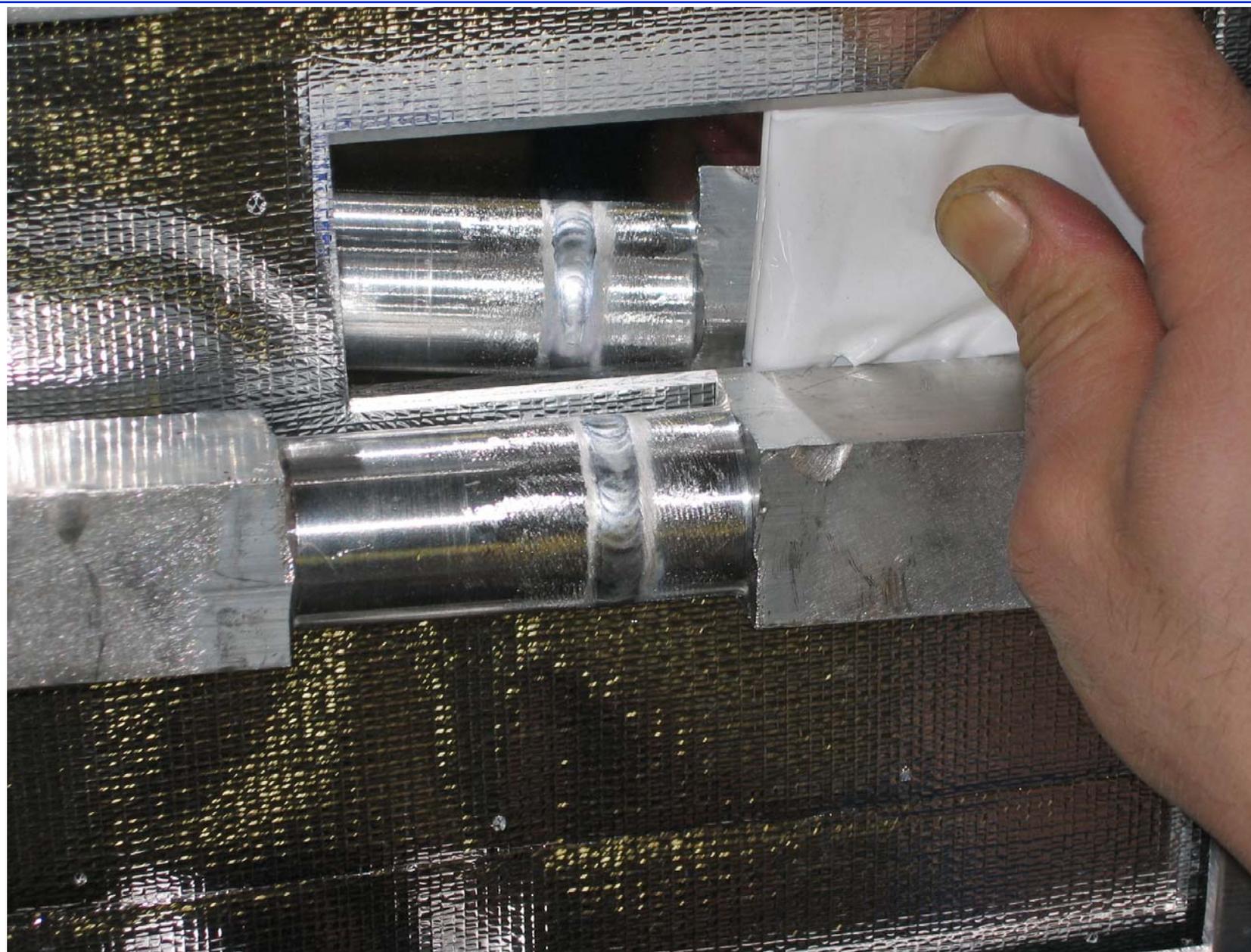


Montage des écrans thermiques internes: Criotec (I)

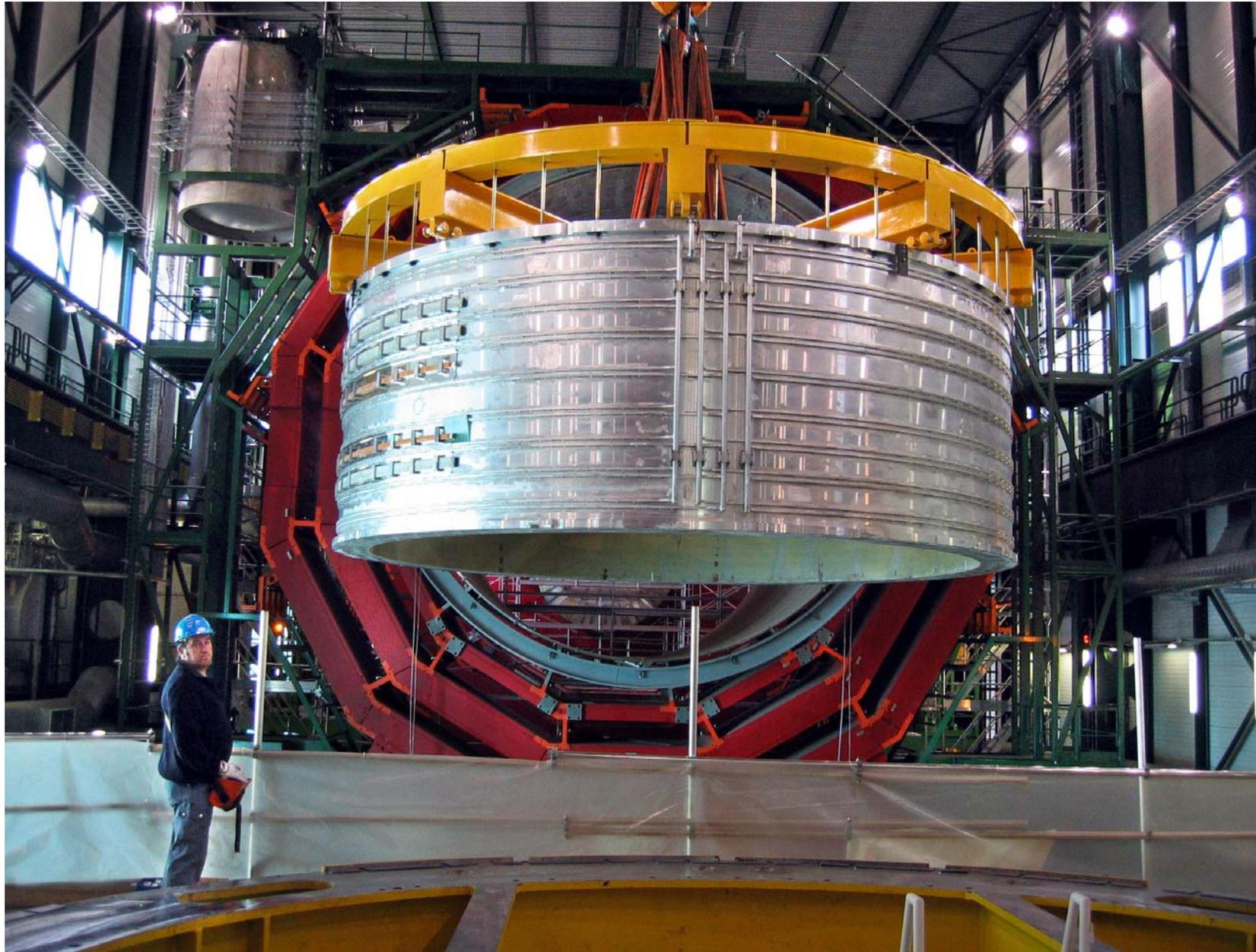




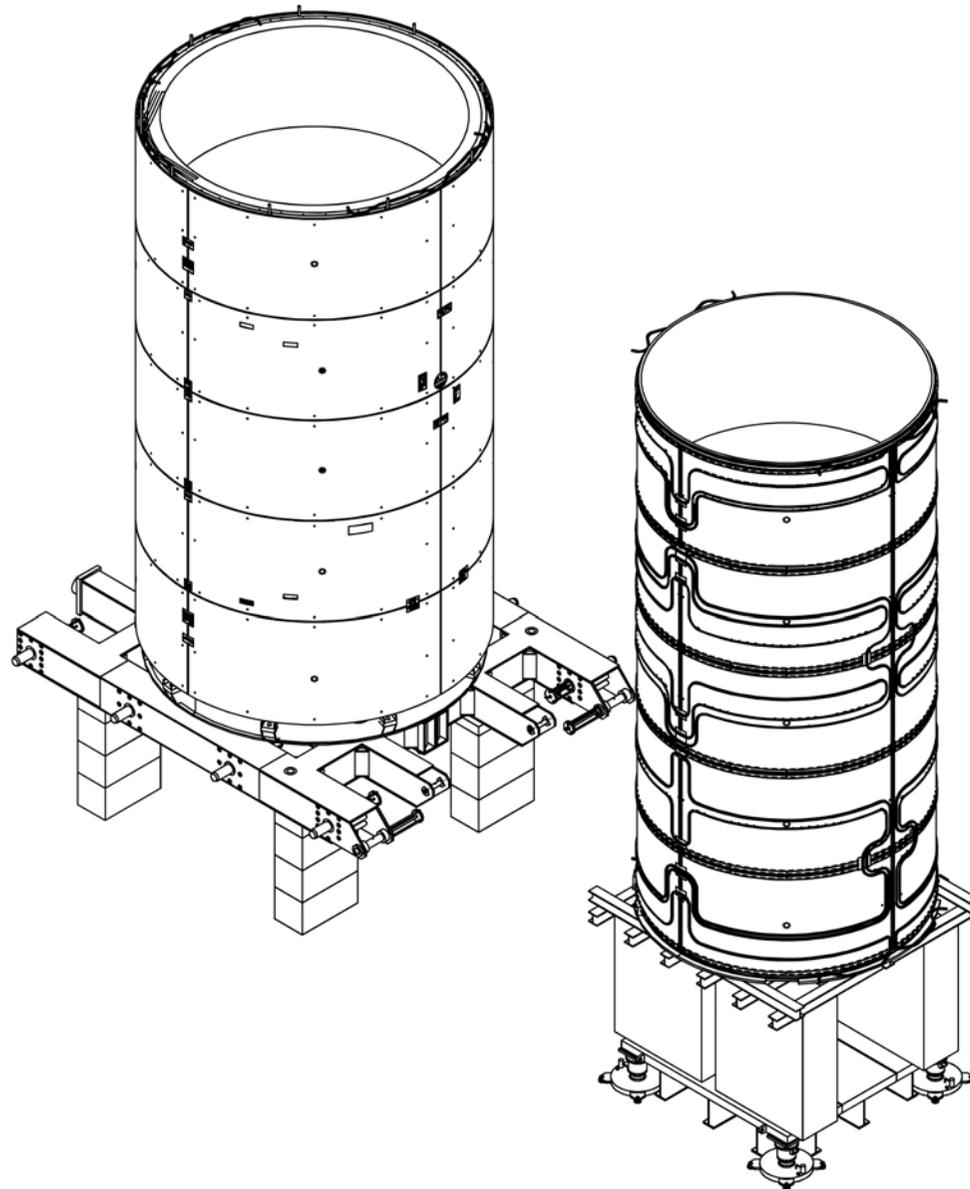




Installation du 1er module sur la plate-forme au P5



5 modules livrés, écrans thermiques montés

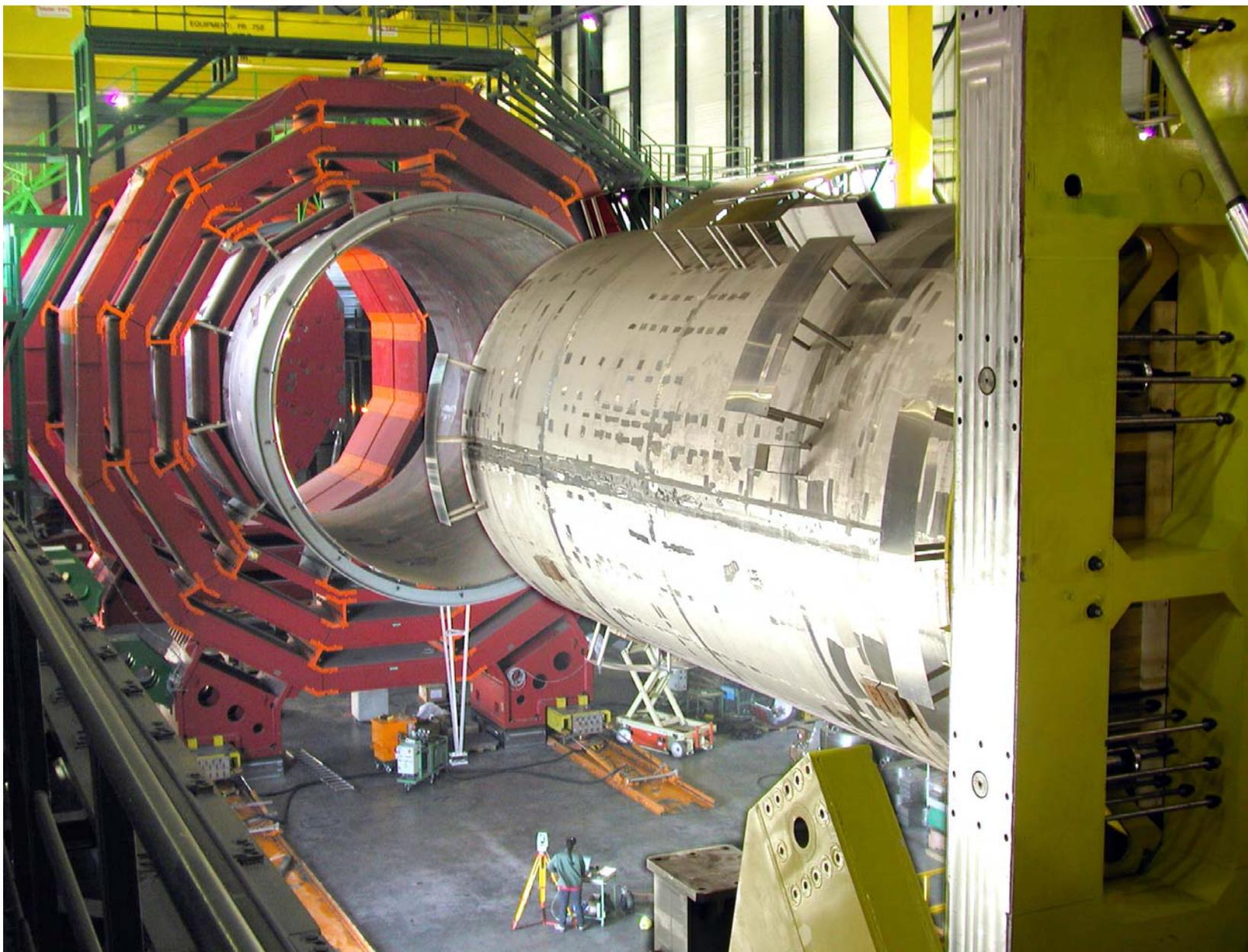


Pivotement de la bobine

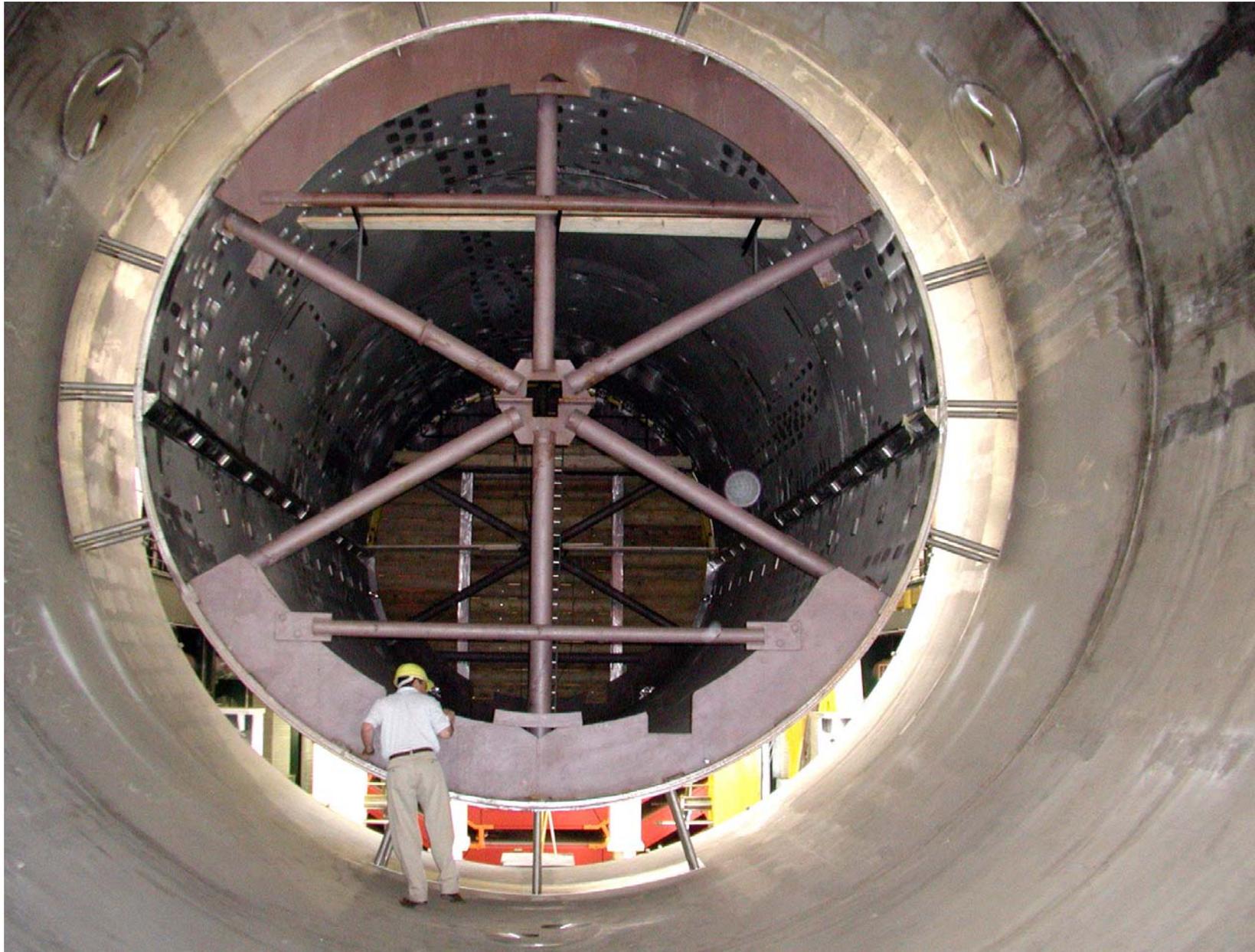


**Test de pivotement avec
l'enceinte interne**

Insertion de la bobine dans l'enceinte externe



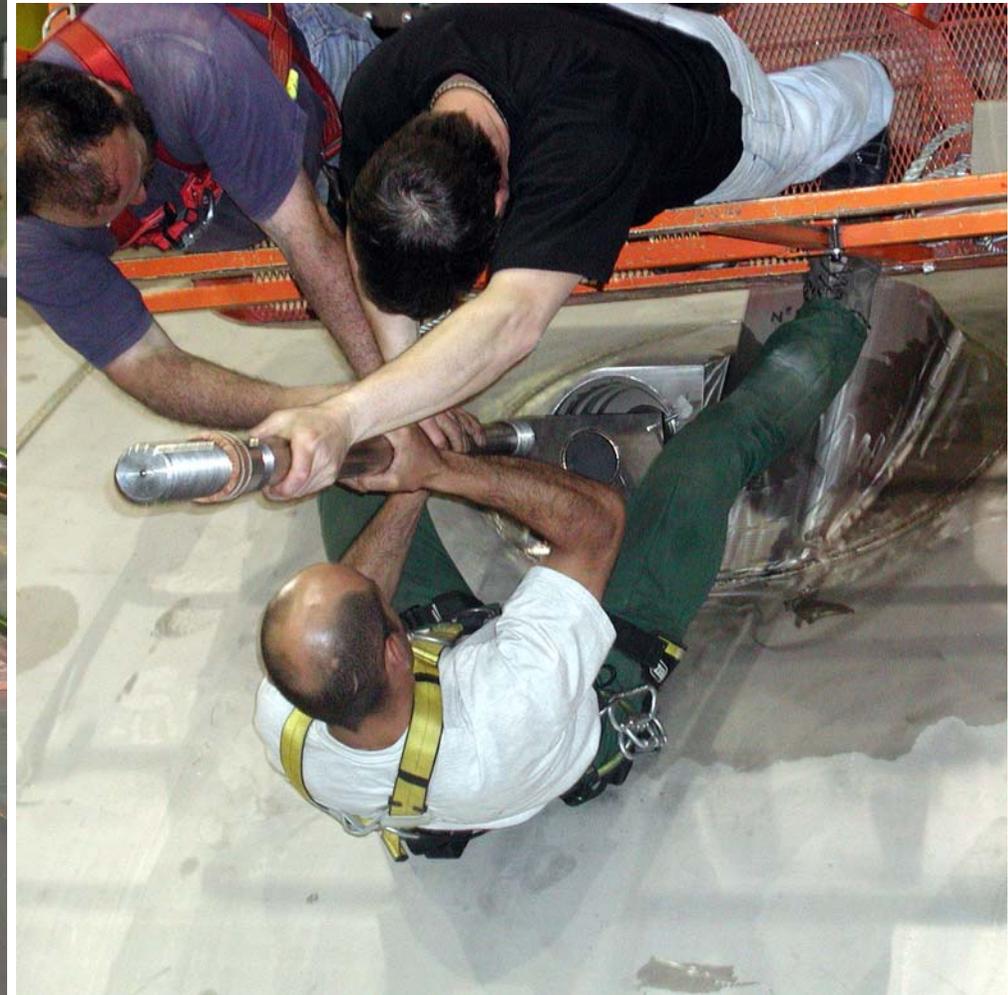
Test d'insertion



Suspension de la bobine: Lutch (Russie)



Tirants en titane



Tests des tirants à Saclay



Objectifs:

- 110 % de la charge maximum dans conditions thermiques (pieds à T cryo et tête à température ambiante)
- Valider le bon fonctionnement de l'instrumentation



Amenées de courant



- **Alimenter la bobine supraconductrice en courant: une extrémité à température ambiante, l'autre à 4.5 K**

- **Tests réalisés à Saclay**
- **Résultats supérieurs à la spécification**
- **Fonctionnement 11 min. (au lieu de 7 min.) sans hélium à 20 kA, $T_{max} < 100^{\circ}\text{C}$.**



Séparateur de phase: SDMS (F)



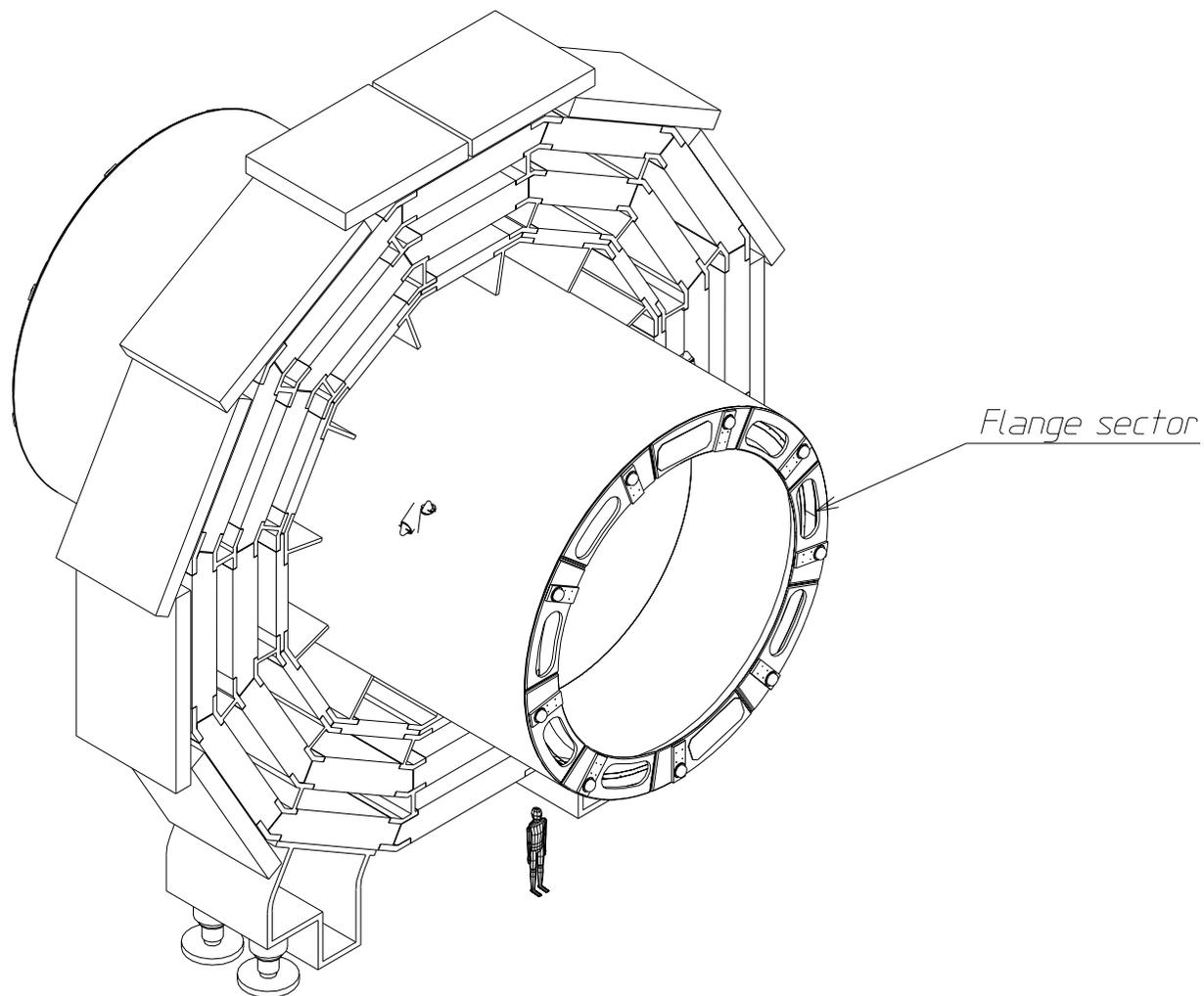
Séparateur de phase:

- Alimenter la bobine en hélium liquide
- Récupérer l'hélium diphasique en sortie

- Séparateur de phase livré par SDMS
- Préparation des tests à Saclay
 - fonctionnement pour CMS
 - R&D thermosiphon



Fermeture de l'enceinte à vide



Conclusion et planning



- *Production du conducteur terminée*
- *Réalisation du bobinage bien avancée (env. 75 %)*
- *Aucune non-conformité majeure jusqu'à aujourd'hui*

- *Assemblage de la bobine: 9 mois*
 - De l'arrivée du dernier module au début du refroidissement de la bobine

- *Test de la bobine: deuxième semestre 2005*