



PROJET D’ACQUISITION D’UN MICROSCOPE NUMERIQUE

SPECIFICATION TECHNIQUE DE BESOIN

	Rédacteur	Vérificateurs		Approbateur
Fonction	DPHY/CSE	Responsable AQ étude		Responsable de l’étude
Nom	David Lansade			
Visa				

GEN-F24-3 (GEN-SCI-003)

**HISTORIQUE**

Version Révision	Date de mise en application	Cause et/ou nature de l'évolution
1.0	01/04/2025	Création
2.0	17/06/2025	Modification1

---

## **SOMMAIRE**

1	OBJET .....	4
2	DOMAINE D'APPLICATION .....	4
3	DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS .....	4
4	PRESENTATION DU PRODUIT .....	4
4.1	MISSION .....	4
4.2	PRESENTATION FONCTIONNELLE .....	5
4.3	PRINCIPAUX CONSTITUANTS .....	5
4.3.1	Platine motorisée + source de lumière .....	6
4.3.2	Système de mise au point et mobilité des objectifs .....	6
4.3.3	Objectifs .....	6
4.3.4	Capteur numérique .....	6
4.3.5	Écran et unité principale .....	6
4.3.6	Objectif déporté .....	6
5	EXIGENCES .....	6
5.1	EXIGENCES FONCTIONNELLES .....	6
5.2	EXIGENCES OPERATIONNELLES .....	7
5.2.1	Exigence sur la durée de vie .....	7
5.3	EXIGENCES D'INTERFACES .....	7
6	CONTRAINTES IMPOSEES .....	7
6.1	CONTRAINTES D'ENVIRONNEMENT .....	7
6.2	CONTRAINTES LOGISTIQUES ET DE MISE EN ŒUVRE .....	12
7	VERIFICATIONS ET EPREUVES DE RECEPTION .....	13

---

## 1 OBJET

---

Ce document décrit les spécifications pour la fourniture, la livraison, l'installation, la mise en service et la formation sur site de l'ONERA TOULOUSE (31), d'un microscope numérique permettant d'observer des dépôts de contaminants sur des surfaces. Ce microscope doit permettre d'une part d'étudier ex situ (sur paillasse) des échantillons d'une surface de  $(5 \times 5) \text{ cm}^2$  avec une résolution permettant de distinguer des particules et/ou des gouttelettes de 800 nm. D'autre part, cet instrument doit permettre l'observation in situ d'échantillons de  $(2 \times 2) \text{ cm}^2$  placés dans une enceinte sous vide au travers d'un hublot.

## 2 DOMAINE D'APPLICATION

---

Ce microscope sera placé dans le laboratoire climatisé où se situe le dispositif expérimental PICOMAX auquel il sera associé. In situ, la taille des plus petits éléments à distinguer sur les échantillons sera de 5  $\mu\text{m}$ . Ex situ, la taille des plus petits éléments à distinguer sur les échantillons sera de 0,8  $\mu\text{m}$ .

En dehors de ces fonctions prioritaires, l'appareil pourra servir également pour des contrôles de rugosité ou de granulométrie, ainsi que pour l'inspection d'états de surface par multi acquisition d'angle de vue.

## 3 DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

---

Les spécifications techniques sont déclinées suivant deux niveaux d'importance :

- (P) : fonction primordiale et impérative. Exigence ou spécification impérative dont l'existence et le niveau minimal ne sont pas négociables. Ne pas atteindre une exigence peut mettre en cause la validité de la solution.
- (M) : fonction modulable. Fonction importante mais non indispensable.

Numérotation des exigences : [E\_xx] :

## 4 PRESENTATION DU PRODUIT

---

### 4.1 MISSION

Le microscope sera implanté à l'Onera Toulouse dans le département DPHY, plus particulièrement dans un laboratoire qui accueille des bâtis destinés à faire des expériences permettant la compréhension de phénomènes de contamination des satellites en environnement spatial. Il répond aux besoins de l'Onera en termes de caractérisation de surfaces contaminées. Il s'agit de matériaux très divers constitutifs la plupart du temps des surfaces des satellites.

## 4.2 PRESENTATION FONCTIONNELLE

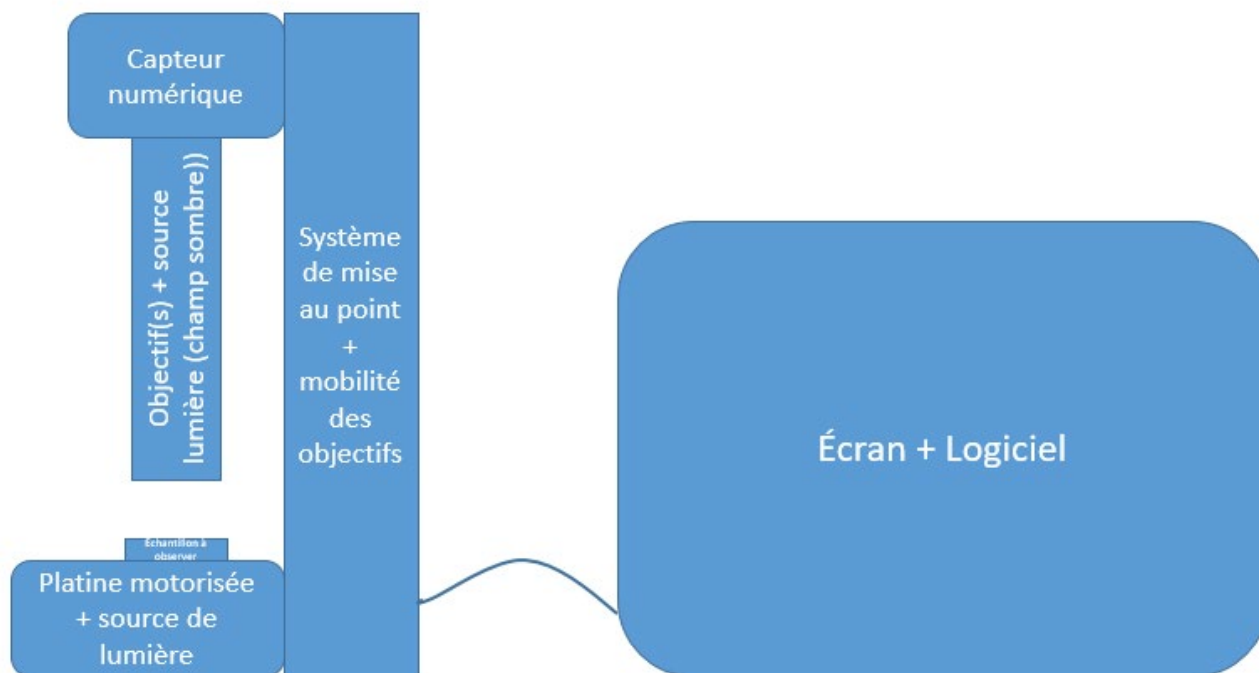


Figure 1 : Microscope numérique pour prise d'image ex situ

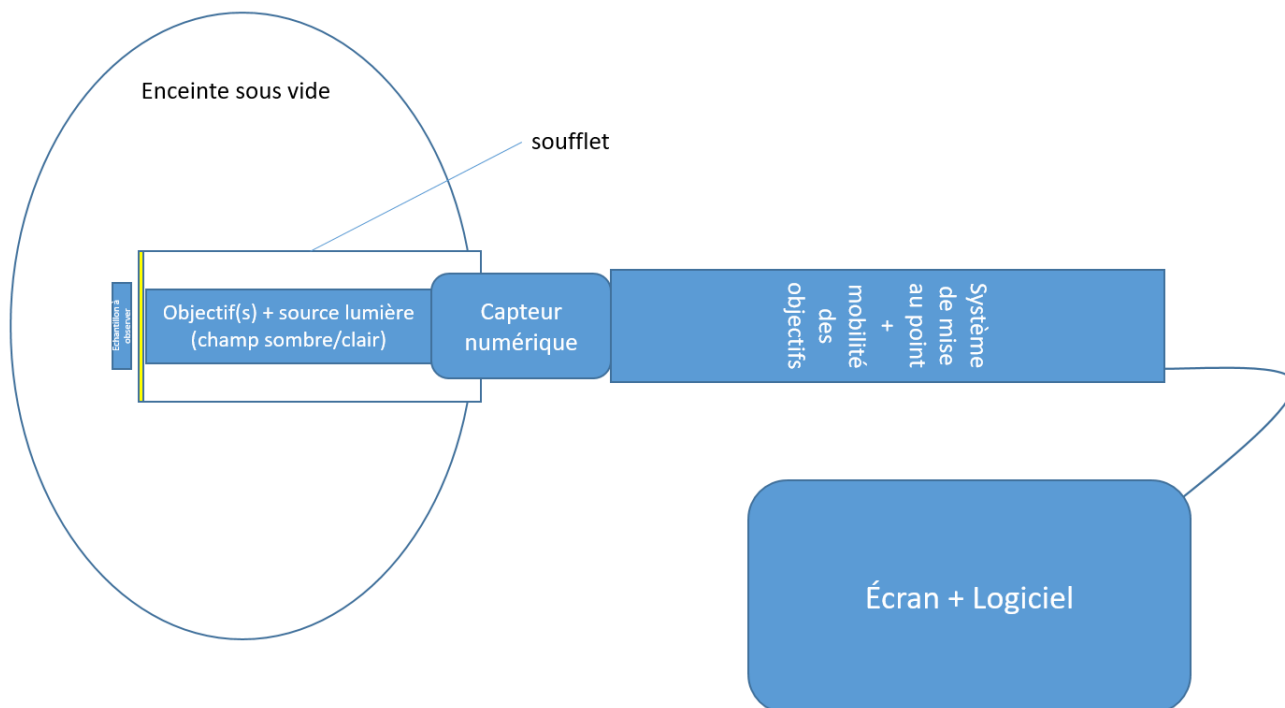


Figure 2 : Microscope numérique pour prise d'image in situ : l'objectif et peut-être une partie du capteur numérique et du système de mise au point doivent pouvoir pénétrer dans un soufflet muni en son extrémité interne d'un hublot (en jaune).

## 4.3 PRINCIPAUX CONSTITUANTS

Le microscope doit être composé des éléments suivants :

#### 4.3.1 Platine motorisée + source de lumière

Elle doit permettre le maintien et le déplacement sous l'objectif d'échantillons de tailles variables. Une source de lumière blanche doit permettre d'observer les échantillons par transmission.

#### 4.3.2 Système de mise au point et mobilité des objectifs

Il doit permettre de faire la mise au point et de changer l'angle de vue duquel sont observés les échantillons.

#### 4.3.3 Objectifs

Ce sont un jeu de lentilles qui permet l'agrandissement de l'image de l'échantillon. Des sources d'éclairage de l'échantillon doivent s'y trouver pour permettre de faire des prises de vue en champs sombre et clair.

#### 4.3.4 Capteur numérique

Doit permettre de capter l'image agrandie par l'objectif et de la convertir en signal numérique.

#### 4.3.5 Écran et unité principale

Permet l'affichage de l'image numérique et d'effectuer dessus un certain nombre d'actions.

#### 4.3.6 Objectif déporté

Même fonction que les autres objectifs mentionnés plus haut mais avec un échantillon placé sous vide à longue distance.

## 5 EXIGENCES

### 5.1 EXIGENCES FONCTIONNELLES

[EF\_01] Le microscope doit disposer d'un platine permettant l'étude ex-situ d'échantillon d'au moins (2 x 2) cm<sup>2</sup> **(P)**

Justification : C'est la taille standard des plus gros échantillons

[EF\_02] La résolution du microscope dans sa version ex-situ doit être au maximum de 1 µm **(P)**

Justification : On cherche à observer les plus petits éléments possibles en se rapprochant des limites de la microscopie optique

[EF\_03] La résolution du microscope avec son objectif déporté pour l'observation in-situ d'échantillons doit être au maximum de 5 µm **(P)**

Justification : Si l'on n'est pas capable d'observer ce genre de détail, la microscopie in-situ perd de son intérêt

[EF\_04] La distance de travail de l'objectif déporté doit être au minimum de 40 mm **(P)**

Justification : Ceci permet de rendre possible l'observation des échantillons sous vide au travers du hublot

[EF\_05] La vitesse de déplacement de la platine en (x,y), c'est-à-dire dans le plan de l'échantillon, doit être au minimum de 10 mm/s **(P)**

Justification : La recherche d'objets à la surface de l'échantillon doit être rapide

[EF\_06] Le microscope doit permettre la prise d'images en fond sombre lorsqu'un échantillon est posé sur sa platine **(P)**

Justification : Certains des échantillons à contaminer sont des miroirs et certains des contaminants prennent la forme de petits clusters plus facile à distinguer en champ sombre

[EF\_07] Le microscope doit permettre la prise d'images en fond sombre lorsqu'un échantillon est dans l'enceinte sous vide avec son objectif déporté **(P)**

Justification : Idem [EF\_06]

[EF\_08] Le microscope doit permettre la reconstruction d'image par empilement ainsi que les mesures de distances dans l'axe normal à l'échantillon plan (en z) **(P)**

Justification : La caractérisation de certaines grandeurs hors du plan sont importantes pour les travaux

[EF\_09] Le microscope doit permettre la mesure d'aires par détection automatique d'objets et le calcul de statistiques sur ces aires) **(M)**

Justification : Les statistiques sur les dépôts de contaminants observés sur les échantillons sont importantes pour les travaux

[EF\_10] Le capteur numérique et l'écran doivent permettre la prise et l'affichage d'images au format full HD **(P)**

Justification : C'est le minimum pour obtenir des images de qualité professionnelle

## **5.2 EXIGENCES OPERATIONNELLES**

### **5.2.1 Exigence sur la durée de vie**

[EO\_01] Les pièces détachées pour réparer le microscope doivent être disponible minimum 10 ans à compter de la date d'achat **(M)**

Justification : Le microscope représente un coût important pour les équipes et doit rester fonctionnel et réparable le plus longtemps possible

## **5.3 EXIGENCES D'INTERFACES**

[EI\_01] Le microscope doit être muni d'un logiciel de prise d'image qui lui offre toutes ses fonctionnalités : affichage d'images, mesures, statistiques et annotations. L'interface doit être en français et/ou en anglais **(P)**

Justification : Souhait pour l'ONERA de ne pas avoir à réaliser d'IHM lui-même pour cet appareil

# **6 CONTRAINTES IMPOSEES**

## **6.1 CONTRAINTES D'ENVIRONNEMENT**

[CE\_01] L'objectif déporté et son système de mise au point doit pouvoir s'introduire dans le soufflet qui permet de rapprocher l'objectif de l'échantillon à photographier de façon à réaliser un cliché de qualité (Figures 2 à 5). Dans sa position rentrée à l'intérieur du soufflet, l'objectif doit permettre de prendre en photo les échantillons qui peuvent se déplacer verticalement devant lui. À noter que dans les figures ci-dessous, le soufflet est déplié. Lorsqu'il est compressé, le soufflet permet d'approcher la face extérieure du hublot à 30 mm de l'échantillon **(P)**

Justification : L'enceinte sous vide et son porte-échantillon sont déjà fabriqués

[CE\_02] Comme on le voit sur la Figure 4, le centre de l'échantillon à observer décalé de 27,5 mm de l'axe de symétrie vertical du soufflet. L'axe optique de l'objectif déporté doit pouvoir se trouver à une distance inférieure ou égale à 5 mm de l'axe de symétrie vertical de l'échantillon lorsque l'objectif est colinéaire à la normale à l'échantillon **(P)**

Justification : Condition nécessaire à l'acquisition d'images de qualité

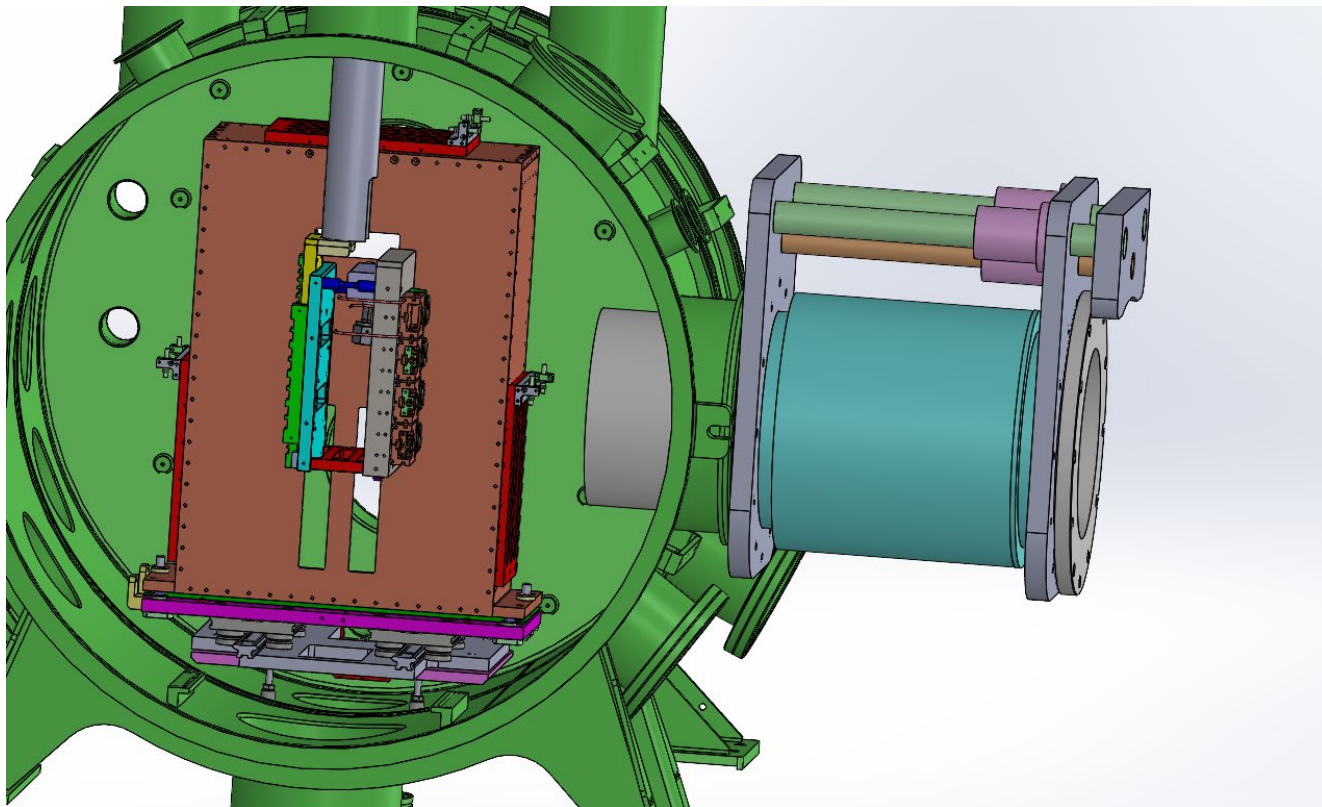


Figure 3: Vue générale du dispositif COPHOS et du translateur dans lequel doivent pénétrer l'objectif déporté et son système de mise au point



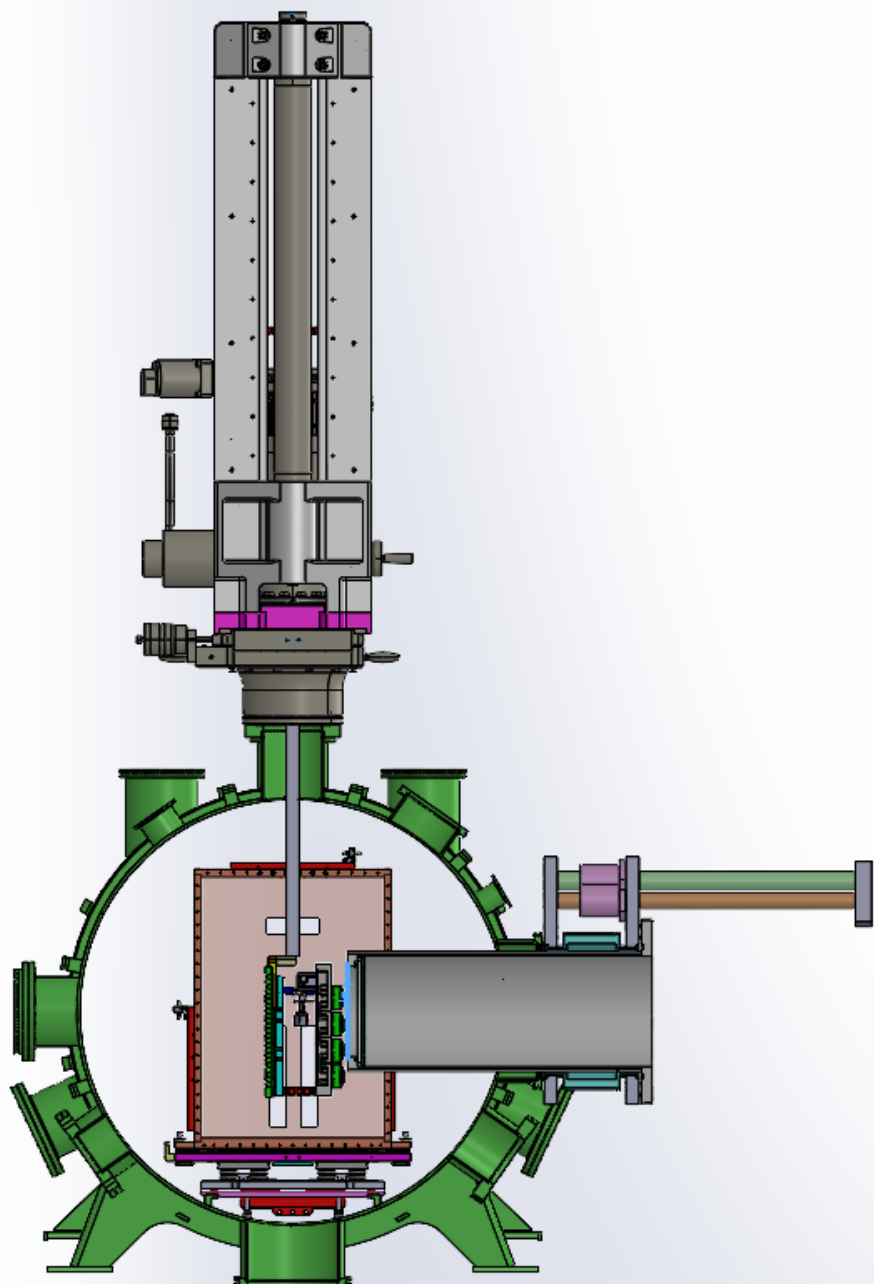


Figure 4 : Vue de coupe du dispositif COPHOS et du translateur comprimé au maximum dans lequel doivent pénétrer l'objectif déporté et son système de mise au point. On observe que l'extrémité du translateur située dans l'enceinte est presque en contact avec le porte-échantillon.

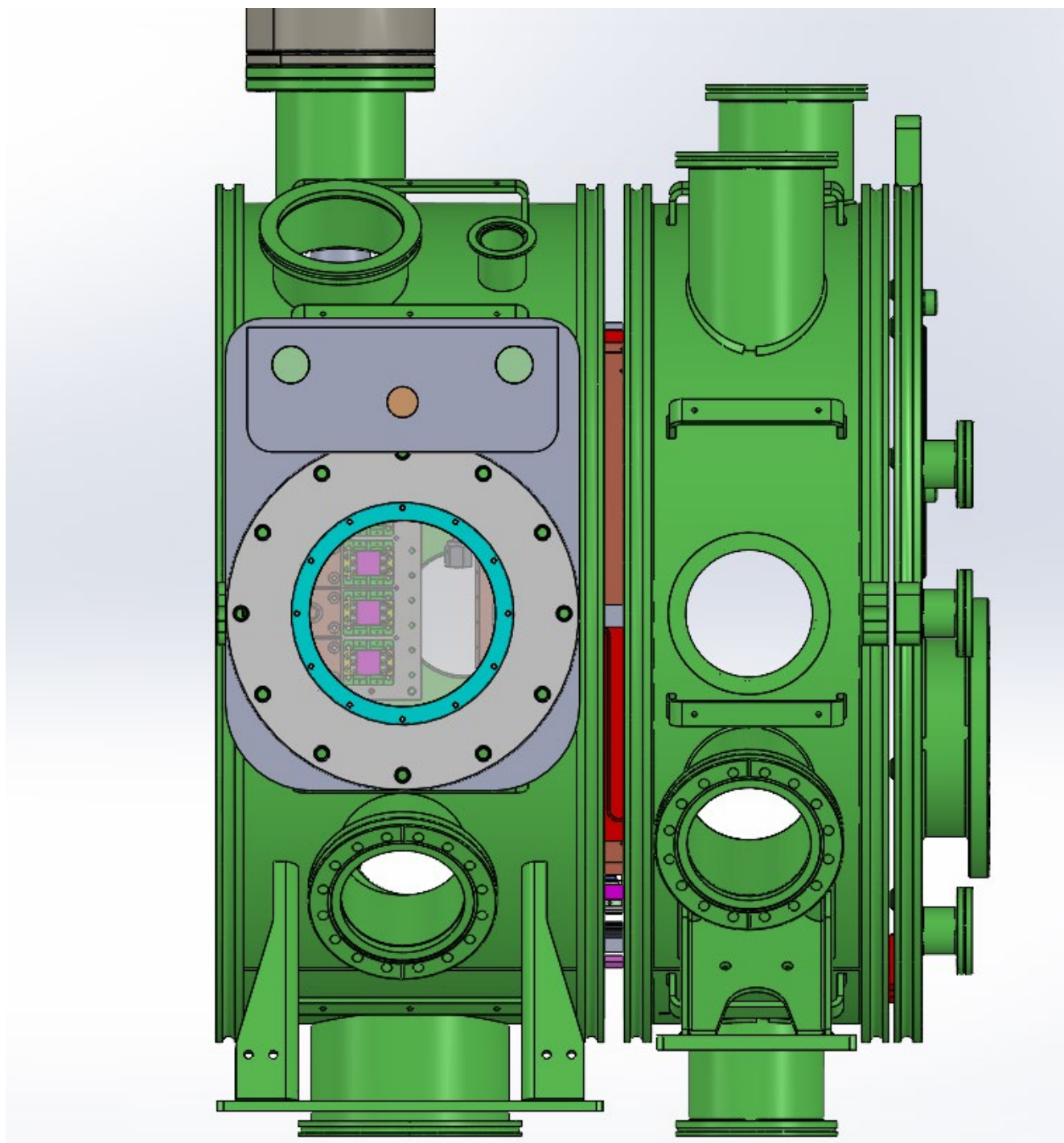


Figure 5 : Vue de côté du dispositif CAPHOS et du translateur dans lequel doivent pénétrer l'objectif déporté et son système de mise au point. On peut voir au travers du hublot les échantillons (en violet) dont on veut réaliser des clichés. Ces échantillons sont placés sur un translateur qui assure leur déplacement vertical (sur le schéma, le haut et le bas sont représentés respectivement en haut et en bas).

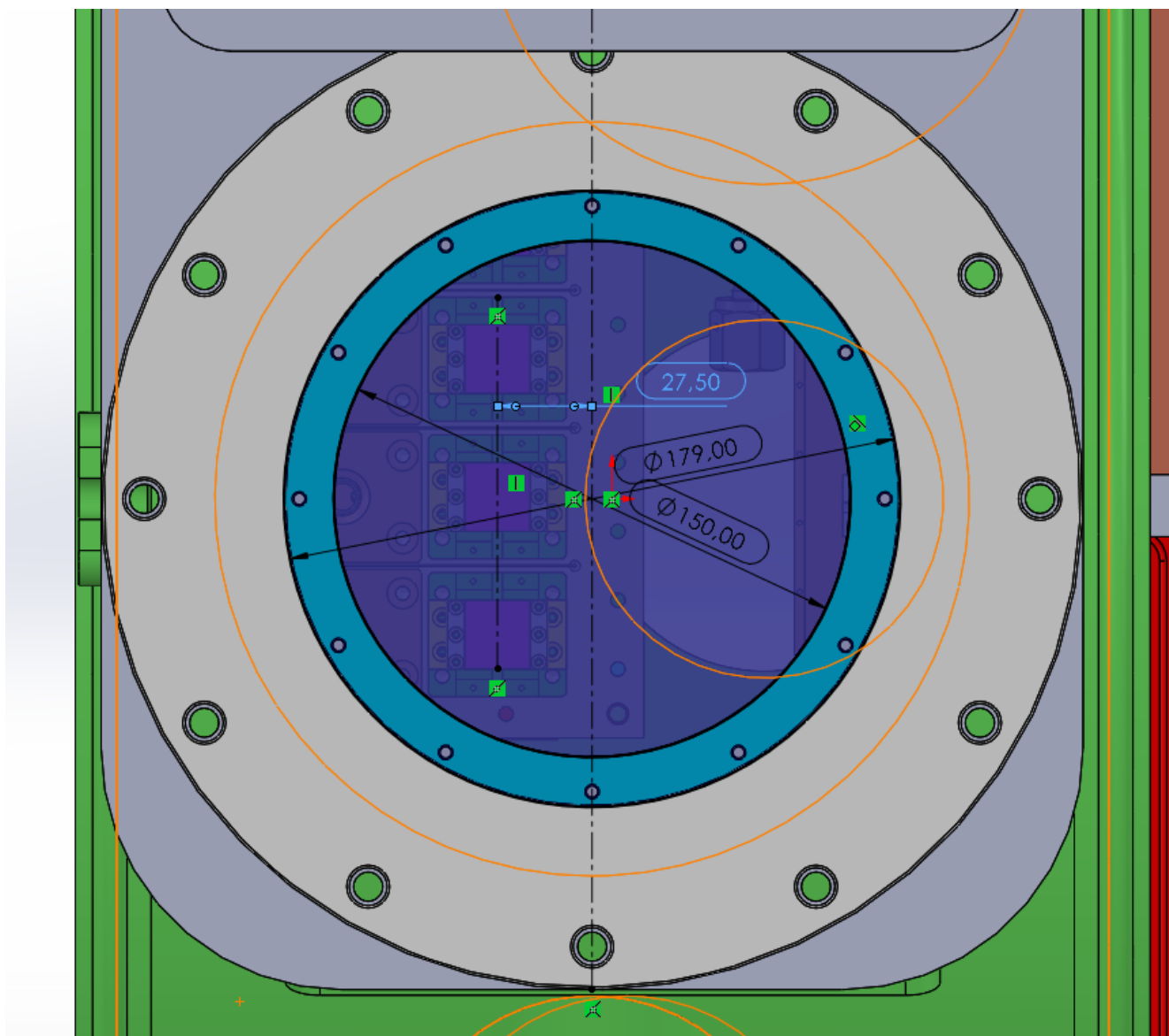


Figure 6 : Dimensions du soufflet. Le diamètre interne du soufflet est de 150 mm. On observe que le centre de l'échantillon à observer est décalé sur la gauche de 27,5 mm par rapport l'axe de symétrie vertical du hublot.

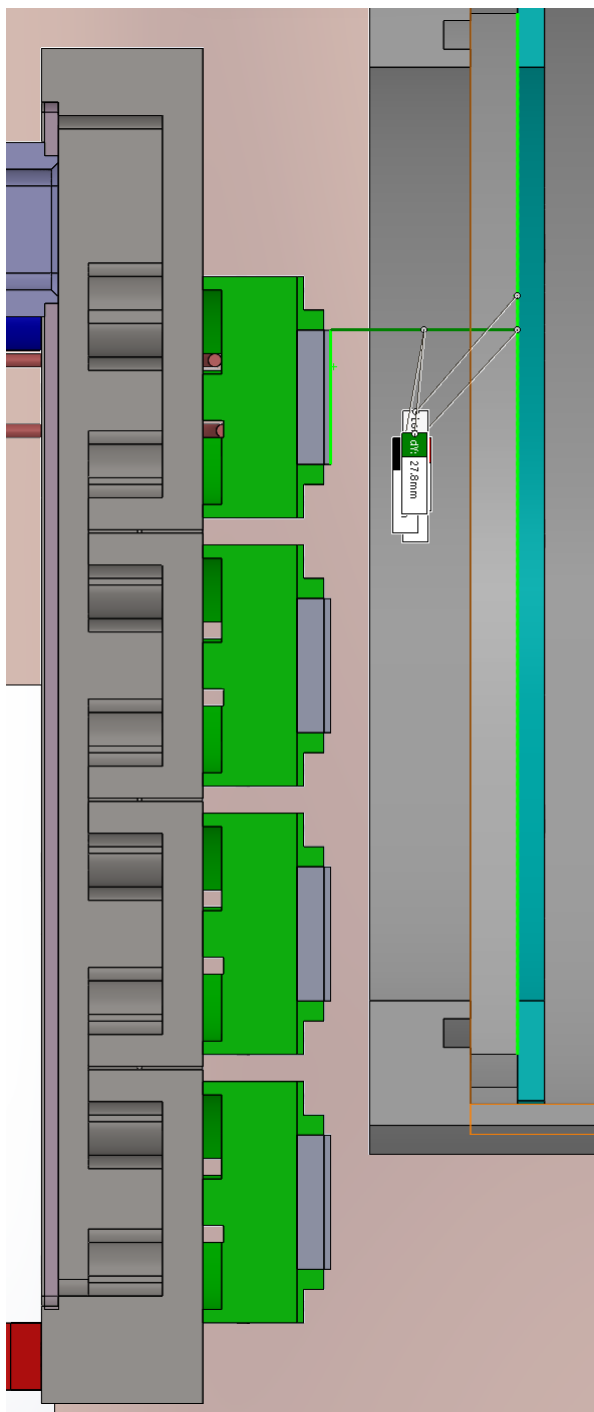


Figure 7 : Vue de coupe du soufflet muni de son hublot lorsque ce dernier est au plus proche des échantillons. Dans ce cas, la distance soufflet-échantillon n'est que de 5 mm. La mesure réalisée sur cette coupe est alors la distance entre la face extérieure du hublot (à l'air) et l'échantillon. Elle est de 27,8 mm et représente un cas extrême : afin de ne pas risquer d'endommager les échantillons, le hublot sera placé aussi loin que possible de ces derniers.

## 6.2 CONTRAINTES LOGISTIQUES ET DE MISE EN ŒUVRE

- Transport et manutention

[ECL\_001] Fourniture de caisses de transport pouvant contenir l'ensemble du système (P)

[ECL\_002] La livraison des systèmes est à la charge du titulaire, à l'ONERA TOULOUSE (31) (P)

- **Mise en œuvre**

[ECL\_003] l'installation, la mise en service et la formation sur site du microscope seront réalisées dans les locaux de l'ONERA TOULOUSE (31) (P)

[ECL\_004] Formation sur site pour 2 personnes sur une journée minimum (P)

[ECL\_005] L'ensemble de l'équipement doit être garanti 12 mois minimum pièces, main d'œuvre et déplacement (P)

## **7 VERIFICATIONS ET EPREUVES DE RECEPTION**

---

Les opérations de vérifications nécessaires à l'admission des prestations démarrent à compter de la date de mise en service du système par le titulaire.

Cette constatation résulte de l'exécution des tests fonctionnels spécifiques du système.

La vérification des performances du microscope et de ses périphériques est réalisée conformément au protocole de tests transmis par le titulaire dans le cadre de sa réponse technique.

La procédure relative aux tests fonctionnels de l'équipement est réalisée à compter de la mise en service du système.

Les résultats seront consignés sous forme de rapport et seront comparés avec les données fournies.