

Date: 2015-02-09

## Procedure

# Splicing des bobines courtes du MQXF

### *Abstract*

Ce document décrit la séquence des opérations à faire pour le splicing des bobines courtes du MQXF, après la réaction thermique.

A' la coté connexions de la bobine, il faut brancher les câbles de Nb3Sn avec les autres composants.

Pour ce motif, les câbles supraconducteurs de Nb3Sn doivent être prolongés avec des câbles de NbTi et des stabilisateurs de cuivre.

La procédure explique les opérations de pré-brasage des câbles Nb3Sn, de coupe des câbles, et de la splicing.

***Préparé par:***

Eugenio Cavanna

***Vérifié par:***

***Approuvé par:***

***Histoire des modifications***

<b><i>Rev. No.</i></b>	<b><i>Date</i></b>	<b><i>Pages</i></b>	<b><i>Description des modifications</i></b>
0	09/02/2015		Première émission

DRAFT

Sommaire

1. COMPOSANTS NECESSAIRES.....4

2. PREPARATION ET NETTOYAGE .....6

3. PRE-BRASAGE DU CABLE.....10

4. COUPE DU CABLE .....16



5. PREPARATION DES SPLICES .....18

6. SPLICING.....23

DRAFT

**1. COMPOSANTS NECESSAIRES**

1	N°2 câbles NbTi: <ul style="list-style-type: none"><li>• largeur 18.15 mm</li><li>• épaisseur 1.92 mm</li><li>• longueur 1500 mm</li></ul>	
2	N°2 stabilisateurs de cuivre	
3	Alliage de brasage: Sn <sub>96</sub> Ag <sub>4</sub> , bande avec dimensions 20x0.2 mm et bobine de câble avec diamètre 1.0 mm	
4	Flux: MOB39	
5	Pinceau	
6	N°1 Thermocouple, capable de mesurer jusqu'au 250°C	
7	N°2 résistances avec nourrisseur, capable d'arriver jusqu'au 250°C	
8	Air comprimé	
10	Aspirateur pour aspirer les fumées produites pendant la soudure.	
11	Alcool blanc et Acétone	

12	Chiffons blancs	
13	Cales de G11. Voir paragraphe 0.	
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dremel, outillage de coupe</li> <li>• Disque abrasif pour acier inoxydable</li> </ul>	
15	<p>Agrafes de deux types comment lesquels montrées dans la figure:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour fermer le moule de brasage</li> <li>• Pour tenir le câble et le stabilisateur ensemble</li> </ul>	
16	Soudeur électrique, comment lequel montré dans la figure	
17	<p>Composants selon les dessins suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LHCMQXFT0193, dernière révision: SQXF – Tinning sequence</li> <li>• LHCMQXFT0194, dernière</li> </ul>	

révision: SQXF – Cutting  
sequence

- LHCMQXFT0195, dernière  
révision: SQXF – Cable  
cleaning sequence
- LHCMQXFT0197, dernière  
révision: SQXF – Splicing  
sequence

## 2. PREPARATION ET NETTOYAGE

Après la réaction thermique, la partie supérieure du moule de réaction a été démonté, et les cales et l'isolation ont été enlevées de la couche externe.

La bobine est comme dans la figure suivante.

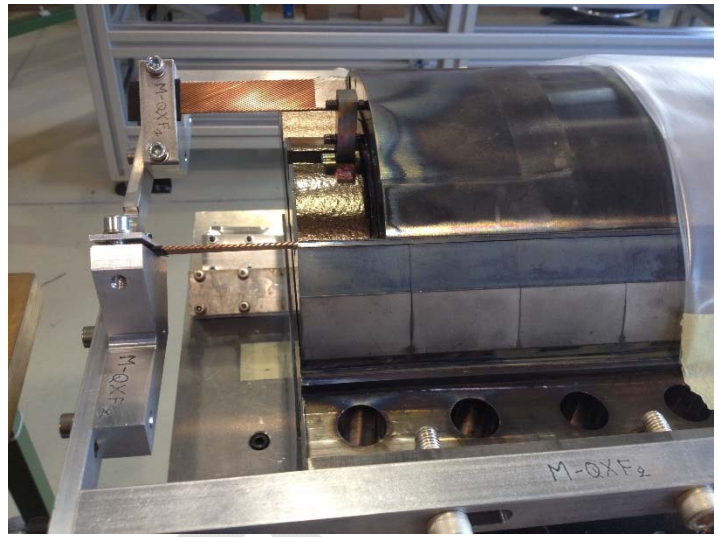


Ce paragraphe décrit les opérations à faire pour enlever les splice blocks et pour nettoyer le câble.

1

Vérifier que le support du câble est installé sur le moule.

Si non, installer le support



2

- Enlever les splice blocks et l'isolation de Mica entre eux

- Enlever les cales latérales et l'isolation

La situation après ces opérations est montrée dans la figure



3

Enlever les premières deux secteurs du moule de réaction.

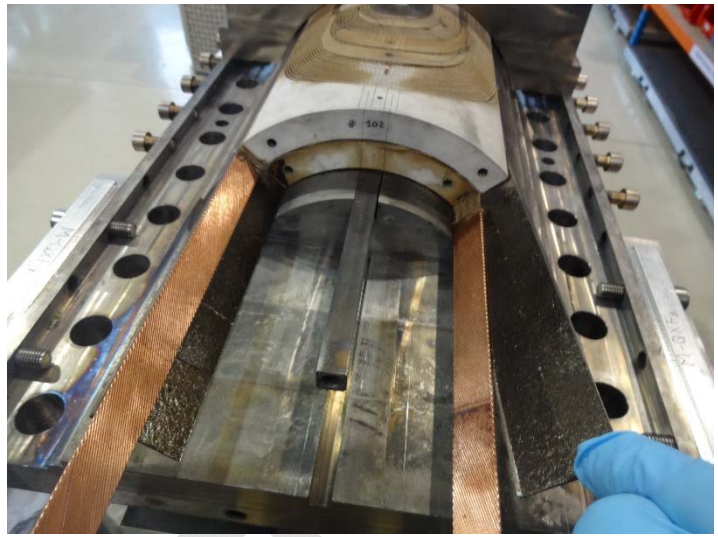
Pour eux enlever, il faut faire eux glisser en horizontal le long du moule.





4

Enlever l'isolation de Mica latérale et la cale du midplane d'acier inoxydable.



5

Enlever le troisième secteur du moule.



6

La coté connexions de la bobine apparait comment dans la figure.

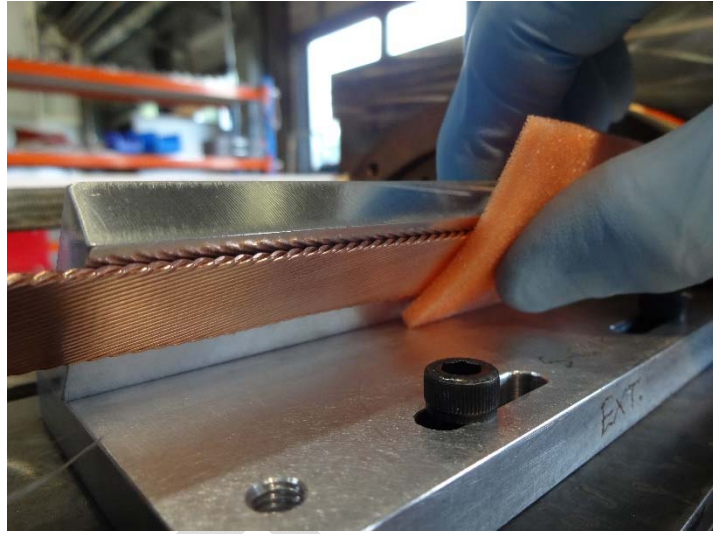




7

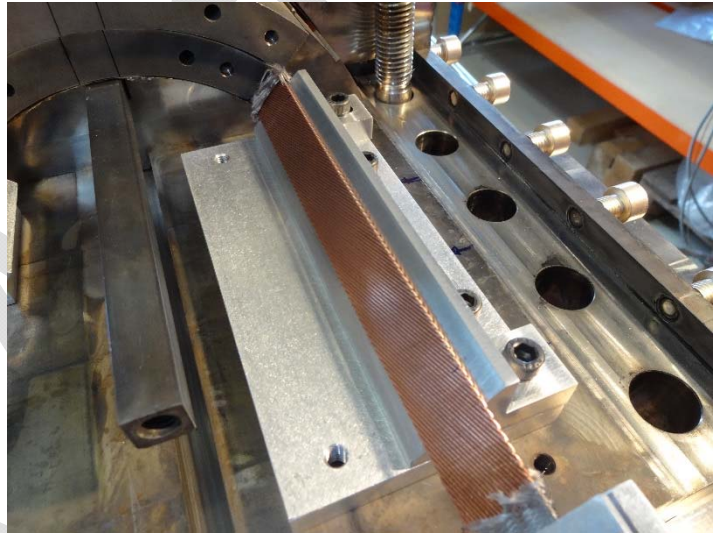
Assembler la partie supérieure de l'outillage de nettoyage et nettoyer le câble, avec Acétone et chiffon blanc.

NOTE: la figure montre le nettoyage avec éponge. Cependant, il vaut mieux utiliser le chiffon blanc.



8

Assembler la partie inférieure de l'outillage de nettoyage.



9

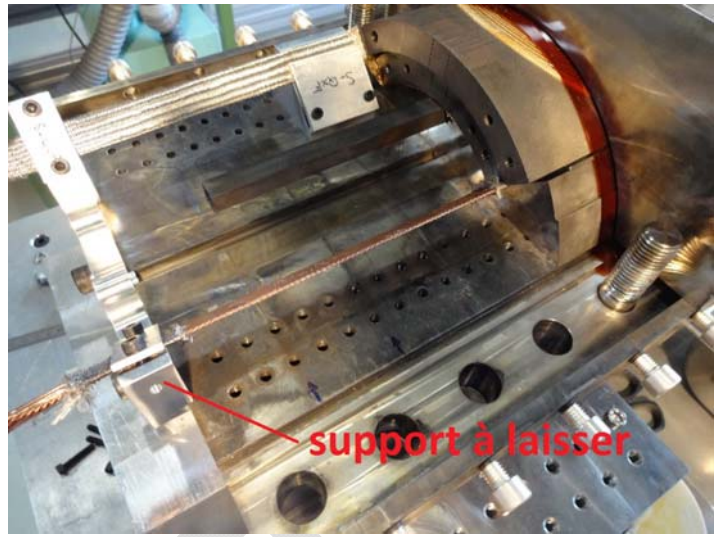
Nettoyer le câble, avec Acétone et chiffon blanc.

NOTE: la figure montre le nettoyage avec éponge. Cependant, il vaut mieux utiliser le chiffon blanc.



10

Démonter l'outillage de nettoyage, mais laisser la partie jointe à la base du moule de réaction, pour tenir bloqué le câble.



### **3. PRE-BRASAGE DU CÂBLE**

L'opération suivante à faire est le pré-brasage du câble.  
Cela est décrite dans ce paragraphe.

1

Assembler la partie inférieure du moule de brasage (dessin LHCMQXFT0193).

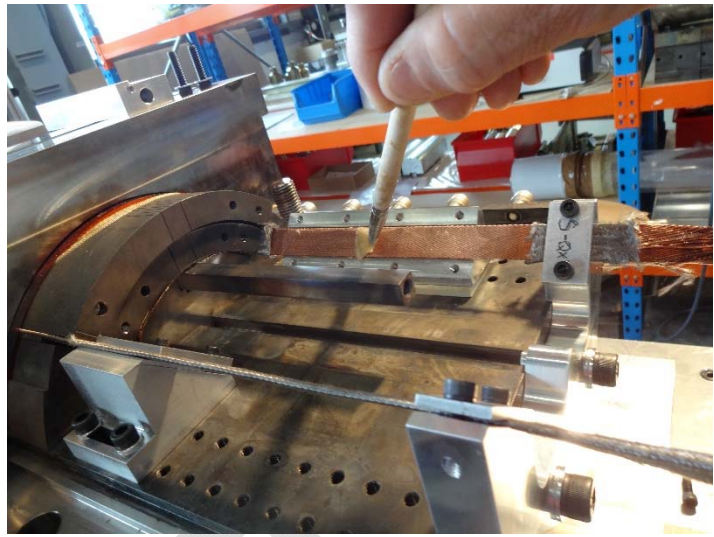
Nettoyer le moule (acétone et chiffon blanc) avant l'installation.





2

Enduire le flux (MOB39) avec un pinceau sur la surface supérieure du câble.



3

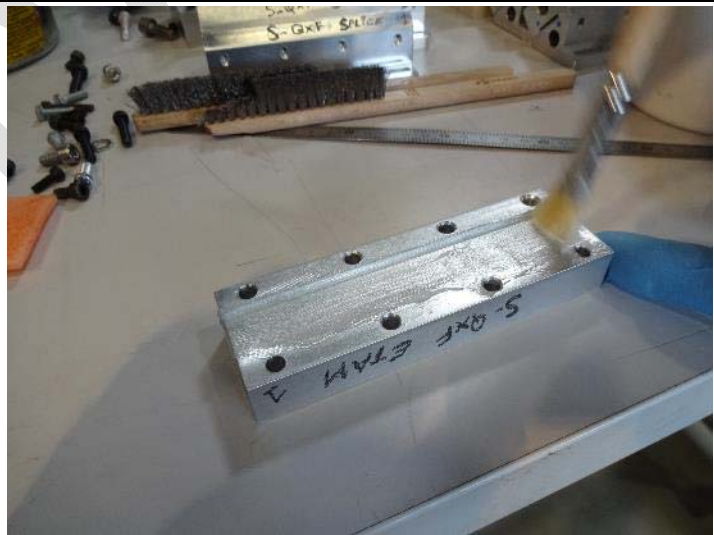
Nettoyer la partie supérieure du moule de brasage avec acétone et chiffon blanc.

NOTE: la figure montre le nettoyage avec éponge. Cependant, il vaut mieux utiliser le chiffon blanc.



4

Enduire le flux sur la surface intérieure de la partie supérieure du moule de brasage.



5

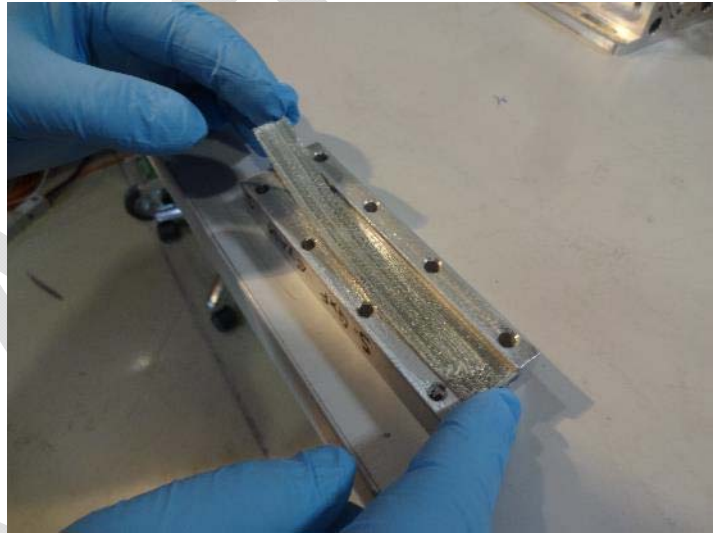
Préparer les bande(s) de l'alliage de brasage (Sn96Ag4), pour recouvrir toute la surface du câble.

Enduire le flux sur chaque surface des bandes d'alliage.



6

Mettre les bande(s) d'alliage sur le moule.



7

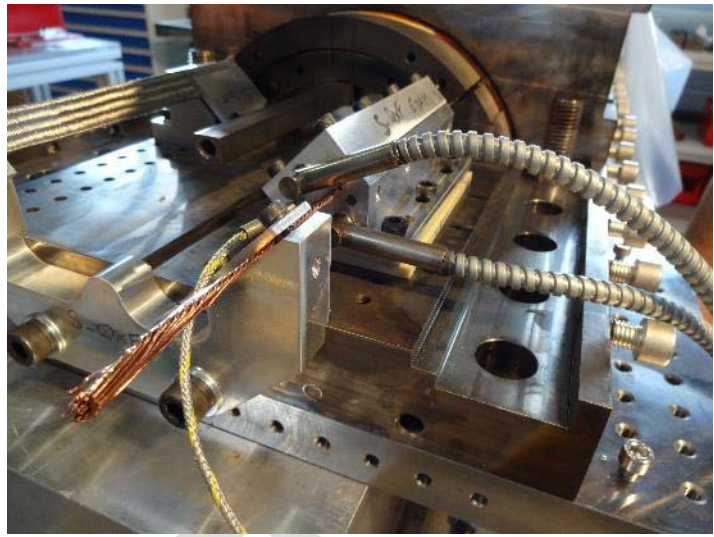
Fermer le moule sur le câble.





8

Placer les résistances et la thermocouple dans le trous du moule.



9

- Régler la température du système de control à 240°C
- Chauffer le moule jusqu'au 240°C
- Laisser le système à la température de 240°C pour deux minutes
- Régler la température du système de control à 20°C



10

Quand la température lue par le thermocouple est de 160°C, démonter le moule de brasage.

NOTE: ne pas attendre jusqu'à ce que la température ambiante est atteinte pour ouvrir le moule, sinon il serait difficile, puisque l'assemblage va se coller.

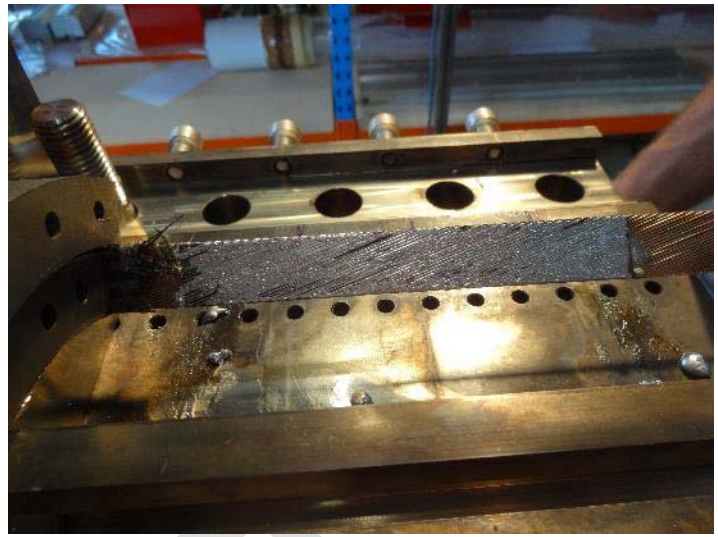
NOTE: après la réaction, le câble est fragile et c'est facile le casser. Il vaudrait mieux que deux personnes fassent cette opération. Prendre beaucoup de soins lors de cette opération.





11

Le câble est maintenant pre-brasé.



12

Quand le câble est à température ambiante, assembler de nouveau le moule, seulement pour tenir bloqué le câble.



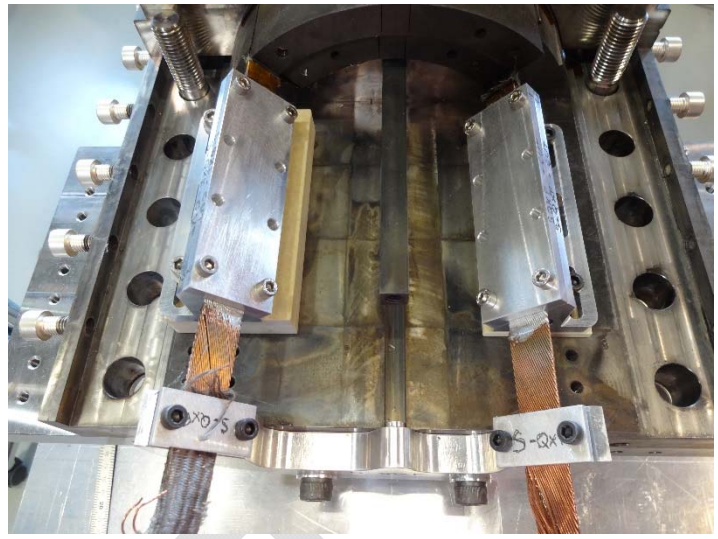
13

Nettoyer le câble et nettoyer les oxydes par la surface:

- Scotch-Brite et acétone (avec délicatesse)
- Alcool et chiffon blanc


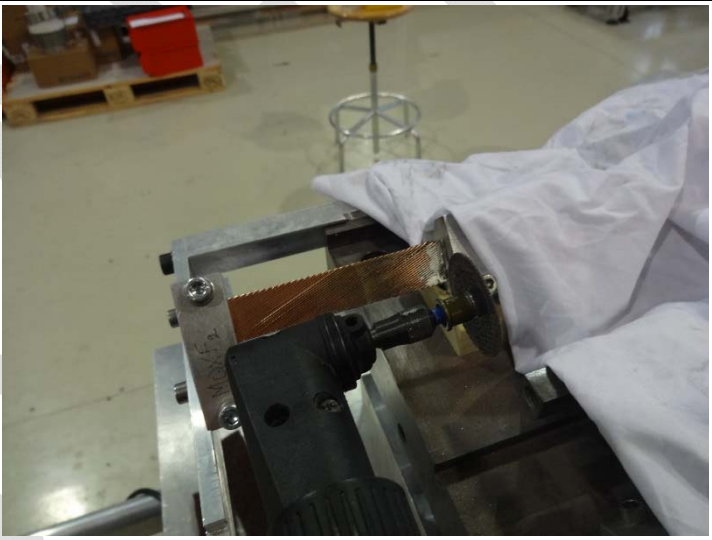
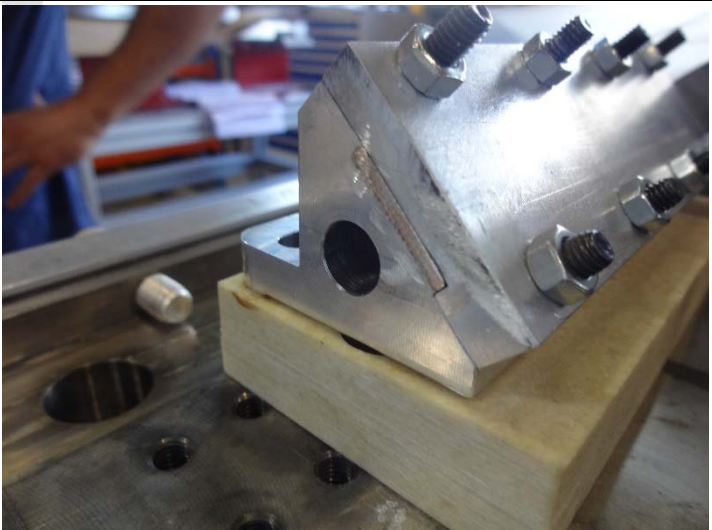
14

Répéter toutes les opérations précédentes pour pré-souder l'autre câble de  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ .



#### 4. COUPE DU CABLE

L'opération à faire après le pré-brasage est la coupe du câble.  
Les étapes suivantes montrent comment faire cette opération.

1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Assembler l'outillage long pour tenir le câble qui est joint à la base du moule de réaction</li><li>• Assembler l'outillage pour la coupe du câble (dessin LHCMQXFT0194)</li><li>• Placer un chiffon autour de la zone de coupe, pour protéger les autres composants contre les copeaux pendant la coupe</li></ul>	
2	<p>Couper le câble en employant le Dremel avec disque abrasif.</p> <p>Un disque abrasif pour l'acier inoxydable est bon.</p> <p>Régler la vitesse du Dremel au maximum.</p>	
3	<p>Enlever la partie du câble qui a été coupée.</p>	

**4**

Remplacer l'outillage pour la coupe avec le support du câble.





## 5. PREPARATION DES SPLICES

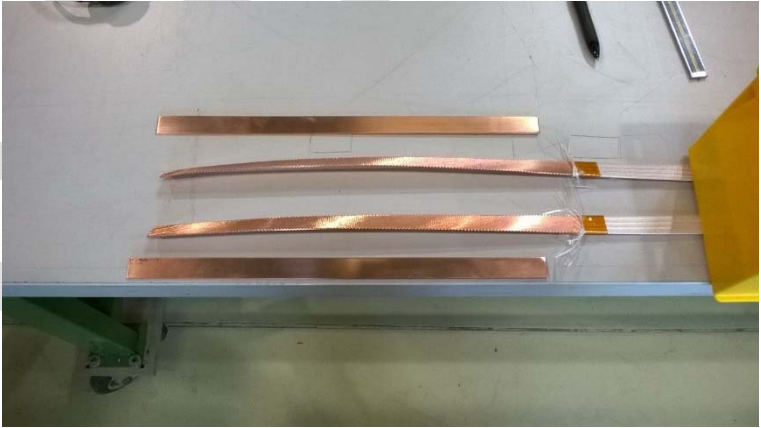
Après le pré-brasage du câble de Nb<sub>3</sub>Sn, il faut préparer les splices.

Chaque splice est faite de un câble supraconducteur de NbTi et de un stabilisateur de cuivre.

On peut préparer les splices sur le banc en avance. Après, elles seront brasées aux câbles de la bobine.

il faut préparer n°2 splices, pour elles braser aux câbles de Nb<sub>3</sub>Sn des inner et outer layer de la bobine.

Les opérations à faire pour la préparation des splices sont écrites dans ce paragraphe.

1	<p>Coupe n°2 câbles de NbTi</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Largeur 18.15 mm</li><li>• Épaisseur 1.92 mm</li><li>• Longueur 1500 mm</li></ul>	
2	<p>Couper n°2 stabilisateurs de cuivre et eux profiler selon le dessin.</p> <p>effectuer le traitement thermique des stabilisateurs (selon les indications du responsable du traitement)</p> <p>effectuer le profilage des côtés des stabilisateurs (demander au responsable de l'atelier mécanique)</p>	
3	<p>Nettoyer les câbles de NbTi avec Scotch-Brite (avec délicatesse).</p> <p>Nettoyer les stabilisateurs et les câbles de NbTi avec acétone et chiffon blanc.</p>	
4	<p>Nettoyer le moule de brasage avec acétone et chiffon blanc.</p>	

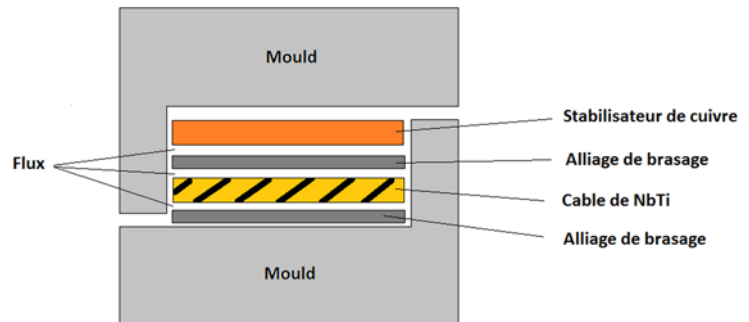


5

Dans la figure, un schéma des composants à braser est montré.

Rappel de mettre toujours le flux entre les surfaces à braser ensemble.

La bande d'alliage en bas est placée maintenant pour pré-braser la surface du câble de NbTi avant le brasage avec le câble de Nb3Sn de la bobine.



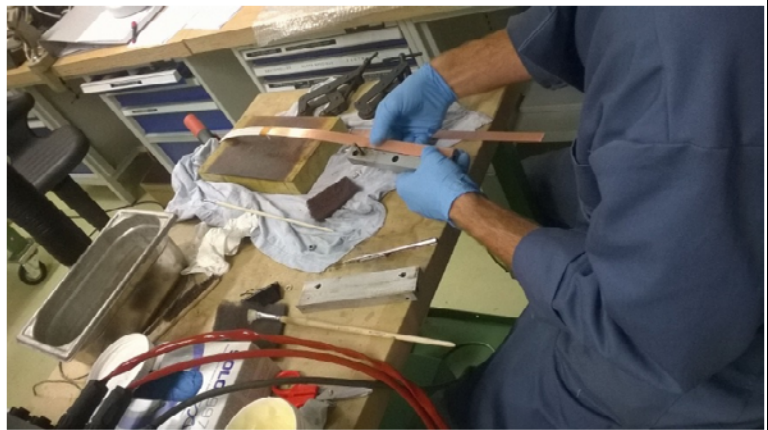
6

- Mettre une ou plus bandes d'alliage de brasage sur une partie du moule de brasage, pour couvrir toute la surface
- Enduire le flux sur les bandes avec un pinceau



7

Mettre le câble au-dessus des bandes de l'alliage.



8

- a. Enduire le flux sur le câble avec un pinceau
- b. Placer les autres bandes d'alliage au-dessus du câble
- c. Enduire le flux au-dessus des bandes
- d. Placer le stabilisateur de cuivre



9

Fermer le moule, appuyer sur le moule avec des agrafes et placer les vis pour tenir en position les deux parties du moule.



Utiliser une autre agrafe pour bloquer ensemble le stabilisateur et le câble à l'extérieur du moule.



10

Placer les résistances électriques et le thermocouple dans les trous du moule.



11	<p>Placer l'aspirateur au-dessus du moule, pour aspirer la fumée pendant le brasage.</p>	
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régler la température du système de control à 240°C</li> <li>• Chauffer le moule jusqu'au 240°C</li> <li>• Laisser le système à la température de 240°C pour deux minutes</li> <li>• Régler la température du système de control à 20°C</li> </ul>	
13	<p>Refroidir le moule jusqu'à la température de 160°C avec air comprimé</p> <p>Quand la température lue par le thermocouple est de 160°C, démonter le moule de brasage.</p> <p>NOTE: ne pas attendre jusqu'à ce que la température ambiante soit atteinte pour ouvrir le moule, sinon il serait difficile, puisque l'assemblage va se coller.</p>	



14

Maintenant, le brasage du câble de NbTi avec le stabilisateur est complet pour demi-longueur.  
Il faut repeter les memes opérations pour l'autre part de la splice.



15

Après le brasage, il faut nettoyer les splices et enlever les oxydes par les surfaces en utilisant:

- Scotch-Brite et acétone (avec délicatesse)
- Chiffon et alcool blanc



## 6. SPLICING

Après la préparation des splices, on continue le travail sur la bobine.

La bobine est comment montré dans la figure suivante: elle est placée sur son moule avec les câbles bloqués par leurs supports après la coupe.



Les splices (câble NbTi + stabilisateur de cuivre) doivent être brasés aux câbles de la bobine.

Les étapes suivantes montrent comment faire la splicing de la bobine, c'est-à-dire le brasage entre les splices et les câbles de Nb3Sn.

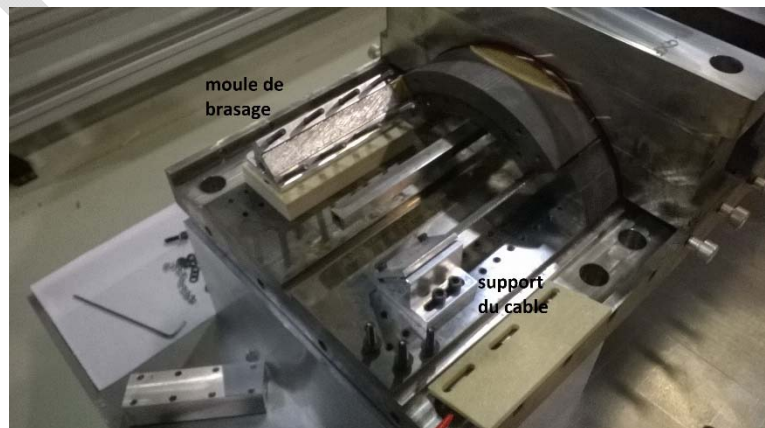
Les instructions sont les mêmes aussi bien pour la couche interne que pour la couche externe.

1




Démonter le support du câble et assembler le moule pour le brasage (voir dessin LHCMQXFT0197).

Avant l'assemblage du moule:

- Nettoyer le câble avec chiffon et acétone
- Nettoyer le moule avec chiffon et acétone



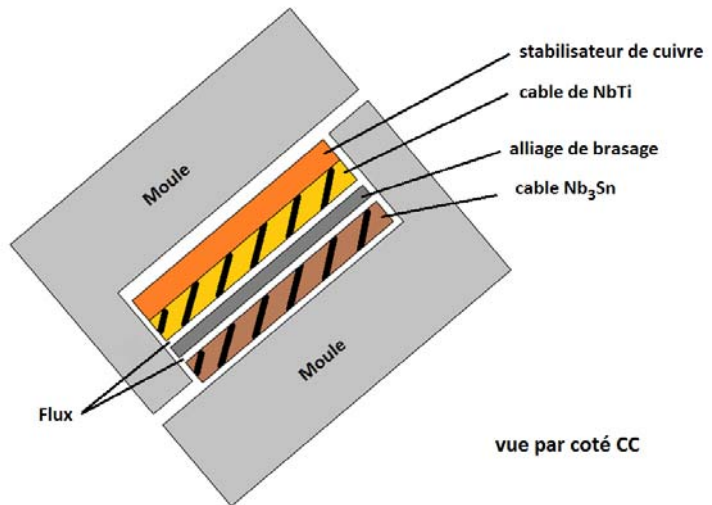


2	<p>Nettoyer les splices (stabilisateur de cuivre + câble de NbTi) avec acétone et chiffon</p>	
3	<p>Réguler la position du moule de brasage par rapport à l'espaceur OC4. La distance entre l'espaceur et le moule doit être 18 mm.</p> <p>NOTE: la position du moule de brasage pour les deux câble (couche interne et couche externe) doit être rapportée à l'espaceur OC4.</p>	
4	<p>Enduire le flux sur le câble de Nb3Sn avec un pinceau.</p> <p>Enduire le flux sur la surface du câble ou la splice sera brasée.</p>	
5	<p>Placer l'alliage de brasage sur le câble.</p> <p>Enduire le flux sur la bande d'alliage.</p>	

6

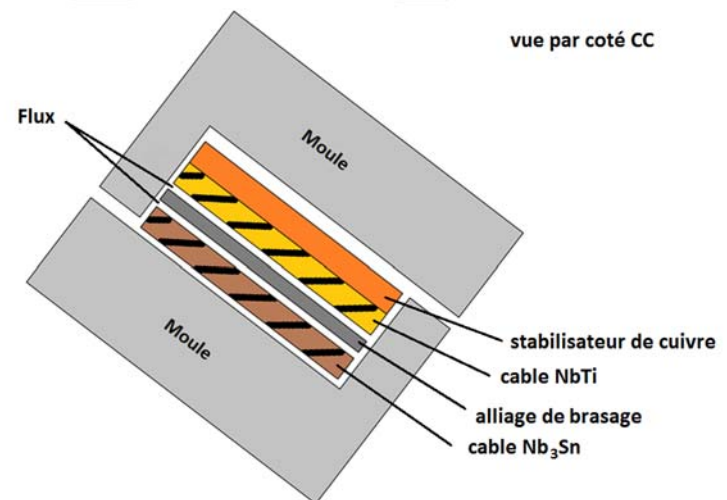
Placer la splice (NbTi câble + stabilisateur de cuivre). Le câble de NbTi doit être face au câble de Nb<sub>3</sub>Sn.

Le schéma des composants pour la couche interne est montré dans la figure.



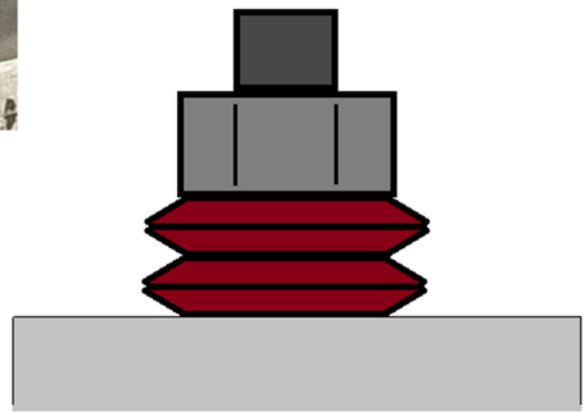
7

La figure montre le schéma des composants à braser pour la couche externe.



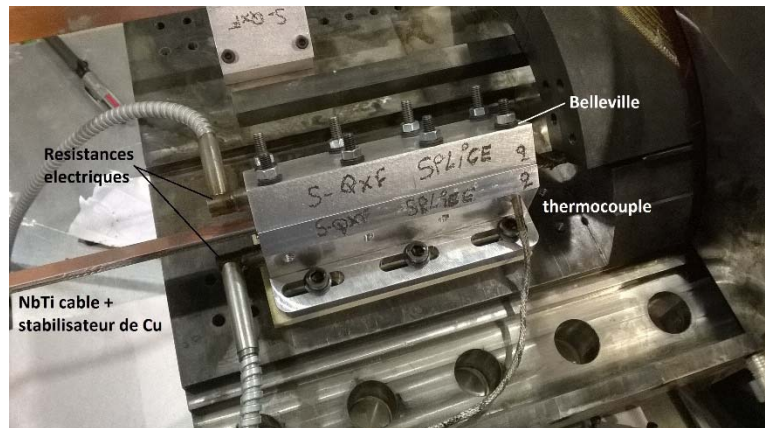
8

Fermer le moule avec les vis. Placer les Bellevilles au-dessous des vis, comment montré dans la figure.



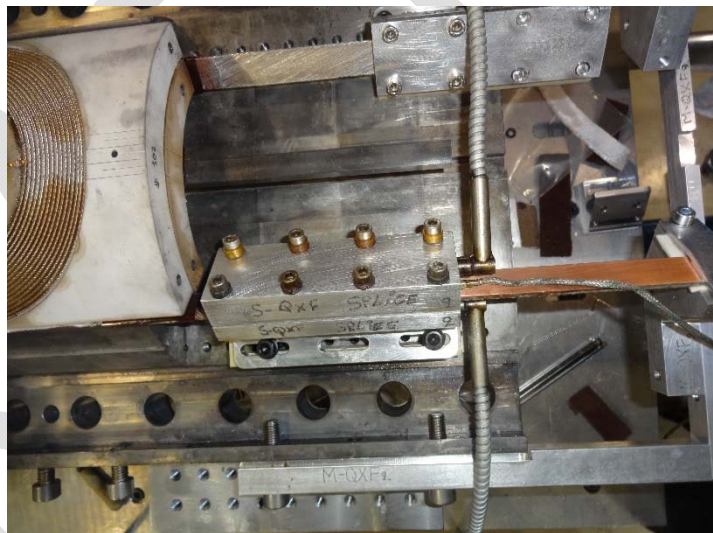
9

Placer les résistances électriques et le thermocouple dans les trous du moule.



10

- Régler la température du système de control à 240°C et attendre le chauffage.
- Quand l'alliage commence à fondre, serrer un peu les vis.
- Quand la température est de 240°C, attendre 2 minutes.
- Après, régler la température du système de control à la température ambiante.



11

Pendant le refroidissement, quand la température lue par le thermocouple est de 160°C, démonter le moule de brasage.

NOTE: pendant cette opération, ne pas plier le cable de Nb<sub>3</sub>Sn. Il est fragile et c'est facile à casser.  
Demander aide aux collègues si nécessaire pour cette operation.





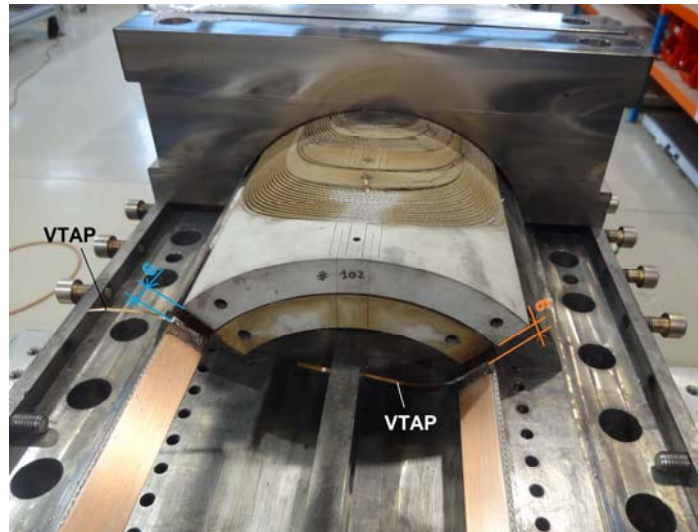
**12**

Braser les voltage taps aux câbles.

Il vaut mieux faire cette opération immédiatement après le splicing, quand le câble est encore chaud.

Les VTAP doivent être placés à la distance de 6 mm de les espaceurs, sur la surface supérieure du câble de Nb3Sn.

NOTE: les VTAP doivent être connectés seulement aux câbles de Nb3Sn, non aux câbles de NbTi ou aux stabilisateurs de cuivre.

**13**

La figure montre l'orientation des VTAP:

- Ils sont placés sur la surface supérieure des câbles de Nb3Sn
- Le VTAP de la couche externe est orienté vers l'extérieur de la bobine
- Le VTAP de la couche interne est orienté vers l'intérieur de la bobine

**14**

Le brasage des VTAP doit être effectué avec un soudeur électrique, comme celui montré dans la figure.

L'alliage de brasage est Sn96Ag4, le flux est MOB39.



15

Après le brasage, il faut nettoyer les splices et enlever les oxydes par les surfaces en utilisant:

- Scotch-Brite et acétone (avec délicatesse)
- Chiffon et alcool blanc

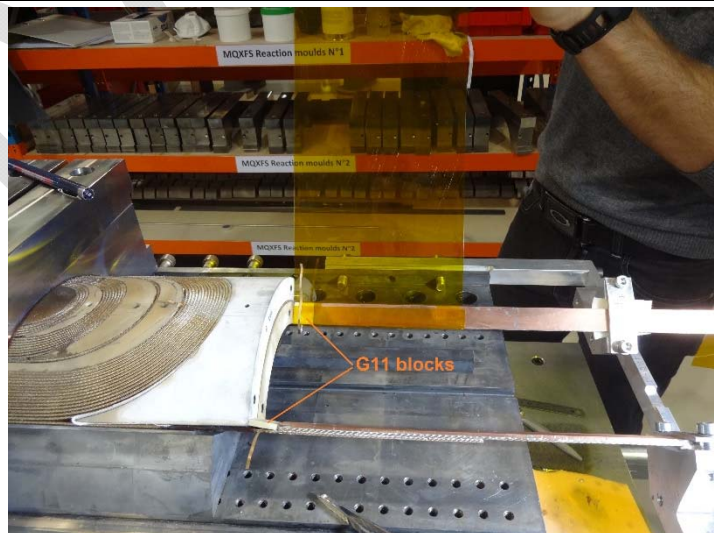
16

Assembler le support long du câble.



17

Placer une cale de G11 sur chaque VTAP. Les dimensions des cales sont tels de remplir l'espace entre chaque splice et les espaceurs de la bobine.





18

Placer l'isolation de kapton au-contour de chaque splice, inclues les cales de G11.

- N°2 tours de kapton ép. 0.075 mm, épaisseur totale 0.15 mm, sur trois côtés de la splice
- épaisseur 0.3 mm sur la quatrième coté (entre la splice et les splice blocks)

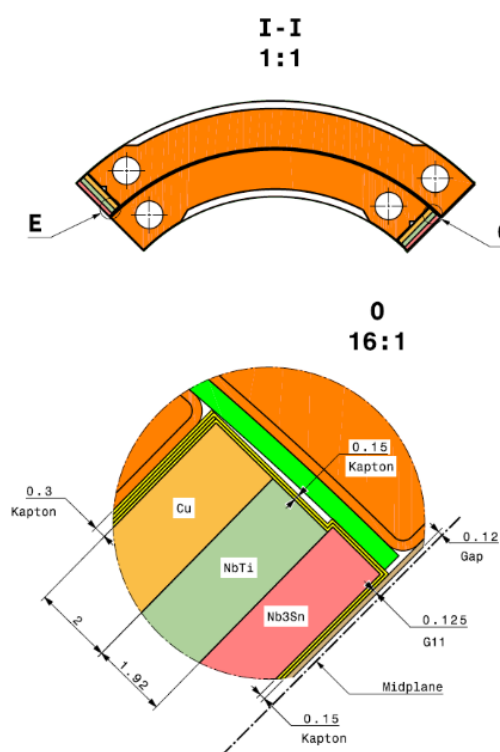
Voir aussi les dessins LHCMQXFT0163 et LHCMQXFM0156.

Voir aussi l'étape suivante pour plus de détails.



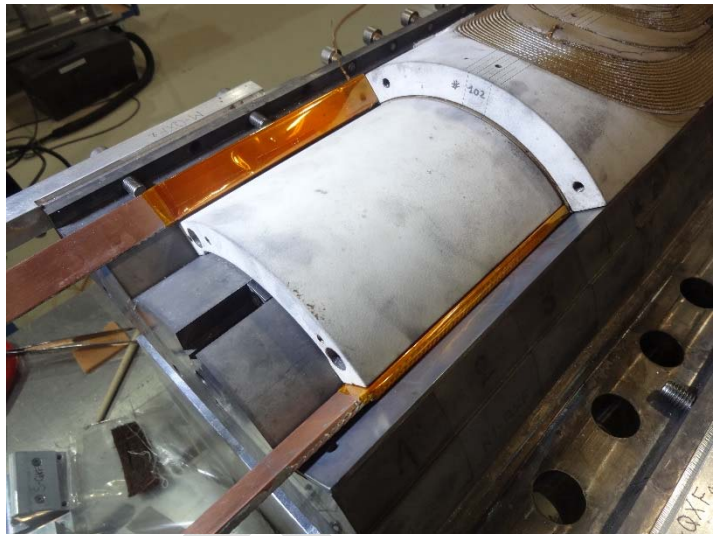
19

Schéma de l'isolation avec kapton autour de la splice.



20

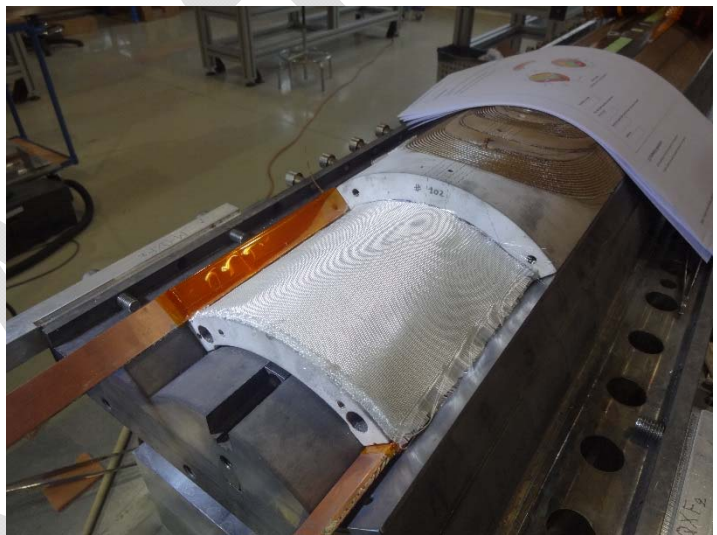
Placer les secteurs du moule de réaction et placer la splice block de la couche interne.



21

Placer l'isolation interlayer sur la surface supérieure de la splice block de la couche interne: 0.5 mm S2 Glass.

Voir aussi le dessin LHCMQXFT0163



22

Placer la splice block de la couche externe.

