

DPT/SFC	Cahier des clauses Techniques particulières	Centre de Recherche Scientifique
CCTP		AOO.16-2024

Cahier des clauses techniques particulières

Pour l'acquisition de conducteur HTC pour le laboratoire Institut Née



CNRS – Délégation Alpes
25, Avenue des Martyrs
BP 166

38042 GRENOBLE cedex 9

@ : a.sfc-marche@dr11.cnrs.fr
Tel : 04.76.88.78.90

SOMMAIRE

Introduction	3
I. Description du projet.....	3
I.1 Objectif de l'acquisition.....	3
I.2 Avantages non financier supplémentaires pour le soumissionnaire sélectionné... Erreur ! Signet non défini.	
I.3 Personnes et organisations impliquées dans ce projet.....	3
II. Exigences fonctionnelles.....	4
II.1 Caractéristiques techniques.....	4

Introduction

Le laboratoire Institut Néel, unité du CNRS à Grenoble, en étroite collaboration avec le G2Elab, est à la pointe du développement de dispositifs supraconducteurs à grande échelle utilisant des supraconducteurs à haute température critique (HTS). En collaboration avec d'autres laboratoires grenoblois, et notamment le LEGI, l'Institut Néel a pour projet, dénommé « Archymed », de concevoir et fabriquer un aimant « splité » à grand trou destiné à accueillir des expériences de magnéto-science, en utilisant des rubans HTS REBCO.

I. Description du projet

I.1 Objectif de l'acquisition

Le projet Archymed vise à développer un aimant supraconducteur « splité » produisant 10 T dans le plan médian, dans un volume bien supérieur à l'état de l'art (l'objectif est un trou de 500 mm avec un espace de 60 mm entre les bobines). Ce dispositif sera bobiné en utilisant un conducteur basé sur les rubans REBaCuO (où RE représente un élément des terres rares) à haute température critique (HTS), et sera refroidi indirectement (sans utiliser de bain cryogénique liquide). L'aimant consistera en 2 bobines identiques et coaxiales, formées d'un empilement d'éléments de bobine planes (galettes) simples ou doubles. La température de fonctionnement cible n'est pas encore entièrement définie, mais elle se situera dans la plage 5 à 20 K.

Les objectifs du projet ont conduit à un premier design conceptuel pour ces bobines qui est déjà défini mais n'est pas disponible publiquement. Ce design (dimensions des bobines, courant et tension de fonctionnement, contrainte mécanique sur les enroulements...) est basé sur les propriétés des matériaux disponibles dans la littérature scientifique.

Ce CCTP (cahier des clauses techniques particulières) décrit les exigences techniques pour le conducteur qui sera utilisé pour le projet Archymed. Certaines exigences sont minimales pour garantir que les performances du dispositif répondent aux objectifs du projet. Par conséquent, toute offre doit répondre à l'ensemble des exigences minimales énumérées.

I.3 Personnes et organisations impliquées dans ce projet

a. Coordinateur du projet

Pascal Tixador,
Institut Néel
25 avenue des Martyrs
bâtiment E
BP 166
38042 Grenoble cedex 9,
+33 4 76 88 79 49,
Pascal.Tixador@neel.cnrs.fr

b. Expert scientifique

Arnaud Badel
Institut Néel
25 avenue des Martyrs
bâtiment V bureau 102,
BP 166
38042 Grenoble cedex 9
+33 4 76 88 90 39,
arnaud.badel@neel.cnrs.fr

c. Directrice de l'Institut Néel :

Laurence MAGAUD
neel.contact@neel.cnrs.fr

II. Exigences fonctionnelles

II.1 Caractéristiques techniques

a. Description générale des exigences

Les spécifications techniques pour le conducteur à livrer par le fournisseur pour la réalisation des dispositifs introduits ci-dessus sont les suivantes :

- **Type de matériau** : Le conducteur doit être basé sur un supraconducteur à haute température critique de type REBaCuO (où RE est un élément des terres rares ou équivalent, Ba représente le baryum, Cu le cuivre et O l'oxygène). Il doit être de type Conducteur Déposé, avec un substrat en Hastelloy et une section transversale rectangulaire (ruban).
- **Spécifications de livraison** : La livraison consiste en plusieurs longueurs unitaires de conducteur avec des caractéristiques homogènes et des performances de transport de courant atteignant ou dépassant les exigences présentées dans le §II.1.b.

Le conducteur doit avoir les caractéristiques suivantes :

- **Largeur du substrat Hastelloy** : Environ 4 mm.
- **Épaisseur du substrat Hastelloy** : Environ 50 μm , avec une homogénéité de $\pm 10\%$ sur toute la longueur.
- **Couche supraconductrice REBCO** : Peut utiliser différents matériaux comme éléments des terres rares (Y, Gd, Eu, etc.).
- **Revêtement cuivre** : Le ruban REBCO doit être revêtu de cuivre sur tous les côtés (y compris les bords), avec une épaisseur nominale de 40 μm au minimum
- **Homogénéité de l'épaisseur de la couche de cuivre** : L'épaisseur de la couche de cuivre doit être la plus homogène possible sur chaque longueur unitaire et entre les longueurs unitaires et ne doit pas être inférieure à 30 μm en tout point.
- **Dimensions totales du ruban** :

La largeur et l'épaisseur totale du ruban dans la proposition du soumissionnaire doivent être les plus homogènes possibles, avec un écart statistique inférieur à 5 % aux valeurs moyennes.

- **Quantité totale à livrer** : 88 longueurs unitaires de ruban REBCO, chacune de 420 m de long.

Toutefois, une option est ouverte pour livrer 44 longueurs unitaires de ruban REBCO, chacune de 840 m de long (variante facultative à l'initiative du CNRS n°1).

- **Longueurs unitaires** : Considérant les longueurs requises, chacune des longueurs unitaires peut être composée de plusieurs éléments, à condition que :
 - Aucun d'eux ne soit de longueur inférieure à 60 m.
 - Le nombre total de jonctions dans une longueur unitaire ne dépasse pas :
 - 3 pour l'option de 420 m.

- 6 pour l'option de 840 m.
- Les jonctions respectent les exigences de performance décrites dans le §II.1.b

b. Caractéristiques et performances requises du ruban

Les caractéristiques du conducteur telles que définies dans le §II.1.a ne sont pas suffisantes pour assurer un fonctionnement correct des dispositifs à réaliser dans le cadre du projet Archymed. Un très haut niveau de performances de transport électrique doit également être atteint dans la plage de fonctionnement (température comprise entre 4 et 20 K et champ magnétique de 0 à 17 T). Les performances des conducteurs dans cette plage de fonctionnement peuvent être définies en termes de :

- **Courant critique minimum et homogénéité à 77 K** : Fait référence à la valeur minimale de courant critique le long du conducteur sous champ propre et à 77 K. Le critère de test est un champ électrique de 1 $\mu\text{V}/\text{cm}$. La résolution de la mesure doit être inférieure à 1 cm. **Ce « Ic 77K min » doit être égal ou supérieur à 150 A en tout point, sur toutes les longueurs.**
- **Facteur de « lift »** : Le facteur de « lift » est défini comme le rapport entre le courant critique mesuré à 77 K sous champ propre et le courant critique à 15 K sous champ. Pour notre projet, **un facteur de « lift » de 2 est souhaité sous 15 T de champ appliqué quel que soit l'angle incident.**
- **Caractéristiques et performances requises des jonctions, le cas échéant** : Comme indiqué précédemment, chaque longueur unitaire peut être composée de plusieurs pièces jointes ensemble si les jonctions respectent les contraintes suivantes :
 - **Résistance des jonctions** : Chaque jonction doit avoir une résistance totale ne dépassant pas 100 nOhm à 77 K.
 - **Largeur du ruban dans la zone de jonction** : La largeur du ruban doit être maintenue autant que possible dans les mêmes limites que sur le reste de la longueur, une fluctuation de + 7 % peut être acceptée.
 - **Épaisseur dans la zone de jonction** : L'épaisseur ne doit pas dépasser 2,6 fois l'épaisseur nominale du ruban.

II.2 Services supplémentaires requis

a. Contrôle des performances et de la qualité

- Le conducteur doit avoir un aspect lisse et brillant, être exempt de rayures, de bavures, de graisse ou d'huile. Un processus de nettoyage approprié avec de l'alcool ou un produit similaire compatible avec le conducteur doit être appliqué par le soumissionnaire si nécessaire.
- Chaque longueur unitaire doit être livrée avec quelques mètres supplémentaires de ruban aux deux extrémités pour des raisons de manipulation. Ces longueurs supplémentaires n'ont pas d'exigences en termes de capacité de transport de courant et peuvent être constituées du même matériau ou d'un autre ruban métallique de dimensions similaires, à condition que le ruban supplémentaire attaché puisse supporter la tension mécanique appliquée sur le conducteur (de l'ordre de quelques dizaines de newtons).

- **Rapport de contrôle** : Chaque longueur unitaire fait l'objet d'un rapport de contrôle incluant :
 - La longueur.
 - L'épaisseur et la largeur mesurées du conducteur (avec fluctuations estimées).
 - Le courant critique, mesuré en continu sur la longueur, à 77 K sous champ propre.
 - Des informations détaillées sur le type, le nombre, la position, les dimensions et les performances des jonctions entre les longueurs de pièces de rubans REBCO, le cas échéant.

15 jours avant la date de sortie d'usine chaque rapport de contrôle sera adressé par courriel au responsable technique du marché, à l'adresse suivante : arnaud.badel@neel.cnrs.fr

b. Calendrier de livraison et expédition

De façon prévisionnelle, une première livraison de quelques longueurs unitaires est attendue dans le mois suivant la signature du contrat, et la livraison complète est souhaitée dans les six mois suivants. L'expédition doit être organisée avec le plus petit nombre possible de colis pour minimiser les coûts et la consommation d'énergie en matière de transport.

Le dessin des bobines sera fourni par le soumissionnaire pour validation par le CNRS avant livraison (par courriel au responsable technique du marché, à l'adresse suivante : arnaud.badel@neel.cnrs.fr). Les bobines doivent être emballées sous un film plastique scellé pour les protéger contre l'humidité et la poussière. Des caisses en bois appropriées ou similaires doivent être utilisées pour les protéger contre les chocs pendant le transport.