



Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (ISMO UMR 8214)

Université Paris Saclay
Bâtiment 520, rue André Rivière
91405 ORSAY Cedex

MARCHES PUBLICS DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

Pour l'achat par l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, la fabrication et les tests du prisme électromagnétique pour la colonne HREELM.

Table des matières

1- Introduction :	2
2- Caractéristiques techniques	2
A- Modèle 3D	3
B- Plans de fabrication	3
C- Pièces de déflexion magnétique :	3
D- La chambre à vide du prisme:	3
E- Caractérisation sur Banc de test :	4
3- Récapitulatif de l'ensemble des livrables :	5
5- Formation et tests sur site	6
6- Documentation	6
7- Admission	6
8- Garantie	7
9- Délais d'exécution	7

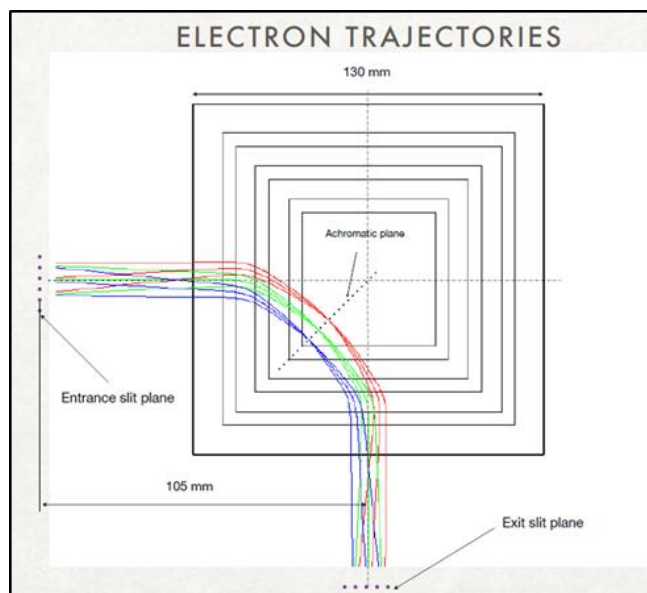
1- Introduction :

Ce CCTP (CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES) a pour but de permettre à l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay de mettre en place une procédure d'appel d'offre ouvert pour la réalisation d'un prisme électromagnétique pour le microscope à pertes d'énergies d'électrons à très haute résolution spectroscopique appelé HREELM, décrit dans la publication de l'année 2019 (<https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2019.112848>)

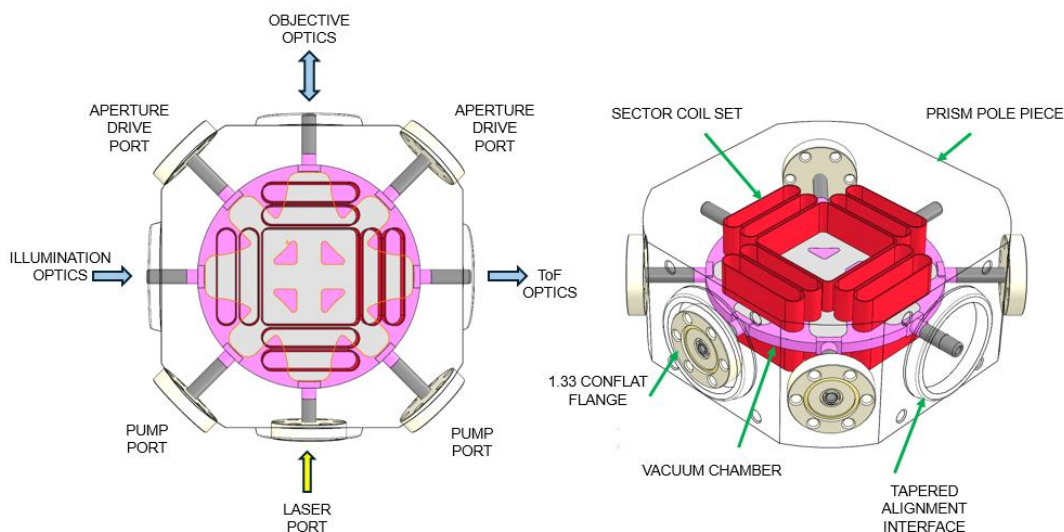
Le projet demandera la construction du prisme et les tests de fonctionnement avec un faisceau d'électrons dont les caractéristiques sont, sur le plan image à 105 mm du centre du prisme, un diamètre de 100 μm à 1,5 mm et un angle de convergence d'environ ~ 0.25 mrad.

2- Caractéristiques techniques

L'image à transmettre a une taille d'image comprise entre **100 μm et 1,5 mm**, un angle de convergence doit être $\leq 0,25$ mrad au plan image, pour une énergie de faisceau de **3 keV**. Une description de l'optique est donnée dans l'article de **M. Mankos et al.** (*Design for a high-resolution electron energy loss microscope, Ultramicroscopy*, vol. 207, déc. 2019, 112848 <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2019.112848>). Le prisme doit transmettre cette image et la dévier de **90 degrés**, sans aberration significative. Une aberration est considérée significative si elle provoque un flou ou un déplacement de plus de 9 μm sur le plan achromatique du prisme en tout point de l'image qui occupe au plus un carrée de 1,5 mmx1.5 mm. Cette limite d'aberration correspond à 3 pixels sur un détecteur de 500x500 pixels.



La géométrie globale est celle représentée ci-dessous. Un schéma avec les dimensions exactes sera transmis pour la réalisation.

PRISM BASIC LAYOUT

Les dimensions de base du prisme sont de 130 mm x 130 mm x 60 mm d'épaisseur. Il comporte quatre éléments mécanique coniques pour l'alignement des éléments optiques de colonne. Les tolérances pour la géométrie de chaque secteur, et le parallélisme des plaques du prisme, doivent être $\leq 25 \mu\text{m}$.

A- Modèle 3D

Un modèle 3D du prisme sera remis au titulaire et reste la propriété exclusive de l'ISMO. Aucun transfert de propriété n'est consenti au titulaire. Ces documents sont mis à disposition à la seule fin de la réalisation des plans de fabrication du module. Leur utilisation, reproduction ou communication à des tiers est strictement interdite, conformément aux droits de propriété intellectuelle.

B- Plans de fabrication

Les plans de fabrication seront réalisés par le titulaire à partir du modèle 3D fournis. Ils seront remis avec le prisme et seront la propriété exclusive de l'ISMO. Leur utilisation, reproduction ou communication à des tiers par le titulaire est strictement interdite, conformément aux droits de propriété intellectuelle.

Une réunion devra être fixée pour valider les plans de fabrication avant lancement de la fabrication du module

C- Pièces de déflexion magnétique :

Les défecteurs magnétiques sont fabriqués en fer magnétique (Fer type CONSUMET CORE IRON PER ASTM A848, TYPE I, CLASS I) ou équivalent (qualité ARMCO® Pure Iron) et comprennent les ensembles de bobines nécessaires, et leur électronique d'alimentation pilotable.

D- La chambre à vide du prisme :

Une chambre à vide en matériau non magnétique est située à l'intérieur de l'ensemble des défecteurs magnétiques. La pression dans la chambre à vide sera inférieure à 5×10^{-7} torr, et sera réalisée en titane amagnétique.

La chambre à vide possède quatre ports espacés de 90° pour le passage du faisceau d'électrons : Trois ports pour faisceau d'électrons, destinés à diverses optiques externes de colonne, sont étanchéifiés par joints toriques (O-ring). Un port laser est scellé avec une bride ConFlat de 1,33 pouce. (DN16CF)

La chambre à vide comporte également quatre ports supplémentaires espacés de 90°, décalés de 45° par rapport aux ports du faisceau d'électrons. Ces ports d'accès permettent l'intégration de deux ports de pompage et le positionnement de deux diaphragmes de limitation du faisceau. Les mécanismes de positionnement des diaphragmes sont mécaniques ou électromécaniques montés sur des brides ConFlat de 1,33 pouce.

Les tolérances pour la géométrie de chaque secteur, et le parallélisme des plaques du prisme, doivent être $\leq 25 \mu\text{m}$.

Diaphragmes de faisceau :

Les diaphragmes de faisceau sont en alliage platine/iridium (95/5). Ils sont interchangeable. Ils se présentent sous forme de bandes dotées de trous de tailles 5 μm , 20 μm , 50 μm et 100 μm et supérieur à 1.5 mm séparés d'au moins 2 mm. Les bandes de diaphragmes sont électriquement isolées et reliées à une électrode afin de permettre la mesure du courant du faisceau.

E- Caractérisation sur Banc de test :

Le prisme doit être testé par le fournisseur sur un banc de test. Ce banc doit comprendre les éléments nécessaires à la caractérisation sous vide des performances du prisme en simulant son utilisation finale avec une faisceau d'électron dont les caractéristiques ont été données en introduction de la partie 2. Le fournisseur réalisera l'ensemble des essais et opérations de caractérisation sur le banc de test prévu à cet effet, conformément aux spécifications techniques.

À l'issue de ces essais, le titulaire fournira un rapport de caractérisation détaillé présentant les conditions de mesure, les méthodes utilisées, les résultats obtenus ainsi que leur conformité aux performances attendues. La remise de ce rapport constitue un préalable obligatoire à la livraison de l'instrument.

Le système de caractérisation doit inclure les éléments suivants :

- 1) un système de pompage à vide, 2) une chambre de détection avec écran scintillant et sa caméra, 3) un canon à électrons avec ses alimentations, avec une énergie nominale de 3keV allant jusqu'à 5 keV.

Les étapes de caractérisations doivent être réalisées :

I) La distribution du champ magnétique de tous les secteurs du prisme est cartographiée en **trois étapes** : les bobines seules, les bobines insérées dans chaque pièce polaire séparément (avant assemblage), l'ensemble du prisme une fois assemblé.

II) Le système assemblé doit être mis sous vide et contrôlé pour détecter d'éventuelles fuites.

III) Le canon à électrons doit être utilisé pour un échantillon test (par exemple une **grille fine**) placé dans le plan de la fente d'entrée du prisme. Une image sans grandissement doit être enregistrée au **plan de dispersion du prisme** (c'est-à-dire au niveau du détecteur), iv) puis ses aberrations sont analysées.

IV) Les étapes III) et IV) sont répétées pour chaque **quadrant du prisme**.

Informations et contraintes supplémentaires :

Les alimentations individuelles des bobines du prisme varient de **3 à 20 A·t** (ampère-tours), et la stabilité des alimentations (ripple/noise) est ≤ 1 **10ppm**.

Les tolérances pour la géométrie de chaque secteur, et le parallélisme des plaques du prisme, doivent être ≤ 25 **μm** .

3- Récapitulatif de l'ensemble des livrables :

1. Prisme
2. Les diaphragmes et leurs mécanismes de positionnement
3. Plan de fabrication
4. Alimentations électriques pilotables en courant continu (DC) et câbles pour alimenter les bobines du prisme. Commande par ordinateur optionnelle.
5. Banc d'essai avec table isolée des vibrations.
6. Système de pompage comprenant : Pompe turbo-moléculaire et pompe ionique avec vanne de mise à l'air automatique, refroidissement approprié, contrôleurs et câbles associés.
7. Ensemble des composants du système à vide, incluant : les vannes d'isolement, les accessoires de vide et raccords associés. Jauge à ionisation avec contrôleur et câbles.
8. Canon à électrons à énergie variable jusqu'à 5 keV, avec déflexion électrostatique, alimentation et câbles associés. Fonctionnement nominal à 3 keV. Logiciel de contrôle optionnel.
9. Écran YAG isolé pour la détection des électrons, permettant l'imagerie et la mesure du courant. L'écran peut être positionné sur les différents ports face au faisceau sous vide. Le système comprend à une caméra adaptée.
10. Rapport présentant l'ensemble des tests demandés
11. Notice d'utilisation.

4- Livraison, installation sur site et mise en service

L'équipement sera préparé et mis à disposition par le titulaire pour l'expédition. L'unité ULISSE du CNRS prendra en charge le transport et tous les frais et risques associés à celui-ci (frais de transport, frais de douane, frais de logistique et de manutention, frais d'assurance, taxes locales, frais annexes). L'installation sur site et la mise en service sont à la charge du titulaire. L'instrument sera installé dans le bâtiment (520) de l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay au niveau R-1, dans la salle d'expérience S.N, pièce régulée en température à 20°C +/- 1°C

Cet instrument sera livré à l'adresse suivante :

Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay
Université Paris Saclay
Bât 520 – rue André Rivière
91405 ORSAY Cedex

Pour accéder à la pièce expérimentale au R-1, deux possibilités : soit par l'entrée principale du bâtiment en RDC avec l'utilisation d'un monte-charge de dimension (L x l x H : 2 x 1.6 x 1.90 m³), soit directement par le parking souterrain situé au R-1 si le véhicule de transport ne dépasse pas les 3 m de haut.

5- Formation et tests sur site

Le titulaire assure une formation pour les utilisateurs de l'appareil sur site avant de prononcer la mise en service (5 personnes au total).

Cette formation devra inclure (liste non-exhaustive) :

- 1- Comment piloter les optiques
- 2- Comment manipuler et changer les diaphragmes de contraste.
- 3- Comment effectuer les opérations de montage/démontage et de maintenance.

Durant la formation, l'équipement sera testé par le titulaire afin de confirmer qu'il répond aux exigences et performances du CCTP. Un rapport écrit sera fourni par le titulaire au laboratoire qui le validera sous 8 jours ouvrés. La **validation de rapport sera le point de départ des vérifications qualitatives et de services réguliers.**

6- Documentation

Le titulaire fournit toute la documentation permettant de faire fonctionner l'équipement de manière optimale et d'en assurer la maintenance courante. Il informera l'ISMO sur les vérifications réglementaires à effectuer via la documentation fournie.

7- Admission

L'ISMO disposera d'un délai 8 semaines à compter de la validation par l'ISMO de la réalisation de l'ensemble des prestations dues par le titulaire, hormis la garantie, pour procéder aux opérations de vérification qualitative et de service régulier de l'instrument au regard des caractéristiques techniques et performances stipulées par le marché.

8- Garantie

La durée de garantie de l'équipement est de 12 mois, couvrant l'ensemble des déplacements, l'ensemble de la main d'œuvre et l'ensemble des pièces détachées à l'exception des consommables, (les consommables sont définis comme des composants ayant une durée de vie inférieure à 12 mois).

9- Délais d'exécution

Le délai maximum de livraison des plans de fabrication, de fabrication et de mise à disposition de l'équipement dans les locaux du titulaire pour l'unité ULISSE, incluant la réalisation en amont de tests en usines, est de 70 semaines maximum à compter de la date de notification du marché.

À compter de la livraison sur site, le délai maximum pour l'installation, la mise en service, la formation et les tests du module sur site est de 10 semaines maximum.