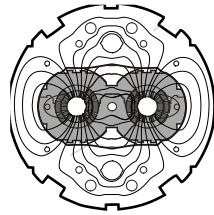


CERN

CH-1211 Geneva 23
Switzerland



the
**Large
Hadron
Collider**
project

LHC Project Document No.

LHC-QBQI-IP-

CERN Div./Group or Supplier/Contractor Document No.

TE/MSC

EDMS Document No.

Date: 2015-04-17

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

Rev. No.	Date	Pages	Description des modifications
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	15
5. PREPARATION DES SPLICES	17
5.1 PRE-BRASAGE DU CABLE NBTI.....	19
5.2 BRASAGE DU CABLE NBTI AVEC LE STABILISATEUR DE CUIVRE	25
6. SPLICING.....	30

DRAFT

1. COMPOSANTS NECESSAIRES

1	N° 2 câbles NbTi: <ul style="list-style-type: none">• largeur 18.15 mm• épaisseur 1.92 mm• longueur 1500 mm
2	N° 2 stabilisateurs de cuivre
3	Alliage de brasage: Sn ₉₆ Ag ₄ , 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'à 250°C
7	N° 2 résistances avec nourrisseur, capable d'arriver jusqu'à 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 6.	
14	<ul style="list-style-type: none">• Dremel, outillage de coupe• Disque abrasif pour acier inoxydable	
15	Kant-twist comment ceux qui sont montrées dans la figure.	
16	Soudeur électrique, comment lequel montré dans la figure	
17	Composants selon les dessins suivants: <ul style="list-style-type: none">• LHC MQXFT0193, dernière révision: SQXF – Tinning sequence• LHC MQXFT0194, dernière révision: SQXF – Cutting sequence• LHC MQXFT0195, dernière révision: SQXF – Cable cleaning sequence• LHC MQXFT0197, 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 comment 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

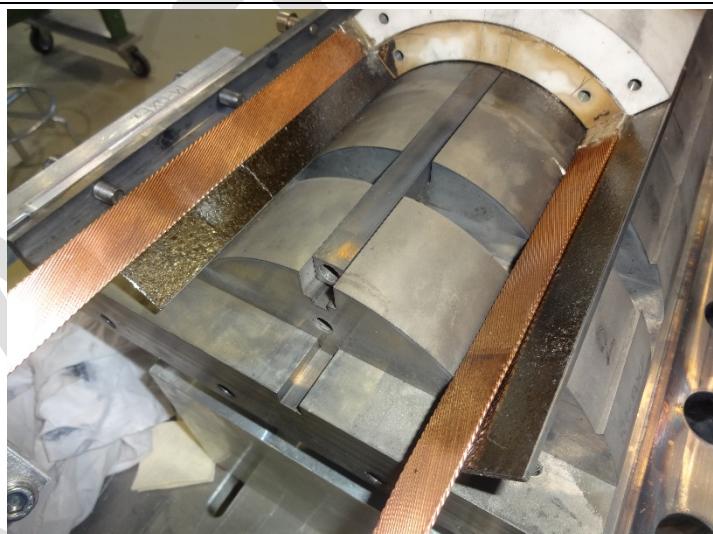
- Enlever les splice blocks et l'isolation de Mica entre eux
- Enlever les cales latérales et l'isolation

La situation après ces opérations est montrée dans la figure

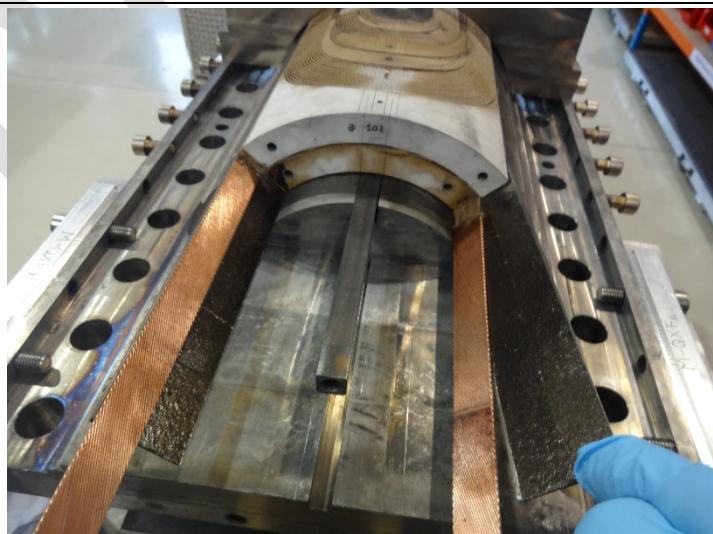
**3**

Enlever les premières deux secteurs du moule de réaction.

Pour les 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.

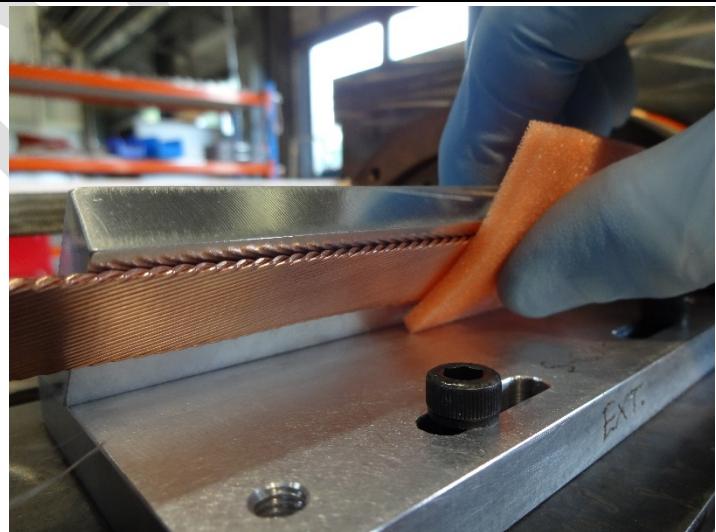
**6**

La coté connexions de la bobine apparaît 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

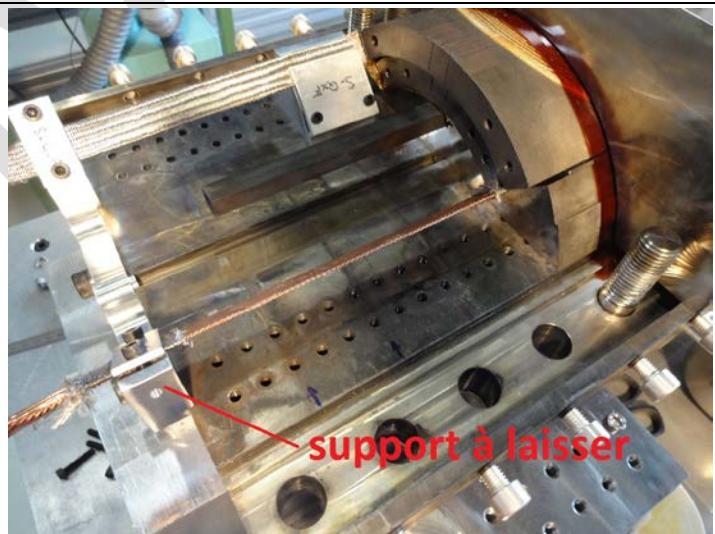
Nettoyer le câble, avec Acétone et chiffon blanc.

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



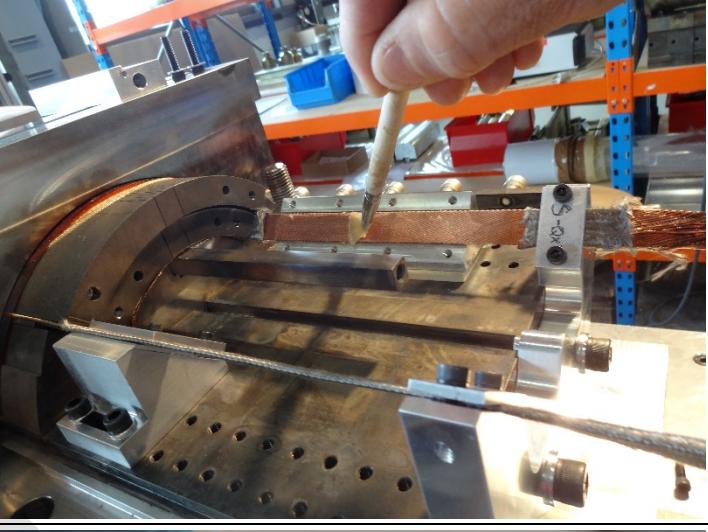
10

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



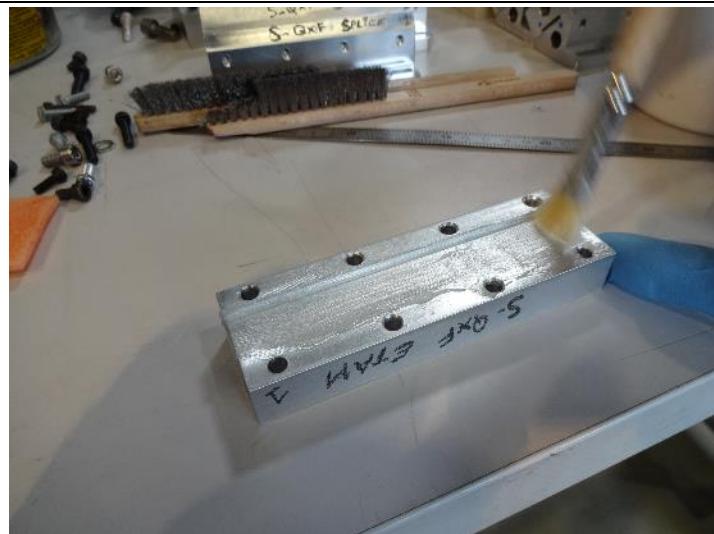
3. PRE-BRASAGE DU CABLE

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

1	<p>Assembler la partie inférieure du moule de brasage (dessin LHC MQXFT0193).</p> <p>Nettoyer le moule (acétone et chiffon blanc) avant l'installation.</p>	
2	<p>Enduire le flux (MOB39) avec un pinceau sur la surface supérieure du câble.</p>	
3	<p>Nettoyer la partie supérieure du moule de brasage avec acétone et chiffon blanc.</p> <p>NOTE: la figure montre le nettoyage avec éponge. Cependant, il vaut mieux utiliser le chiffon blanc.</p>	

4

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

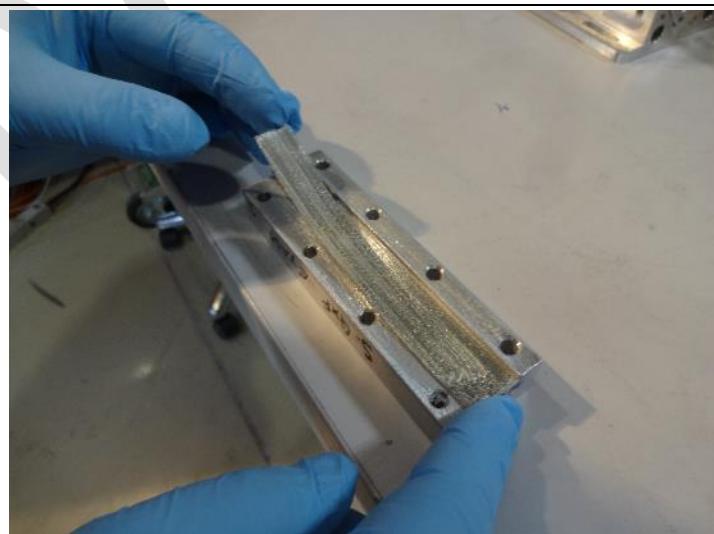
**5**

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.



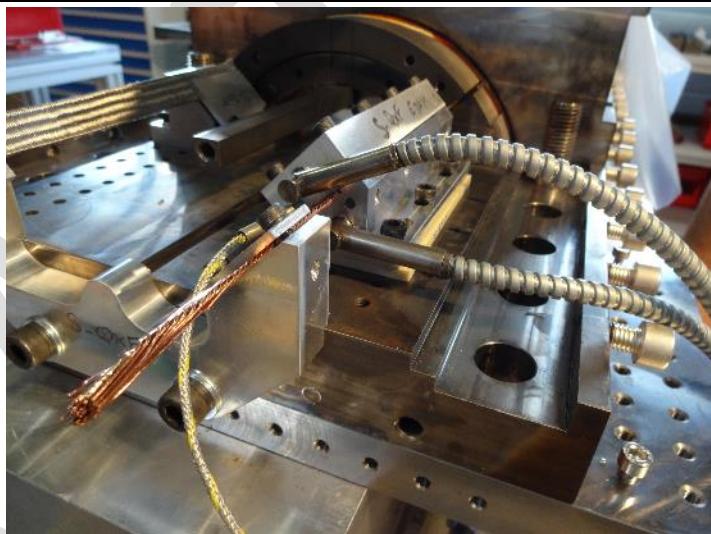
7

Fermer le moule sur le câble.



8

Placer les résistances et le thermocouple dans les 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 lite par le thermocouple est de 160°C, démonter le moule de brasage.

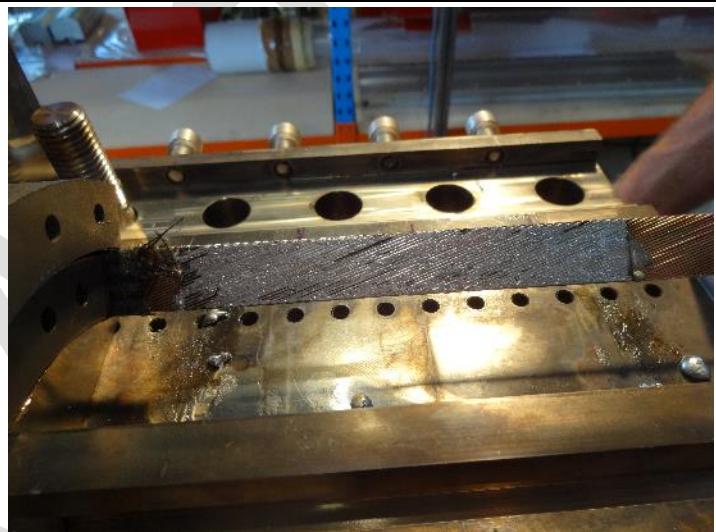
NOTE: ne pas attendre jusqu'à ce que la température ambiante soit atteinte pour ouvrir le moule, sinon il serait difficile, puisque l'assemblage va se coller.

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 pré-brasé.



12

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



13

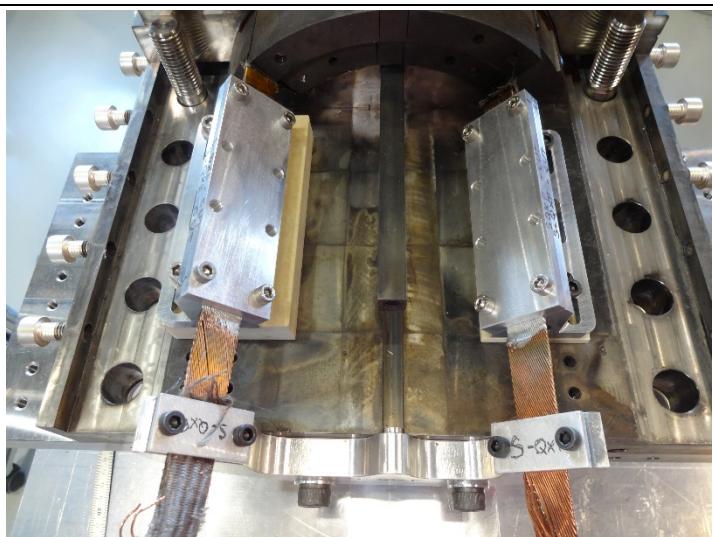
Nettoyer le câble et nettoyer les oxydes par la surface:

- Scotch-Brite et acétone (avec délicatesse)

Alcool et chiffon blanc

14

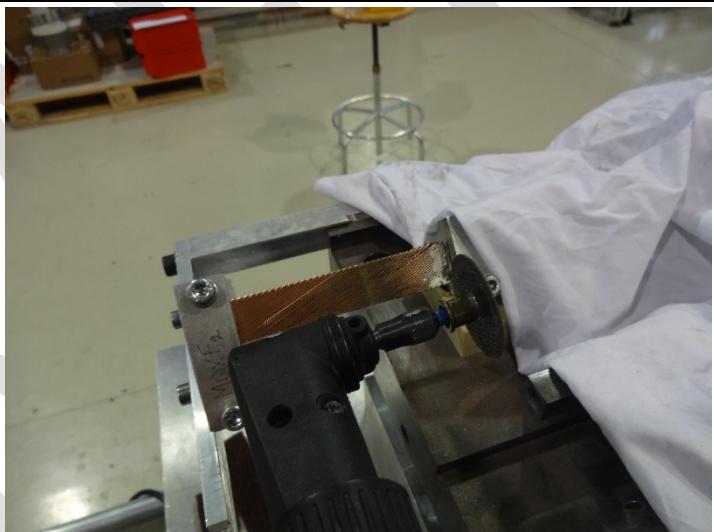
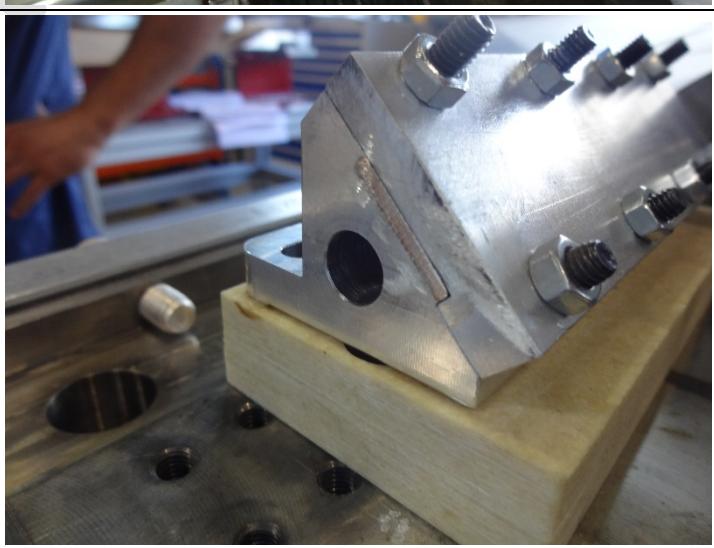
Répéter toutes les opérations précédentes pour pré-souder l'autre câble de Nb₃Sn.



DRAFT

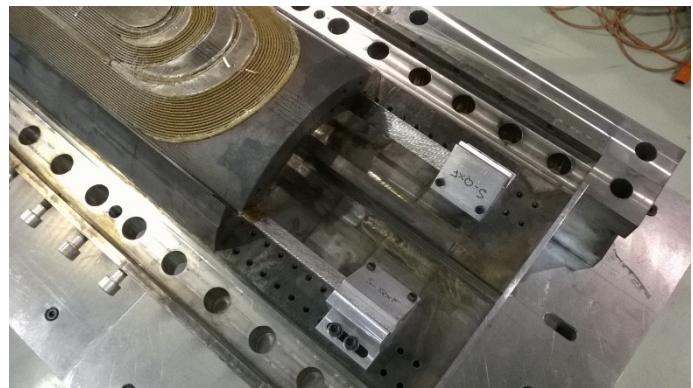
4. COUPE DU CABLE

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">• Assembler l'outillage long pour tenir le câble qui est joint à la base du moule de réaction• Assembler l'outillage pour la coupe du câble (dessin LHCMQXFT0194)• Placer un chiffon autour de la zone de coupe, pour protéger les autres composants contre les copeaux pendant la coupe	
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.



DRAFT

5. PREPARATION DES SPLICES

Après le pré-brasage du câble de Nb3Sn, il faut préparer les splices.

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

La section de la splice est montrée dans la figure suivante par rapport au moule de brasage.

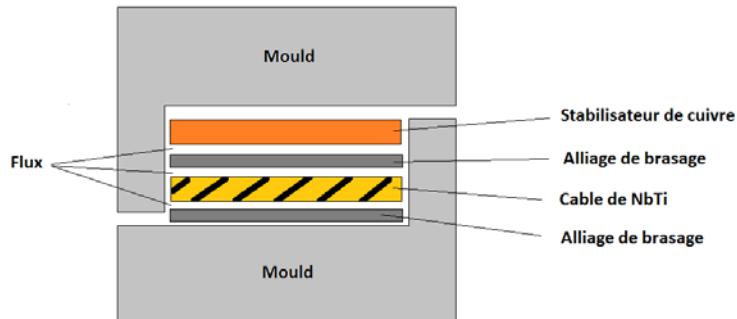


Figure 5.1: section de la splice dans le moule de brasage.

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 les braser aux câbles de Nb3Sn des couches interne et externe de la bobine.

Pour braser la splice, il faut utiliser deux moules de brasage, comment ceux qui sont montrés dans les figures suivantes.

La grande partie a une longueur de 400 mm et la petite partie a une longueur de 130 mm : ça suffit pour couvrir toute la longueur de la splice en faisant le brasage en deux étapes. Ça sera montré le long de la procédure.

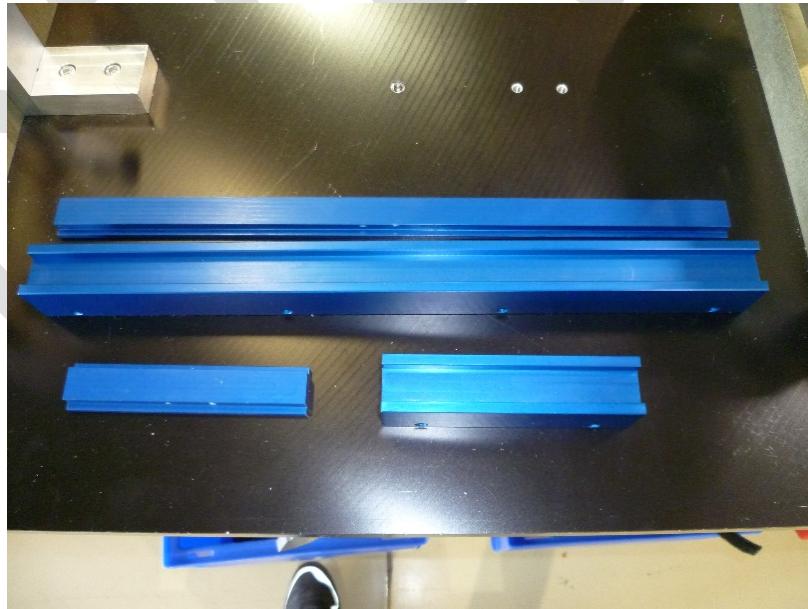


Figure 5.2: moules de brasage, ouverts.

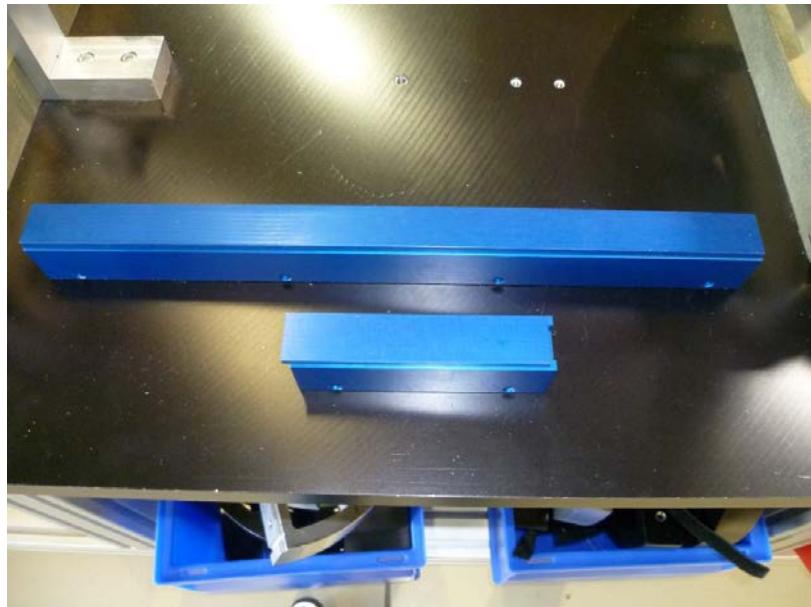


Figure 5.3: moules de brasage, fermés.

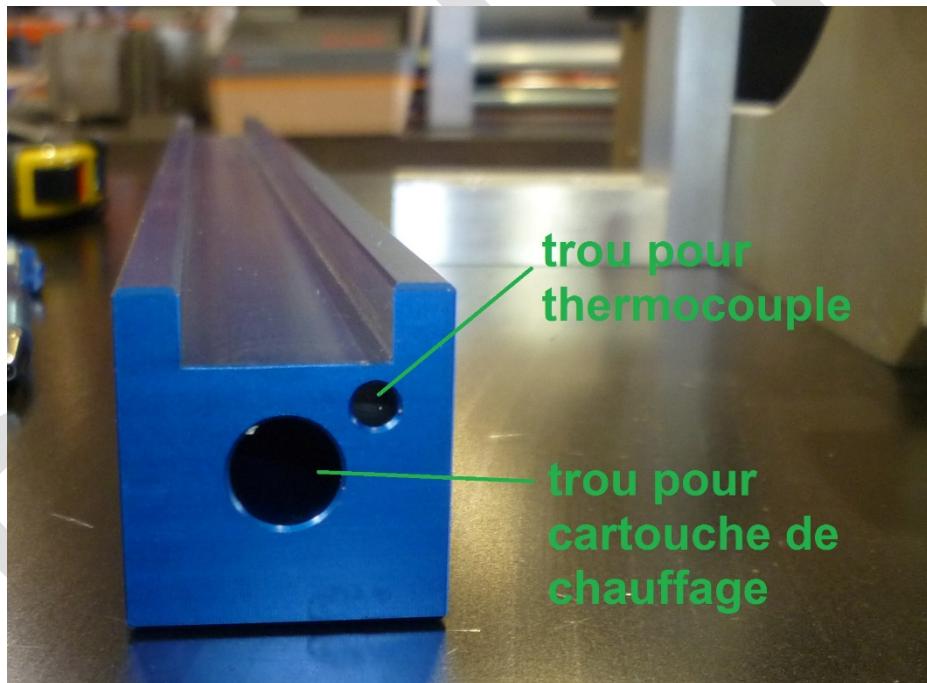


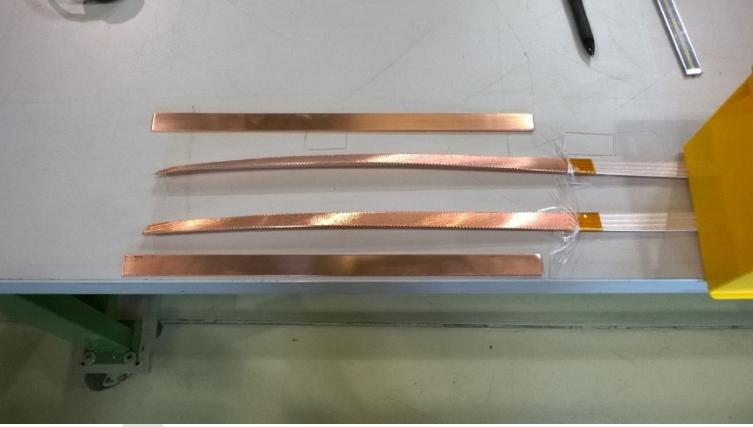
Figure 5.4: détails des trous sur le moule.

La splice de la bobine sera faite en deux étapes:

1. Pré-brasage du câblé NbTi
2. Brasage du câble NbTi avec le stabilisateur de cuivre

Les opérations à faire sont décrites dans les deux sous-paragraphe suivants.

5.1 PRE-BRASAGE DU CABLE NbTi

1	Couper n°2 câbles de NbTi <ul style="list-style-type: none">• Largeur 18.15 mm• Épaisseur 1.92 mm• Longueur 1500 mm
2	<p>Couper n°2 stabilisateurs de cuivre et les 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	Nettoyer le moule de brasage avec acétone et chiffon blanc avant l'utilisation.
5	Préparer le moule de brasage avec les cartouches de chauffage.

6

Préparer une bande d'alliage de brasage Sn₉₆Ag₄ avec les mêmes dimensions du moule et sur lui enduire le flux MOB39.

**7**

Placer la bande d'alliage de brasage (Sn96Ag4) dans le moule.

**8**

Enduire le MOB39 sur le câble.

Placer le câble de NbTi dans le moule au-dessus de la bande d'alliage.



9

Placer une bande d'alliage au-dessus du câble.

Enduire le MOB39 sur chaque surface de la bande avant de la mettre dans le moule.

**10**

Fermer le moule.

**11**

Serrer le moule par des kant-twist.



12

Placer le thermocouple dans son trou.

**13**

Placer l'aspirateur au-dessus du moule et l'allumer.

**14**

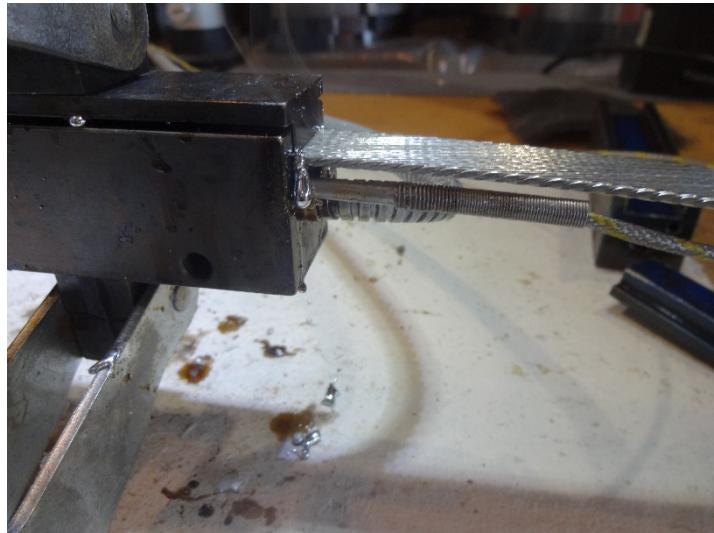
Régler la température des cartouches à 260°C.



15

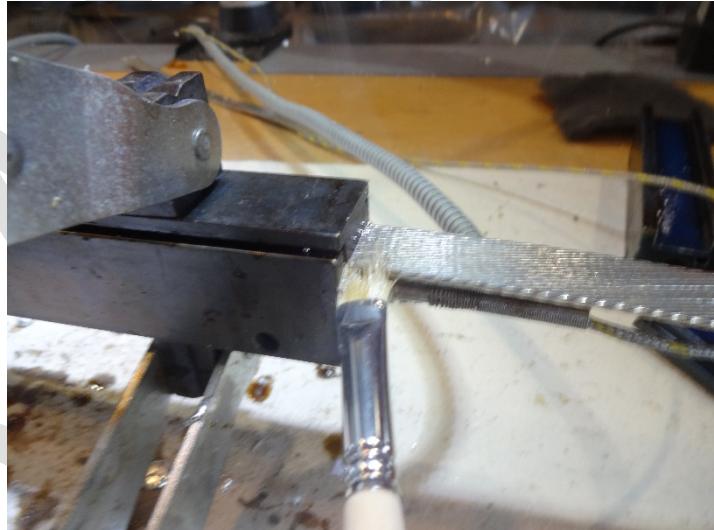
Enlever l'alliage liquide qui sort du moule par un pinceau enduit avec MOB39.

Voir aussi l'étape suivante.



16

Détail de l'enlèvement de l'alliage liquide.



17

Quand la température lue par le thermocouple est au moins 240°C, la laisser constante pour une-deux minutes.

Après, régler la température à 20°C



18

Quand la température lue par le thermocouple est environ 180°C, démonter le moule.

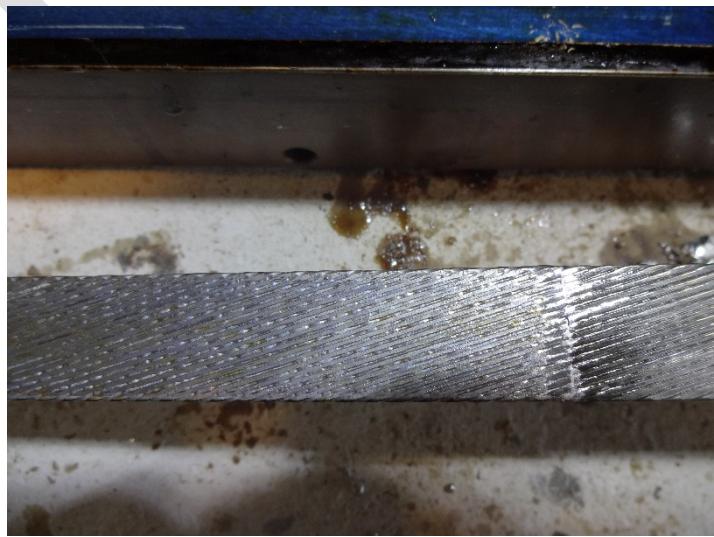
NOTE: ne pas attendre jusqu'à ce que la température ambiante soit atteinte pour ouvrir le moule, sinon il serait difficile, puisque l'assemblage va se coller.

**19**

Détail du moule démonté.

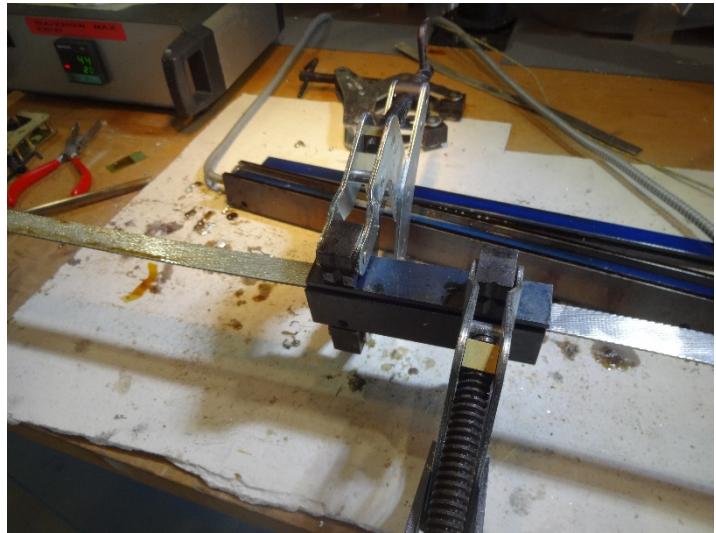
**20**

Détail du câble après pré-brasage.



21

Répéter les opérations précédentes pour pré-braser la dernière partie du câble par le petit moule.

**22**

Nettoyer le câble avec alcool blanc et chiffon blanc.

5.2 BRASAGE DU CABLE NbTi AVEC LE STABILISATEUR DE CUIVRE

Après le pré-brasage du câble, il faut braser le stabilisateur de cuivre.

Les étapes suivantes montrent comment faire cette opération.

1

- Placer le câble pré-brasé dans le moule (enduire le MOB39 sur chaque surface du câble)
- Préparer le stabilisateur de cuivre (enduire le MOB39 sur la surface qui sera à contact avec la bande d'alliage)
- Préparer une bande d'alliage (enduire le MOB39 sur chaque côté de la bande)



2

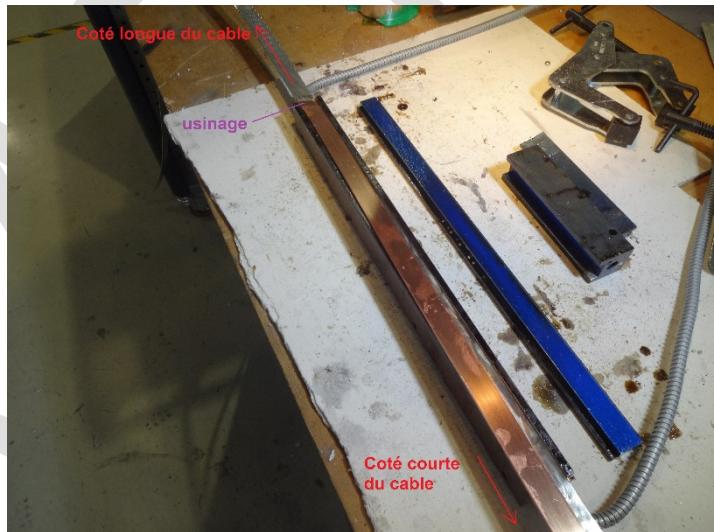
Placer la bande d'alliage dans le moule.

**3**

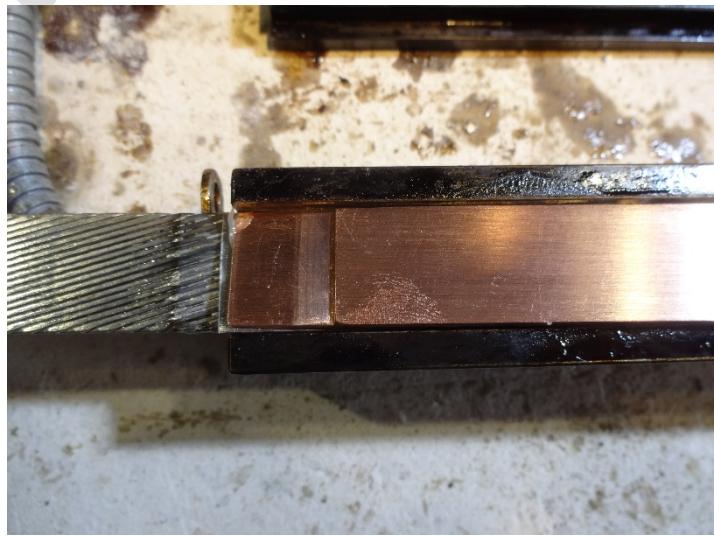
Placer le stabilisateur dans le moule.

L'usinage du stabilisateur doit être à la côté longue du câble.

Voir les étapes suivantes pour l'orientation du stabilisateur.

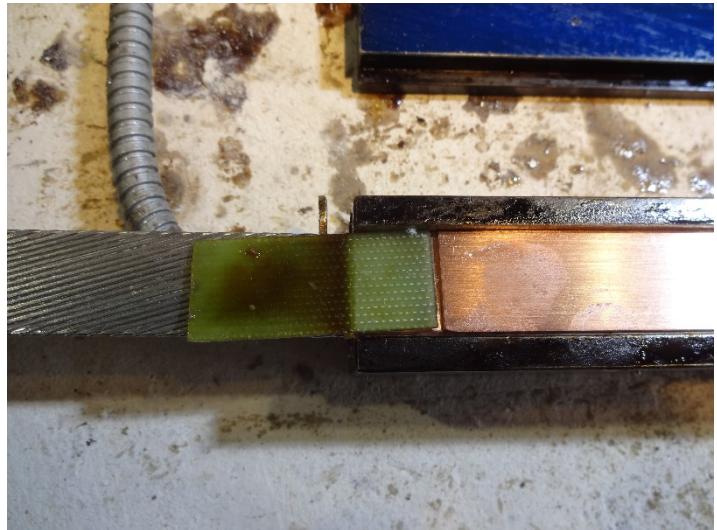
**4**

Détail de l'usinage du stabilisateur.



5

Placer une petite cale de G11 pour remplir l'usinage du stabilisateur.

**6**

Fermer le moule de brasage.

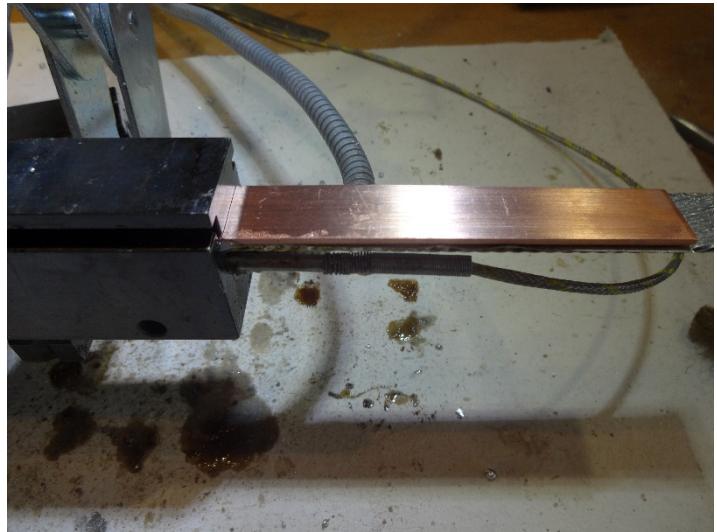
**7**

Placer les agrafes pour serrer le moule.



8

Placer le thermocouple dans son trou.

**9**

Répéter le même cycle de chauffage qui a été suivi pendant le pré-brasage et démonter le moule pendant le refroidissement à 180°C.

10

Enlever la splice du moule.

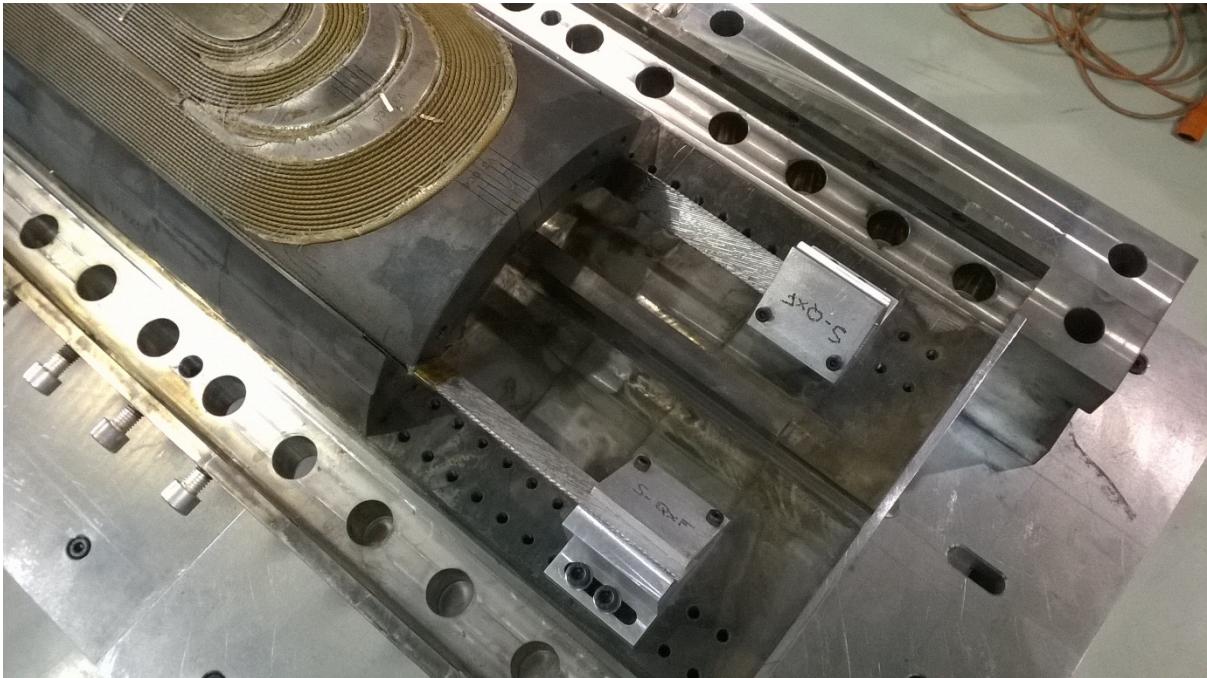


11	Assembler la petite partie du moule et braser la dernière partie de la splice.	
12	Répéter le même cycle de chauffage qui a été suivi pendant le pré-brasage et démonter le moule pendant le refroidissement à 180°C.	
13	Enlever le cable du moule.	
14	Après le brasage, il faut nettoyer les splices et enlever les oxydes par les surfaces en utilisant: <ul style="list-style-type: none">• Scotch-Brite et acétone (avec délicatesse)• Chiffon et alcool blanc	

6. SPlicing

Apres 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 (cable NbTi + stabilisateur de cuivre) doivent etre brasées au cables 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.

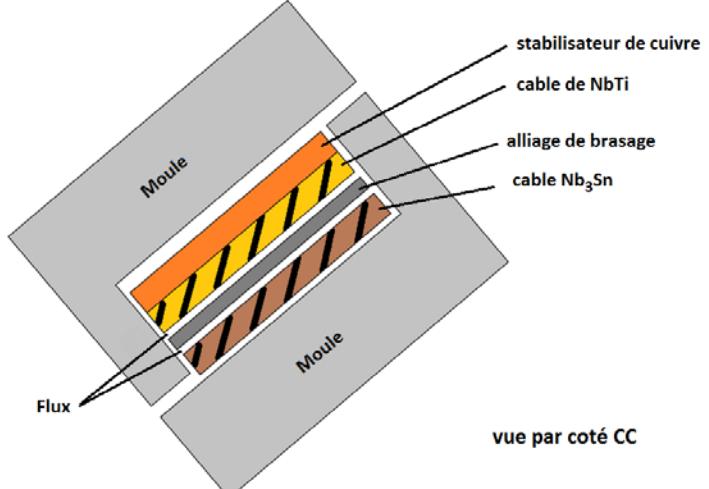
1	<p>Démonter le support du câble et assembler le moule pour le brasage (voir dessin LHCMQXFT0197).</p> <p>Avant l'assemblage du moule:</p> <ul style="list-style-type: none">• Nettoyer le câble avec chiffon et acétone• Nettoyer le moule avec chiffon et acétone	
---	---	--

2	Nettoyer les splices (stabilisateur de cuivre + cable de NbTi) avec acétone et chiffon	
3	<p>Réguler la position du moule de brasage par rapport à l'espacement OC4. La distance entre l'espacement 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'espacement 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

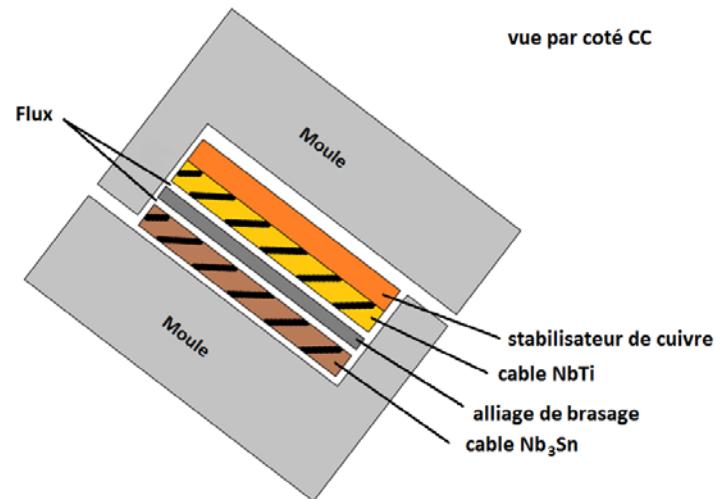
Placer la splice (NbTi câble + stabilisateur de cuivre). Le câble de NbTi doit être face au câble de Nb₃Sn.

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



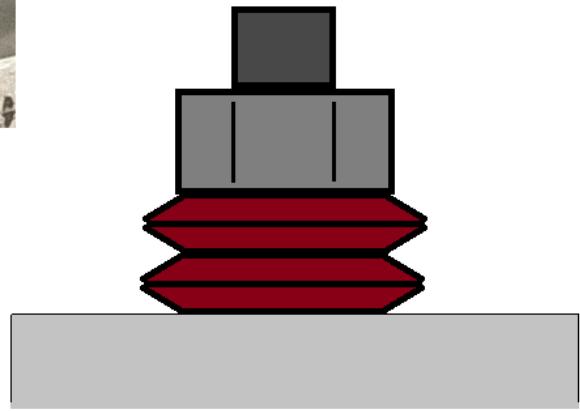
7

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



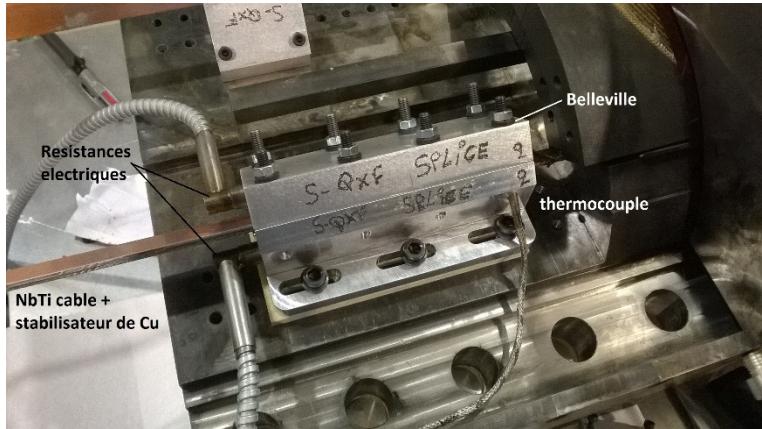
8

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



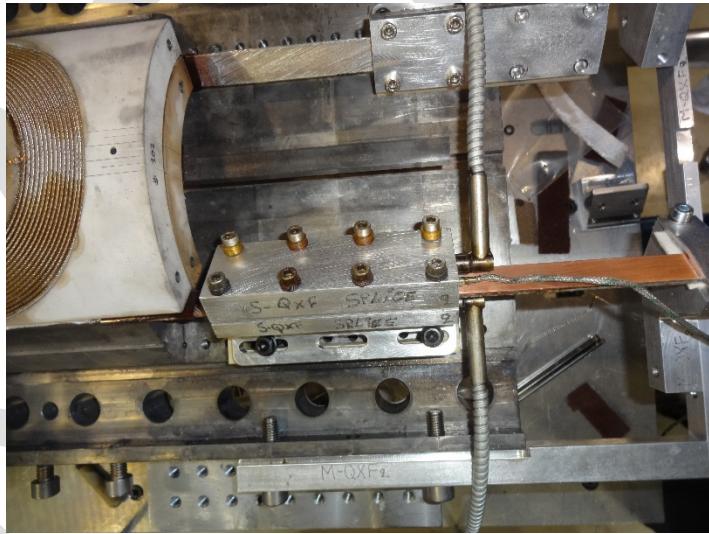
9

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 liti par le thermocouple est de 160°C, démonter le moule de brasage.

NOTE: pendant cette opération, ne pas plier le cable de Nb3Sn. Il est fragile et c'est facile à casser.
Demander aide aux collègues si nécessaire pour cette opération.

risque de plier le cable pendant le demontage du moule



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 espaces, 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, comment lequel montré dans la figure.

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



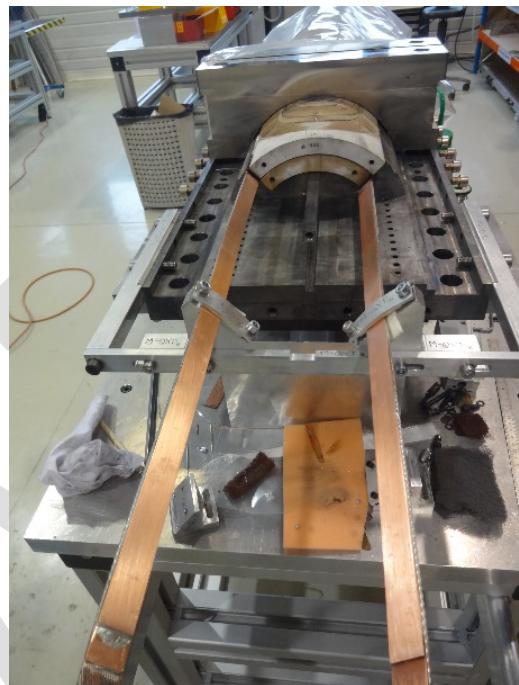
15

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

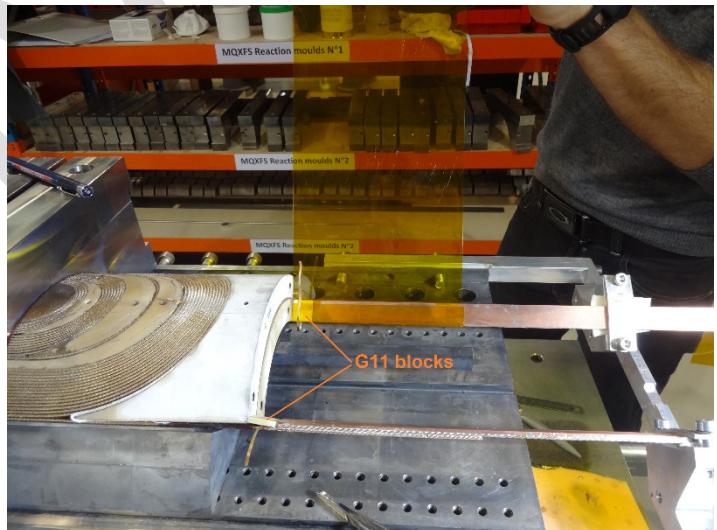
- Scotch-Brite et acétone (avec délicatesse)
- Chiffon et alcool blanc

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, incluses 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.

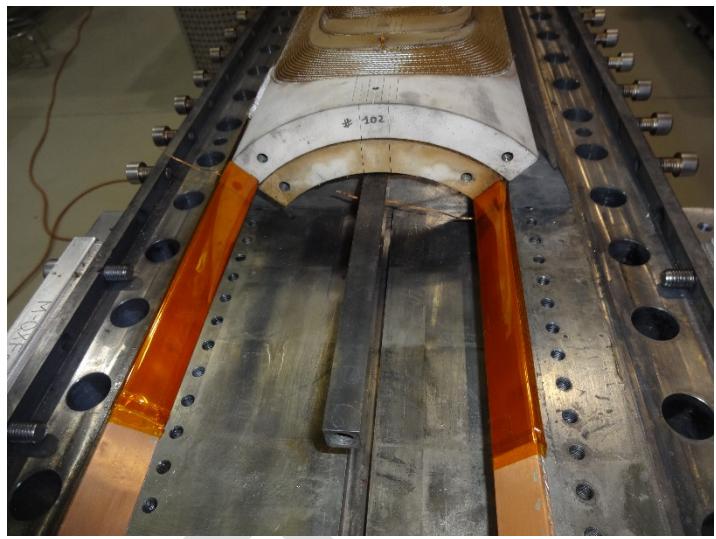
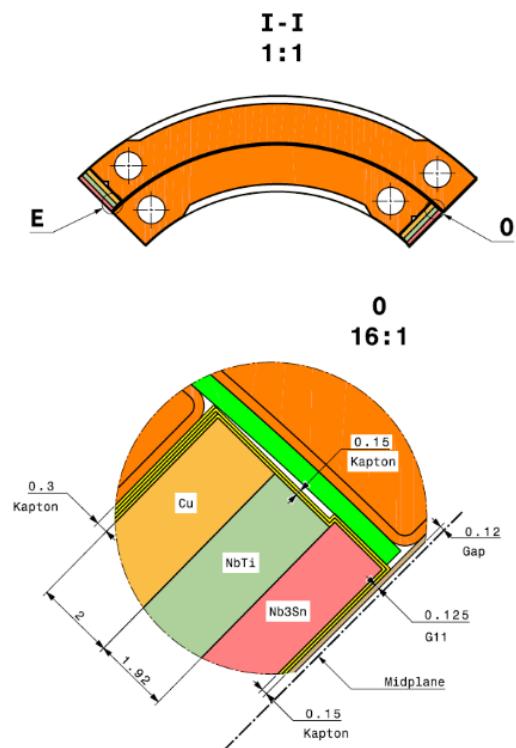
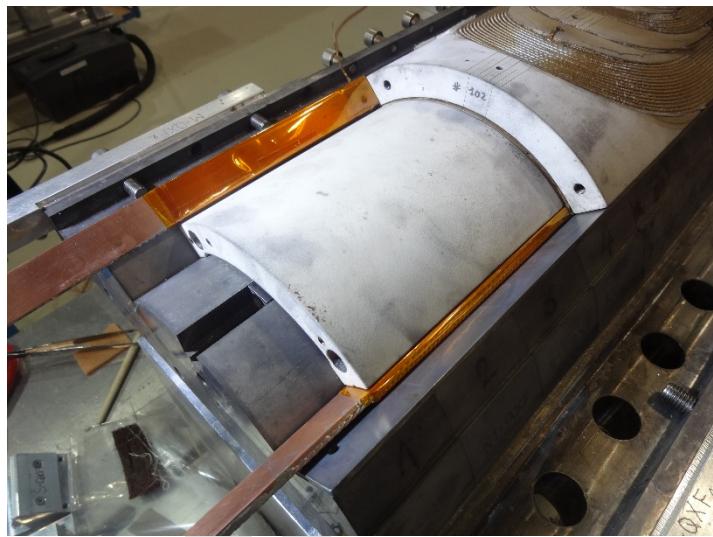
**19**

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



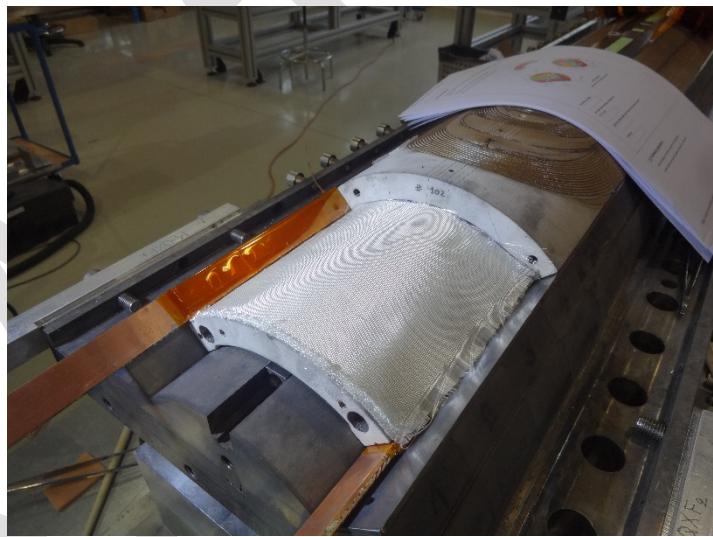
20

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.

