

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES POUR LA FOURNITURE D'UN SYSTEME DE TRANSFERT D'ECHANTILLONS A FROID ET SOUS VIDE POUR LA LIGNE DE LUMIERE LUCIA

Date de diffusion	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Modifications
2026/03/17	Scientifique de ligne LUCIA Chargé d'affaire technique du Groupe ingénierie mécanique	Responsable de ligne Responsable mise en œuvre opération ligne Responsable Systèmes Mécaniques Lignes Responsable Système de Vide Lignes Responsable du groupe Achats	Adjoint au chef de projet	
Destinataires	Soumissionnaires			

PUBLIC

La version électronique fait foi.

Diffusion libre y compris à l'extérieur de SOLEIL. Cela n'entraîne aucune conséquence en termes de sécurité, ni de confidentialité.



TABLE DES MATIERES

1. PRESENTATION DU SYNCHROTRON SOLEIL	3
2. PRESENTATION DE SOLEIL II.....	3
3. PRESENTATION DE LA LIGNE DE LUMIERE	4
3.1. APERÇU DE LA LIGNE DE LUMIERE LUCIA.....	4
3.2. LA FUTURE STATION « NANO » DE LA LIGNE LUCIA	4
3.3. OBJECTIF DU PRESENT DOCUMENT	4
4. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME DE TRANSFERT	4
4.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	4
4.2. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU SYSTEME DE TRANSFERT CRYOGENIQUE SOUS VIDE	5
4.2.1. SUPPORT ECHANTILLON	5
4.2.2. STATION DE CHARGEMENT DES ECHANTILLONS	5
4.2.3. DISPOSITIF DE TRANSFERT (CANNE).....	6
4.2.4. STATION D'ACCUEIL SUR LA CHAMBRE EXPERIENCE	6
4.3. AUTRES EXIGENCES	6
5. TESTS D'ACCEPTATION	6
6. EXPEDITION ET MOYEN DE TRANSPORT	7
7. LIVRAISON ET MISE EN SERVICE	7
8. GARANTIE ET REPARATIONS	7
9. DOCUMENTATIONS.....	8
10. DOCUMENTATIONS A INCLURE DANS L'OFFRE	8

1. PRESENTATION DU SYNCHROTRON SOLEIL



Situé au cœur du cluster Paris-Saclay, à une vingtaine de kilomètres de Paris, SOLEIL est la source française de rayonnement synchrotron. Dans cette Très Grande Infrastructure de Recherche, les expériences reposent sur l'utilisation d'un rayonnement lumineux produit par des paquets électrons circulant quasiment à la vitesse de la lumière dans un anneau. Ce rayonnement, exceptionnellement brillant, couvre une gamme de longueurs d'onde très large : de l'infrarouge jusqu'aux rayons X, en passant par les ultraviolets. Ses caractéristiques (intensité, focalisation, stabilité...) permettent d'observer la matière à toutes les échelles, jusqu'à celle de l'atome, pour des expériences tant en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée ou d'intérêt industriel. Depuis 2008, SOLEIL est au service de nombreux domaines qui mobilisent la science et l'industrie aujourd'hui : la physique, la biologie, la chimie, la science des matériaux, l'environnement, les sciences de la Terre ou le patrimoine culturel, notamment. SOLEIL est placé sous la double tutelle du CNRS et du CEA, et offre à son personnel un environnement de travail pluridisciplinaire et international.

Pour plus de détails, on pourra se reporter au site web : <http://www.synchrotron-soleil.fr/>

2. PRESENTATION DE SOLEIL II

Le projet SOLEIL II est une modernisation ambitieuse de l'ensemble de l'installation qui permettra des expériences jusqu'à dix mille fois plus rapides, mille fois plus sensibles, avec une résolution à l'échelle du nanomètre, et ainsi de contribuer de manière décisive à de nombreux enjeux sociétaux dans la recherche sur les matériaux avancés, l'énergie et le développement durable, la santé et le bien-être, l'environnement.

Les premiers approvisionnements pour la construction de SOLEIL II débutent en 2024. Le fonctionnement de l'installation actuelle se poursuivra en parallèle jusqu'à l'automne 2028. Le démarrage de SOLEIL II est prévu pour 2030, avec une montée en puissance jusqu'en 2035.

Pour plus de détails, on pourra se reporter au site web : <http://www.synchrotron-soleil.fr/>

3. PRESENTATION DE LA LIGNE DE LUMIERE

3.1. APERÇU DE LA LIGNE DE LUMIERE LUCIA

La ligne "LUCIA" (Ligne Utilisée pour la Caractérisation par Imagerie et Absorption) est dédiée à des expériences de micro-absorption X (μ XAS) et de micro-fluorescence (μ XRF) dans le domaine des rayons X dits "tendres" (0.8-8 keV). Elle permet d'appliquer ces deux techniques non destructives à la mesure d'échantillons hétérogènes, de réaliser des cartographies élémentaires à l'échelle du spot de photons, et de décrire l'environnement local de ces éléments.

Un faisceau monochromatique est envoyé sur un échantillon placé sur une platine de translation. Des cartes de micro-fluorescence sont tout d'abord réalisées (éventuellement à différentes énergies de faisceau incident, tirant profit du faisceau monochromatique accordable). Les informations obtenues permettent de déterminer la localisation des éléments, leur abondance relative, ainsi que les autres éléments auxquels ils sont éventuellement associés. Les régions d'intérêt peuvent ensuite être sélectionnées afin de les analyser par XAS (sonde sélective locale fournissant des informations électroniques et structurales).

La gamme d'énergie offerte par LUCIA correspond aux meilleures performances de SOLEIL en termes de brillance. Elle permet des expériences de XAS au seuil K des éléments depuis le sodium (Na) jusqu'au cobalt (Co) et au seuil L du Nickel (Ni) au Gadolinium (Gd) ainsi qu'au seuil M des terres rares et des actinides.

3.2. LA FUTURE STATION « NANO » DE LA LIGNE LUCIA

Jusqu'à présent les analyses sont réalisées dans la station « micro » de la ligne LUCIA avec un faisceau de photons de $2.5 \times 2.5 \mu\text{m}^2$. Une nouvelle station, appelée station « nano », est en cours de conception et permettra d'obtenir un faisceau submicronique de $0.8 \times 0.6 \mu\text{m}^2$ (et de $0.4 \times 0.2 \mu\text{m}^2$ avec SOLEIL II). Des plans simplifiés de la chambre expérience de la station « nano » sont disponibles en Annexe 1. Le vide dans cette station expérimentale sera de 10^{-7} mbar et la station restera sous-vide pendant le transfert des échantillons.

3.3. OBJECTIF DU PRESENT DOCUMENT

Le présent document a pour objet de définir les besoins de SOLEIL relatif à la fourniture d'un **système de transfert d'échantillons cryogénique et sous vide** pour la nouvelle station « nano » de la ligne LUCIA.

4. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME DE TRANSFERT

4.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le système de transfert d'échantillons cryogénique et sous vide doit pouvoir transférer facilement et rapidement au moins 4 échantillons simultanément. Les échantillons sont initialement congelés et doivent être transférés dans la chambre expérience de la station « nano » de la ligne LUCIA, sur une interface d'accueil refroidie montée sur des platines motorisées (les platines motorisées

et l'interface d'accueil refroidie ne font pas partie de l'appel d'offres, cette interface refroidie sera définie d'un commun accord entre SOLEIL et le fournisseur et sera conçue par SOLEIL).

Certaines expériences ne nécessitant pas un transfert des échantillons en cryogénie, le système de transfert doit également pouvoir fonctionner à température ambiante (toujours sous vide) ; dans ce cas, les échantillons sont initialement à température ambiante et sont transférés dans la chambre expérience de la station « nano » de la ligne LUCIA, sur l'interface d'accueil montée sur des platines motorisées.

Le système doit comprendre un **dispositif de transfert (type canne)** mais également une **station de paillasse de chargement cryogénique** des échantillons sur la canne de transfert, un **système de fixation de la canne sur l'enceinte expérience** de la station « nano » et un **support échantillon**.

Une liste détaillée des spécifications techniques requises des quatre dispositifs est présentée dans les sections suivantes.

4.2. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU SYSTEME DE TRANSFERT CRYOGENIQUE SOUS VIDE

4.2.1. SUPPORT ECHANTILLON

- Le support échantillon doit permettre de fixer quatre échantillons les uns à côté des autres, sur un même plan. Les échantillons ne font pas partie de l'appel d'offres et un schéma est présenté en Annexe 2. Le support échantillon sera défini d'un commun accord entre SOLEIL et le fournisseur, tout en répondant aux critères définis dans ce paragraphe.
- Le support échantillon doit permettre la réalisation d'expériences de fluorescence X dans la chambre expérience de LUCIA : un faisceau incident arrive perpendiculairement au plan des échantillons, deux détecteurs de fluorescence X sont placés de part et d'autre de l'axe faisceau et des échantillons, avec un angle de 13° par rapport au plan des échantillons (schéma en annexe 3). L'espace derrière les échantillons doit être laissé libre, sans matière, afin de limiter l'interaction des rayons X avec d'autres matériaux que l'échantillon en cours d'analyse.
- Afin de permettre une bonne conductivité thermique, de limiter l'émissivité et l'interaction des rayons X avec un matériaux pouvant être d'intérêt pour les analyses, le support échantillon devra être en cuivre OFHC.

4.2.2. STATION DE CHARGEMENT DES ECHANTILLONS

- La station doit permettre de monter facilement les échantillons sur le support échantillon dans l'azote liquide ou dans les vapeurs d'azote, en fonction des échantillons.
- La station doit permettre de monter facilement le support échantillon sur la canne de transfert.
- La station doit limiter la formation de givre sur les échantillons pendant le montage et récupération des échantillons.
- La température de travail doit être inférieure à -140°C.
- Une fois la température de travail atteinte, le système doit pouvoir rester à cette température pendant au moins une heure sans intervention humaine.
- La station doit être équipée d'une fonction de dégivrage et réchauffement.

4.2.3. DISPOSITIF DE TRANSFERT (CANNE)

- Le dispositif doit permettre le transfert de quatre échantillons en cryogénie en maintenant le support échantillon à une température inférieure à -140°C et sous vide (inférieur à 10^{-2} mbar). Le dispositif doit assurer ces conditions de pression et de température pendant le temps nécessaire au transfert des échantillons de la station de chargement à la station d'accueil de la chambre expérience soit un minimum de 30 min.
- Le dispositif doit être transportable par une seule personne.
- La longueur du dispositif doit être adaptée à la taille de la chambre.
- Le plan des échantillons doit être positionné perpendiculairement à l'axe faisceau (Annexe 3).
- Une fois le support échantillon transféré sur les l'interfaces d'accueil à l'intérieur de la chambre expérience, la canne doit pouvoir se rétracter et être dissociée de la chambre expérience pour libérer l'espace autour de l'échantillon.
- Le dispositif doit être équipé d'une fonction de dégivrage et réchauffement.

4.2.4. STATION D'ACCUEIL SUR LA CHAMBRE EXPERIENCE

- La station d'accueil doit se fixer sur l'enceinte expérience de la station « nano » via une bride CF63 comme indiqué sur le schéma en Annexe 1.
- Elle doit rentrer dans l'espace laissé disponible par les autres équipements de la station « nano » (schéma en Annexe 4).
- Le vide dans le sas de la station d'accueil doit être inférieur à 10^{-2} mbar.
- Le transfert du support échantillon dans l'enceinte expérience de la station « nano » ne doit pas engendrer une remontée du vide de l'enceinte expérience de la station « nano » au-dessus de 10^{-6} mbar.

4.3. AUTRES EXIGENCES

L'ensemble des dispositifs doit être contrôlé par un système permettant de garantir les niveaux de vide et la température requise dans chacun des dispositifs.

L'ensemble de la procédure, du chargement des échantillons sur le support échantillon au retrait de la canne de transfert de la station « nano » doit pouvoir être réalisé par une seule personne et en moins de 45 minutes.

La canne doit être compatible avec différents porte-échantillons.

Au cas où d'autres instruments à SOLEIL pourraient nécessiter un système similaire, la station de chargement doit pouvoir éventuellement accueillir d'autres cannes du même type (pas simultanément).

5. TESTS D'ACCEPTATION

Les tests d'acceptations incluront :

- Lors du déballage du système, vérification de l'exhaustivité des éléments et de la documentation, contrôle visuel de la conformité aux spécifications de l'équipement.
- Assemblage et câblage des divers composants.
- Des tests de fuite préliminaires permettront de vérifier l'étanchéité de la canne de transfert à la contamination par l'air (taux de fuite $<1 \cdot 10^{-6}$ mbar·l/s)

- Vérification des performances techniques et des fonctionnalités du système de transfert.

La réception des équipements sera formalisée par un procès-verbal de réception signé sans réserve par le Titulaire et SOLEIL.

6. EXPEDITION ET MOYEN DE TRANSPORT

Outre l'adresse d'expédition (paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), les éléments suivants doivent figurer clairement sur l'extérieur de l'emballage : le numéro de marché SOLEIL et une étiquette indiquant le contenu. Une protection adaptée (par exemple, protection mécanique) du système de transfert doit être prévue pour le transport. Des capteurs de chocs ou d'impact doivent être fixés sur l'emballage pour l'expédition. Tous les dégâts éventuels subis par l'instrument pendant le transport sont de la responsabilité du Titulaire du marché. Les brides CF ouvertes doivent être protégées avec feuilles propres d'aluminium et des capuchons en plastiques. Le Titulaire doit fournir à SOLEIL des instructions claires et détaillées pour le déballage et la manipulation de l'instrument. Toute la documentation (procédures d'exploitation et de sécurité pour l'utilisation du système de transfert et celles de maintenance de base, les manuels pertinents, dessins, ...) doit être incluse dans l'emballage.

7. LIVRAISON ET MISE EN SERVICE

Le système de transfert sera à livrer à l'adresse suivante :

Synchrotron SOLEIL
L'Orme des Merisiers
Départementale 128
91190 Saint-Aubin
France

Le délai de livraison attendu est de 6 mois après la signature du marché ; la date de livraison sera fixée d'un commun accord entre le Titulaire et SOLEIL. SOLEIL s'occupera de l'installation du système sur la chambre expérience. Le Titulaire devra fournir un support rapide et les informations complémentaires dont SOLEIL aura besoin lors la mise en service et lorsque les tests d'acceptation sur site seront menés. SOLEIL et le Titulaire conviendront en amont de la date de mise en service afin de s'assurer de la disponibilité de ce dernier.

8. GARANTIE ET REPARATIONS

Le système de transfert cryogénique et sous vide doit être soumis à une période de garantie minimale d'un an. Le soumissionnaire proposera dans son offre une année de garantie supplémentaire en prestation supplémentaire éventuelle. La garantie devra couvrir la main d'œuvre, les déplacements et/ou transport A/R du système de transfert et les pièces de rechange pour défauts de matériaux et de fabrication. La période de garantie débute à la signature du procès-verbal de réception signé sans réserve par le Titulaire et SOLEIL. Lorsqu'il est retourné après une éventuelle réparation, le système de transfert doit répondre à toutes les spécifications initialement garanties au moment de l'achat.

9. DOCUMENTATIONS

Avant la réception de l'équipement, le Titulaire remet à SOLEIL un dossier complet reprenant tous les plans 2D et maquettes 3D au format numérique en version TQC (Tel Que Construit) :

- Les plans 2D pour l'ensemble des éléments du système de transfert, indiquant les tolérances d'usinage, à la fois au format PDF et dans le format natif du logiciel de CAO utilisé,
- Les maquettes 3D conformes à l'ensemble réalisé (TQC) au format PRT (SIEMENS NX) ou en STEP ISO 214

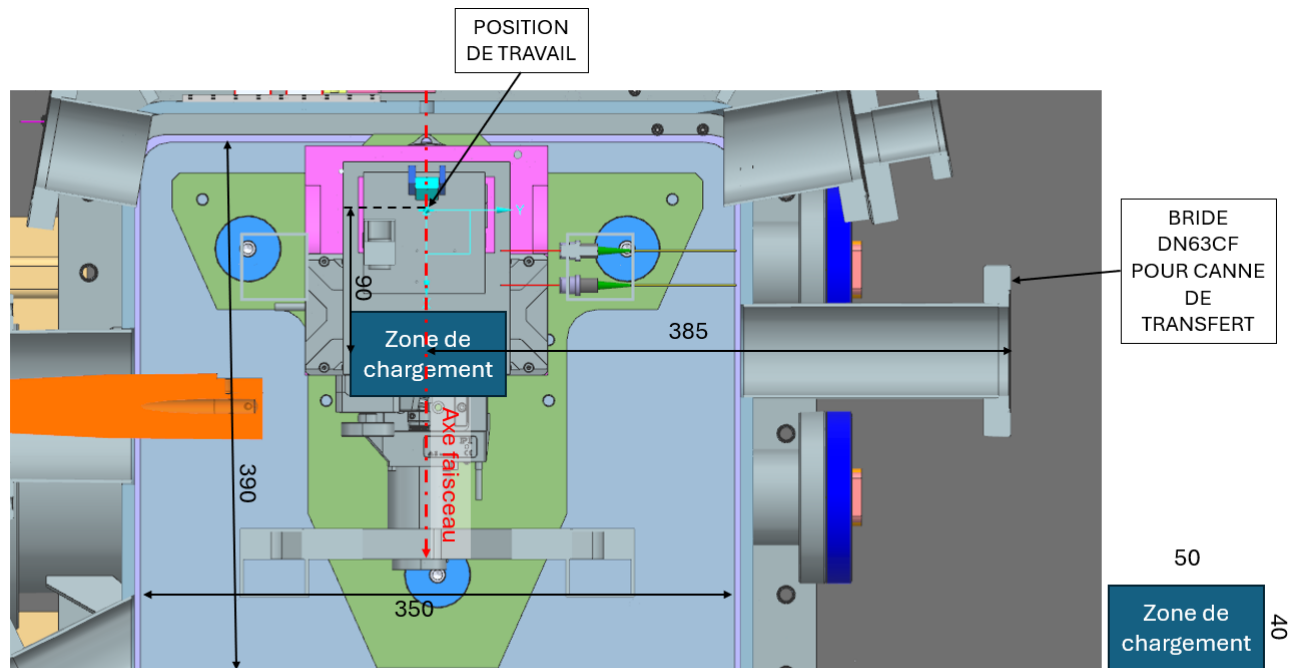
N.B. : Le logiciel CAO officiel de SOLEIL est SIEMENS NX, version 2406.

10. DOCUMENTATIONS A INCLURE DANS L'OFFRE

Les offres soumises à SOLEIL doivent inclure une proposition de conception écrite ainsi que les éléments suivants :

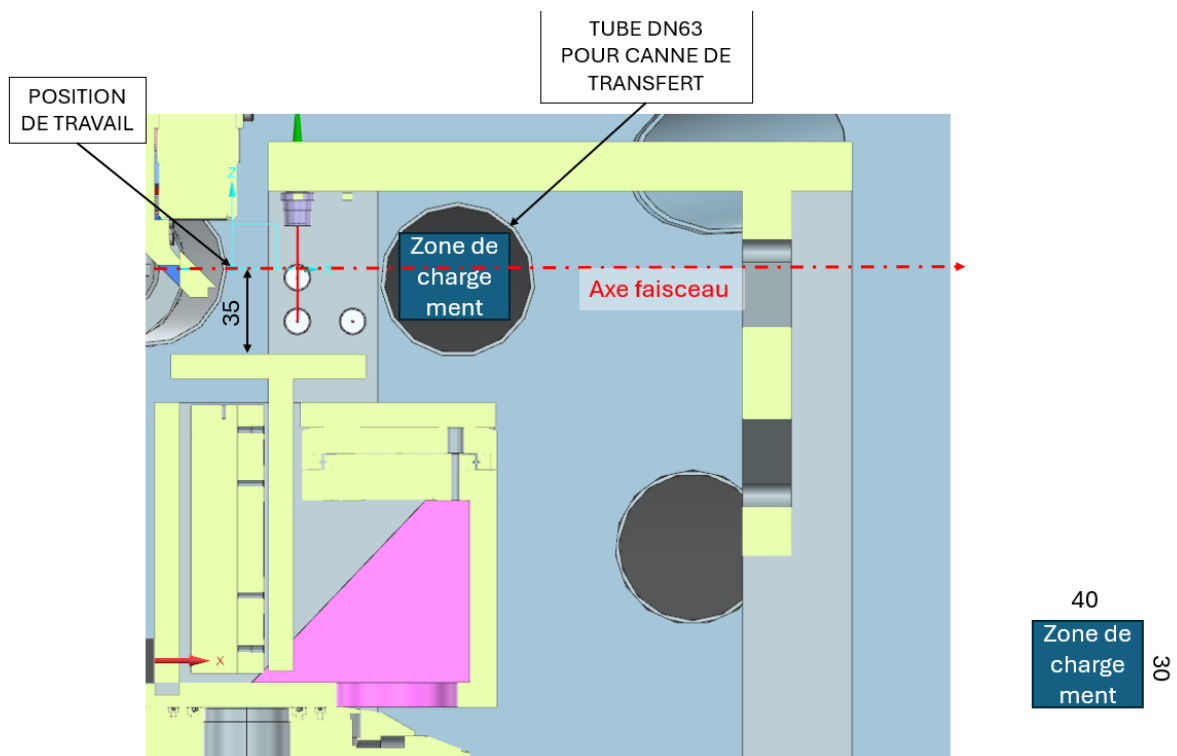
- Une description détaillée des performances techniques du système de transfert sur la base de tests à fournir, notamment
 - o Températures atteignables, durée nécessaire à la descente en froid, durées des maintiens en température de différents dispositifs
 - o Niveaux de vide dans les différents compartiments, durée nécessaire à la descente en vide, taux de fuite dans les compartiments restant sous vide statique
 - o Reproductibilité du positionnement du support échantillon lors de son transfert de la canne à l'interface d'accueil de l'enceinte expérience.
 - o Si plusieurs positions de chargement/déchargement du support échantillon de la canne vers l'interface d'accueil (ou de l'interface d'accueil vers la canne) sont nécessaires en fonction des conditions (canne portant ou non le support échantillon, à froid ou à température ambiante), indiquer ces différentes positions.
- Une liste détaillée de tous les prix et coûts (coût des différents dispositifs du systèmes de transfert), y compris toutes les options.
- Les délais de livraison.

ANNEXE 1 – VUE DE LA CHAMBRE EXPERIENCE DE LA STATION « NANO » DE LUCIA

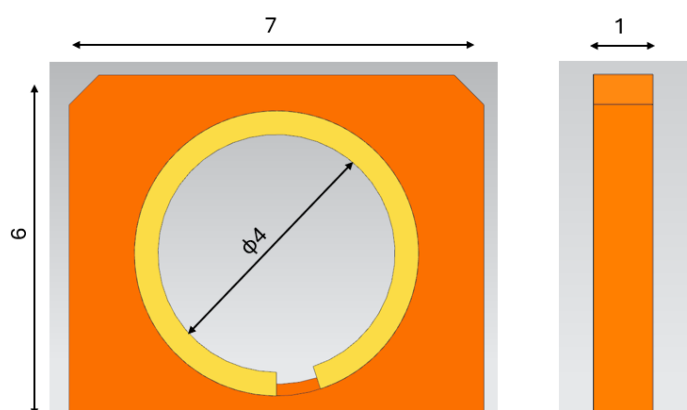


Les distances sont données en mm

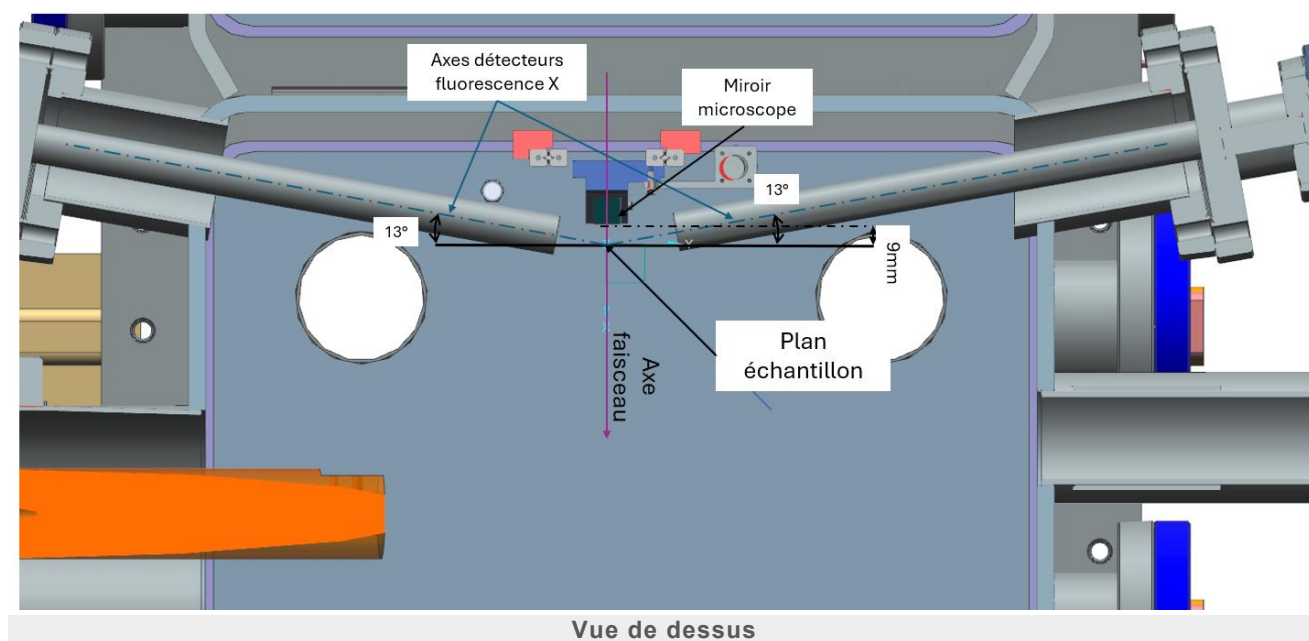
Vue de dessus



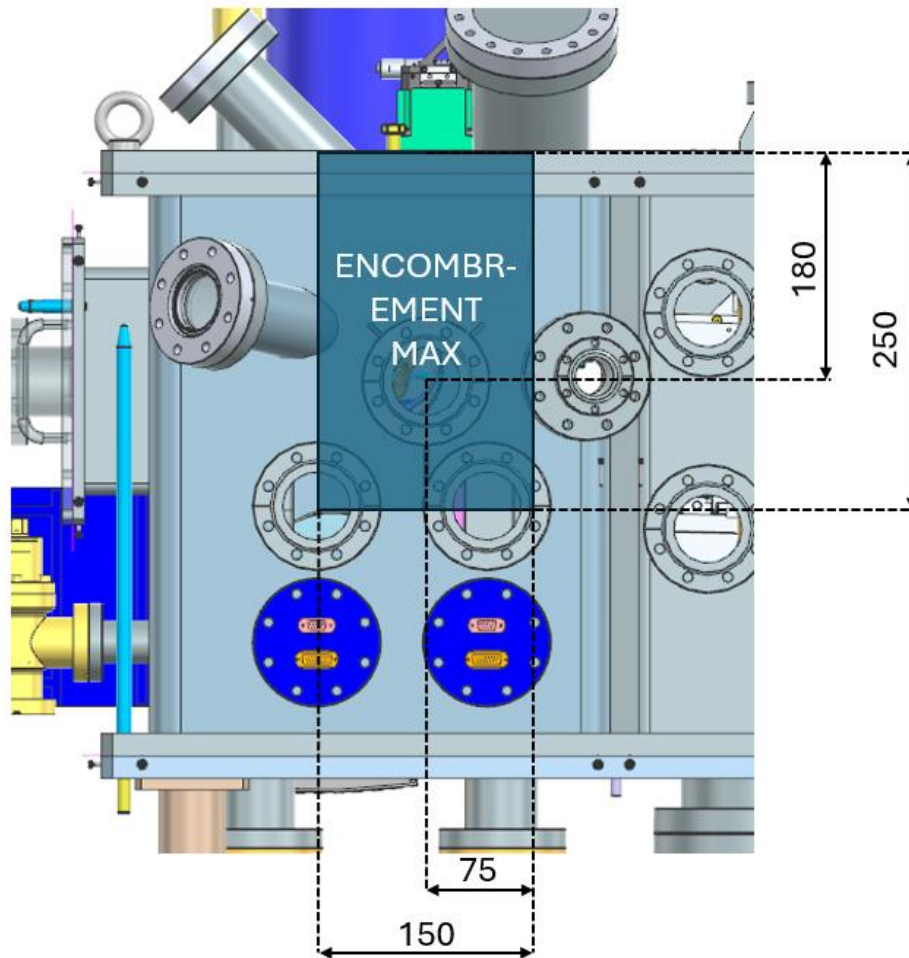
Vue de coté

ANNEXE 2 – SCHEMA DES ECHANTILLONS

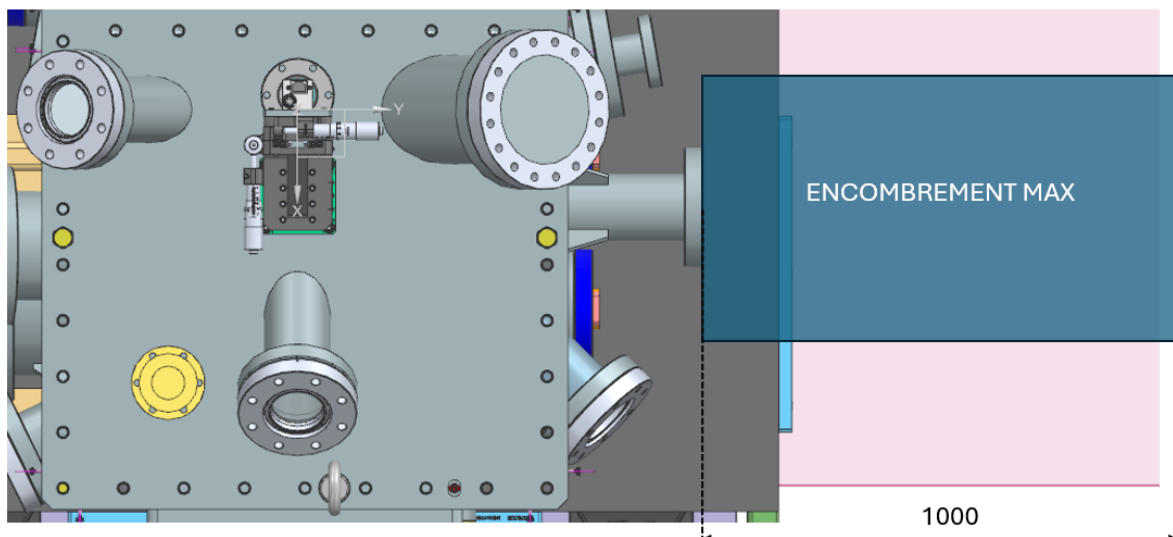
ANNEXE 3 – SCHEMA MONTRANT L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU SUPPORT ECHANTILLON



ANNEXE 4 - SCHEMA DE L'ESPACE PREVU POUR LA STATION D'ACCUEIL SUR LA CHAMBRE EXPERIENCE



Vue de coté



Vue de dessus