

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES C.C.T.P

MARCHE PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

**Acquisition d'un microscope double faisceau MEB-FIB et
ses accessoires**

Institut polytechnique de Grenoble
DAF / Service Achats
46 avenue Félix Viallet
38031 GRENOBLE

Pour le laboratoire SIMAP et la plateforme CMTC

Table des matières

1.	Contexte	3
1.1.	Présentation générale du besoin	3
1.2.	Attendus de l'achat :	3
1.3.	Utilisateurs :	3
1.4.	Tranche ferme	4
1.4.1.	Microscope électronique à balayage avec faisceau électronique et ionique	4
1.4.2.	Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSE-O)	6
1.4.3.	Prestations supplémentaires éventuelles facultatives (PSE-F)	7
1.5.	Tranche optionnel n°1	7
1.5.1.	Contrat de maintenance.....	7
1.5.2.	Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSE-O)	8
1.6.	Tranche optionnel n°2	8
1.6.1.	Contrat de maintenance.....	8
1.6.2.	Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSE-O)	8
2.	Transport et livraison	8
2.1.	Adresse de livraison :	8
2.2.	Modalités et délais de livraison et vérifications.....	9
3.	Formation	9
4.	Protocole d'admission	10
5.	Documentation.....	10
6.	Garantie et maintenance.....	10
7.	Engagements en développement durable	11
7.1.	Durabilité de l'équipement et des pièces détachées :	11
7.2.	Réduction de l'impact environnemental :	11
7.3.	Optimisation des logiciels :	11
7.4.	Maintenance préventive et corrective responsable :	11
7.5.	Formation à l'utilisation responsable :	11

1. Contexte

1.1. Présentation générale du besoin

Le présent CCTP porte sur l'acquisition d'un microscope double faisceau MEB-FIB avec une source Galium au profit de Grenoble INP – Laboratoire de Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés (SIMAP). Cet instrument intégrera la Plateforme régionale SATenAuRA rejoignant la sonde atomique tomographique (SAT) acquise et installée dans le cadre du programme CPER SATenAuRA. Le microscope MEB-FIB, intégré au même projet, sera dédié à la préparation des échantillons nécessaires aux expériences de sonde atomique tomographique et il sera exploité par le Consortium des Moyens Technologiques Communs (CMTC), qui est la plateforme de caractérisation des matériaux de Grenoble-INP.

1.2. Attendus de l'achat :

Le **microscope double faisceau MEB-FIB** avec une source **Galium** sera utilisé pour préparer, à température ambiante et en mode cryogénique, principalement des échantillons pour la **sonde atomique tomographique (SAT)** et dans une moindre mesure des lames pour la microscopie électronique en transmission (MET). L'instrument sera équipé d'un **micromanipulateur** et d'un **dispositif d'injection de gaz (GIS)** pour réaliser des dépôts locaux avec aux minimum du platine et du carbone. La configuration proposée devra également comporter un port disponible pour installer une caméra EBSD ultérieurement (sans fournir la caméra).

L'équipementier proposera une **platine cryogénique** pour réaliser l'usinage final d'échantillons sensibles à l'implantation de Ga. Le MEB-FIB devra être équipé d'une station d'accueil pour une valise de transfert UHV Ferrovac (une station d'accueil de la même marque est déjà installée sur la sonde atomique de la plateforme SATenAuRA). Cette **station d'accueil** sera fixée à demeure sur le microscope et pourra également faire office de **sas d'introduction** vers la chambre du microscope depuis ou vers l'atmosphère à température ambiante ou cryogénique avec l'utilisation d'une canne de transfert (à fournir). Il sera alors possible de manipuler et d'introduire et de manipuler différents échantillons avec un ensemble de platines et navette que cela soit à température ambiante ou cryogénique.

Au préalable à l'installation, l'équipementier fera une étude détaillée de la salle où sera installée l'instrument (vibration, température et rayonnement électromagnétique) et indiquera l'emplacement optimal de l'équipement dans la salle.

L'achat inclut également la livraison, qui sera assurée par le titulaire, ainsi que l'installation, la mise en service, la garantie contractuelle avec le support associé, et la formation des utilisateurs.

1.3. Utilisateurs :

Les utilisateurs potentiels comprennent les étudiants, les enseignants et les chercheurs, ainsi que les ingénieurs des plateformes CMTC et SIMAP. Le microscope sera également utilisé par des chercheurs formés, issus des laboratoires grenoblois et d'autres établissements de la région AURA. Enfin, il bénéficiera aux doctorants formés ouvrant une large variété de thématiques et de matériaux, tels que les métaux, les oxydes, les céramiques ou les semi-conducteurs.

Compte tenu du nombre très élevé d'utilisateurs et de son usage en libre-service, l'accent sera mis sur la facilité d'utilisation de l'équipement et sur la rapidité et l'efficacité à pouvoir préparer des échantillons.

1.4. Tranche ferme

1.4.1. Microscope électronique à balayage avec faisceau électronique et ionique

a. Qualité et performance des colonnes ionique et électronique

- Une colonne électronique FEG avec une tension d'accélération entre un minimum ≤ 500 V jusqu'à 30 kV et un courant de sonde variable de quelques pA à plusieurs dizaines de nA et
- Une colonne ionique à source Galium avec une tension d'accélération ajustable à minima sur la gamme entre 1 kV-30 kV et un courant de faisceau minima entre quelques pA et plusieurs dizaines de nA (à 30 kV)
- Solutions multiples de détection dont un détecteur d'électrons rétrodiffusé dans la chambre

Une attention particulière sera apportée la résolution de l'imagerie électronique et ionique mais également sur les procédures facilitant l'alignement des faisceaux électronique et ionique.

b. Qualité et performance des accessoires

- Un système de pompage
- Une ou plusieurs caméra(s) CCD/infrarouge permettant de visualiser l'intérieur de la chambre.
- Une caméra et/ou image Caméra/Image (optique ou électronique) pour l'aide à la navigation
- Un système permettant la compensation et/ou la neutralisation des charges sur l'échantillon pendant son usinage par faisceau d'ions et/ou son observation par MEB.
- Un pupitre de commande permettant le pilotage des principaux
- Un système de refroidissement du microscope en circuit fermé autonome
- Une platine de déplacement (comportant à minima 5 axes)
- Un ou des porte-objets réglables permettant de fixer des portes échantillons comme des plots MEB (classiquement nommé STUB) et des demi-grilles pour la préparation FIB de lames minces MET.
- Un système d'injection de gaz avec au maximum 2 injecteurs de type monobuse permettant à minima le dépôt de platine et de carbone pour protéger la surface des échantillons, souder deux échantillons entre eux. Le dépôt pourra être assisté par ions ou électrons.
- Un micromanipulateur pour la manipulation in-situ d'objets avec 4 degrés de liberté (3 déplacements en mode cartésien et une rotation de la pointe autour de son axe).
- Un port disponible pour l'installation ultérieure d'un système EBSD. L'offre devra inclure la fourniture des différents éléments nécessaires (interfaces électroniques et logiciels) à l'adaptation sur le microscope d'un système d'analyse EBSD.
- **A savoir :**
 - interface pilotage externe du faisceau
 - interface pilotage externe du microscope (contrôle externe de la colonne)
 - interface pilotage externe de la platine

Le montage et la fixation des microcoupons sur le porte-échantillon étant très minutieux (montage similaire aux STUBs mais possédant un diamètre de tige de fixation plus faible). Il est demandé de privilégier que ce montage puisse se faire sur une table à proximité et non directement sur la platine du MEB-FIB

La préparation de pointe SAT nécessitant de nombreux mouvements platines et étapes utilisant divers accessoires tel que le système d'injection de gaz et le micromanipulateur, la facilité d'utilisation, l'intégration ou la présence de sécurités anticollisions seront étudiées avec attention. Une attention particulière sera apportée également à la stabilité, à la vitesse et à la sécurité de la platine MEB/FIB.

c. Pilotage et informatique

L'offre devra inclure la fourniture d'un ordinateur PC avec au minimum 2 écrans et au minimum 2 disques durs, dont un dédié au stockage des données utilisateurs d'une capacité minimale de 4To. Ainsi que d'une table adaptée pour le poste de pilotage.

Il est demandé un environnement d'outils informatiques comportant :

- Un logiciel permettant le pilotage des colonnes MEB et FIB, du système de pompage, des vannes d'isolement, de la platine, des détecteurs, des injecteurs de gaz, du micromanipulateur et des autres accessoires demandés
- Un logiciel de création de boîtes de gravure et/ou de dépôt ionique et électronique permettant de réaliser des pointes de sonde atomique tomographique et des lames minces
- Une solution logicielle de programmation (en langage python) permettant le développement de futures applications annexes.

Il est demandé de préciser et de décrire les solutions d'automatisations si elles existent. Sinon indiquer si elle peut être développée par l'équipementier ou si un support technique peut être proposé. Indiquer quelle pourrait être la ou les solutions logicielles permettant de réaliser cette ébauche.

Compte tenu du nombre très élevé d'utilisateurs et de son usage en libre-service, une attention particulière sera apportée sur la gestion et droits des différents profils d'utilisateurs.

d. Platine cryogénique et navettes cryogéniques (cryo-shuttles)

L'offre devra inclure la fourniture cette platine porte-objet pourra être montée sur la platine du microscope et permettra de refroidir et de maintenir les échantillons (pointes de sonde atomique, des plots MEB (classiquement nommé STUB), lames minces de microscopie MET) à des températures cryogéniques et sera dotée d'un mouvement de rotation. Ces échantillons seront fixés sur des navettes compatibles avec la platine « cryo » dont la fourniture sera incluse dans l'offre.

Le réceptacle de la platine « cryo » devra être compatible avec les navettes (puck) de la sonde atomique « LEAP CAMECA ». L'offre ne doit pas inclure la fourniture de puck. Une formation au montage et à l'utilisation de la platine sera également incluse.

L'offre devra inclure la **fourniture de différentes navettes « cryo »**, compatibles avec la platine cryogénique, permettant d'accueillir des stubs, des supports de grille de lame MET, des supports de pointes de sonde atomique (microcoupons). Il est demandé au minimum 3 navettes avec la possibilité d'accueillir :

- 1 STUB et si possible simultanément 2 STUBs.

- Des demi-grilles pour lame mince TEM et si possible simultanément un STUB supplémentaire.
- Un support de pointes de sonde atomique (microcoupon) et si possible simultanément un STUB supplémentaire.

Ces navettes proposées peuvent être différentes du design des navettes (puck) de sonde atomique et correspondre à des navettes plus standards proposées chez plusieurs fournisseurs, par exemple les navettes pouvant être manipulées avec un embout de canne de transfert de type baïonnette. Ces navettes devront être compatibles avec la platine porte objet maintenue à température cryogénique décrite précédemment.

Une attention particulière sera apportée au temps de stabilisation de la platine une fois refroidie ainsi qu'une estimation de sa dérive au cours du temps. Les amplitudes de mouvements (hauteur, rotation et tilt), le temps de refroidissement/réchauffement ainsi que la consommation de fluide seront étudiés avec attention.

e. Station d'accueil et canne de transfert

L'offre devra inclure la fourniture port de connexion spécifique faisant office de **station d'accueil** pour la connexion d'une valise de transfert d'échantillons Cryo UHV « VSN40S » de la société FERROVAC. Cette station d'accueil sera fixée à demeure sur le microscope et pourra également faire office de **sas d'introduction** vers la chambre du microscope depuis ou vers l'atmosphère à température ambiante ou cryogénique avec l'utilisation d'une canne de transfert (lorsque la valise transfert d'échantillons Cryo UHV FerroVac n'est pas connectée).

Cette offre devra inclure **une canne de transfert** (compatible avec la station d'accueil) avec embout compatible avec les navettes « cryo » elles-mêmes compatibles avec la platine cryogénique proposée précédemment. Une sécurisation du protocole des transferts sous vide, à température ambiante ou cryogénique, entre la valise ou le sas d'introduction et l'intérieur de la chambre microscope est demandée. Le transfert de navettes (pucks) de sonde atomique depuis/vers le sas d'introduction n'est pas attendu, car celui-ci sera assuré par la valise de transfert d'échantillons Cryo UHV « VSN40S » de la société FERROVAC qui sera achetée ultérieurement. En effet la valise « VSN40S » comprendra une canne de transfert permettant l'attache de navettes (pucks) de sonde atomique et permettra un workflow complet sous UHV et à température cryogénique depuis la préparation d'échantillon jusqu'à l'analyse en sonde atomique.

La station d'accueil devra également permettre de charger et d'introduire les échantillons depuis l'atmosphère et à température ambiante vers la chambre du MEB-FIB et d'usiner au FIB à température ambiante, avec la possibilité d'introduire les échantillons sans la platine cryo. L'offre devra donc également inclure **un réceptacle/une sur-platine permettant de recevoir des navettes** sur la platine MEB-FIB pour une utilisation à température ambiante. Ces navettes devront être compatible avec la taille de la station d'accueil ainsi que l'embout de la canne de transfert (pouvant être les navettes « cryo » précédemment proposées). Une formation à l'utilisation de la station d'accueil sera également incluse.

1.4.2. Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSE-O)

- : logiciel de préparation automatique de lames minces

- Objet : cette PSE sera une extension du logiciel d'usinage permettant une préparation automatisée ou semi automatisée de lames minces. L'offre indiquera les étapes automatisées ou guidées. Une formation à la manipulation du logiciel sera également incluse.
- **Option obligatoire (2) : Onduleur**
 - Objet : un onduleur permettant d'assurer une continuité de fonctionnement. Cette alimentation de secours (ou UPS) permettra de prévenir les éventuelles microcoupures de la distribution électrique du bâtiment.

1.4.3. Prestations supplémentaires éventuelles facultatives (PSE-F)

(*) Les prestations de cette section sont facultatives, mais le soumissionnaire est fortement encouragé à y répondre, à les chiffrer, et à préciser s'il ne peut pas les fournir.

- **Option facultative (1) : logiciel de tomographie 3D**
 - Objet : Cette option sera une extension du logiciel d'usinage permettant l'acquisition automatique des séries d'images électroniques pendant la gravure ionique du volume analysé permettant de réaliser une tomographie 3D.
- **Option facultative (2) : réservoir d'azote liquide pressurisé**
 - Objet : le laboratoire n'étant pas équipé d'une arrivée d'azote gazeux l'offre pourra inclure la fourniture d'un réservoir d'azote liquide auto-pressurisé jouant le rôle de générateur d'azote gazeux. Sa contenance devra permettre l'utilisation de la platine à température cryogénique pendant une durée minimum de 12H. Préciser les détails techniques du réservoir proposé.

1.5. Tranche optionnelle n°1

1.5.1. Contrat de maintenance

L'offre devra également inclure une proposition de contrat de maintenance de 4 ans uniquement la partie du microscope électronique à balayage avec faisceau électronique et ionique (**excluant la platine cryogénique et la station d'accueil**) sous forme de tranche optionnelle à l'issue des 2 ans de garantie comprenant au minimum :

- 1 visite préventive par an,
- Nombre illimité de visites curatives (dans un délai d'intervention maximum de 7 jours ouvrés)
- Les pièces détachées (incluant au minimum la pointe FEG)
- Mise à jour des logiciels (updates n'impliquant pas de modification hardware).
- Assistance téléphonique et tous frais de déplacement inclus.

L'offre portera sur une période initiale de 4 ans à compter du lendemain du dernier jour de garantie. Concernant la tranche optionnelle relative à la maintenance, elle sera affermie avant la fin de la période de garantie, dans un délai de 24 mois à compter de l'Admission.

L'exécution de la tranche optionnelle et ses modalités sont subordonnées à une décision unilatérale d'affermissement du Bénéficiaire. Cette décision est notifiée au titulaire par lettre recommandée avec accusé de réception Ou par voie dématérialisée via Place avec AR. Le bénéficiaire ne s'engage que sur la tranche ferme, le bénéficiaire ne sera engagé sur la tranche optionnelle que lorsque celle-ci sera

affermie. En cas de non affermissement, aucune indemnité d'attente ou de dédit ne sera versée au titulaire.

1.5.2. Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSE-O)

L'offre devra inclure une proposition complémentaire couvrant la maintenance de la platine cryogénique (excluant la station d'accueil).

1.6. Tranche optionnelle n°2

1.6.1. Contrat de maintenance

L'offre devra également inclure une proposition de contrat de maintenance de 4 ans uniquement la partie du microscope électronique à balayage avec faisceau électronique et ionique (**excluant la platine cryogénique et la station d'accueil**) sous forme de tranche optionnelle à l'issue des 4 ans de la 1^{ère} tranche optionnelle comprenant au minimum :

- 1 visite préventive par an,
- Nombre illimité de visites curatives (dans un délai d'intervention maximum de 7 jours ouvrés)
- Les pièces détachées (incluant au minimum la pointe FEG)
- Mise à jour des logiciels (updates n'impliquant pas de modification hardware).
- Assistance téléphonique et tous frais de déplacement inclus.

L'offre portera sur une période initiale de 4 ans à compter du lendemain du dernier jour de la 1^{ère} tranche optionnelle.

L'exécution de la tranche optionnelle et ses modalités sont subordonnées à une décision unilatérale d'affermisssement du Bénéficiaire. Cette décision est notifiée au titulaire par lettre recommandée avec accusé de réception Ou par voie dématérialisée via Place avec AR. Le bénéficiaire ne s'engage que sur la tranche ferme, le bénéficiaire ne sera engagé sur la tranche optionnelle que lorsque celle-ci sera affermie. En cas de non affermissement, aucune indemnité d'attente ou de dédit ne sera versée au titulaire.

1.6.2. Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSE-O)

L'offre devra inclure une proposition complémentaire couvrant la maintenance de la platine cryogénique (excluant la station d'accueil).

2. Transport et livraison

2.1. Adresse de livraison :

Adresse de livraison et de réalisation des prestations :

Laboratoire SIMAP/CMTC - Grenoble INP - Phelma

1260 Rue de la Piscine,

38 402 Saint Martin d'Hères Cedex,

France

- Heure d'ouverture du site d'implantation : 9h-12h / 14h-17h

- Il est précisé que le bâtiment est équipé d'un quai de déchargement. Un camion équipé d'un hayon et, si nécessaire, d'un système de levage (élévateur) est requis pour le déchargement.
- La salle d'implantation est située dans une salle au rez-de-chaussée.

2.2. Modalités et délais de livraison

- 1) Avant la date prévue pour la livraison (si possible au moins 3 mois), le titulaire procédera à une visite de pré-installation du local d'accueil, de façon à contrôler que l'environnement est compatible avec un fonctionnement correct du microscope (mesure de vibrations mécaniques et acoustiques, de champs magnétiques, ...). Cette visite de contrôle fera l'objet d'un compte-rendu détaillé par le titulaire, et devra proposer si nécessaire, les mesures correctives éventuelles à réaliser avant l'installation du matériel.
- 2) La livraison, la date exacte de livraison sera fixée d'un commun accord entre l'acheteur et le titulaire. Le titulaire ou son représentant désigné à cet effet, devra assister à la livraison. Le délai de livraison est fixé de 6 mois au maximum après notification du marché.
- 3) Un procès-verbal d'installation et de mise en service sera rédigé par le titulaire suite à des vérifications de la conformité technique avec les exigences de l'instrument précisées dans les documents techniques.

3. Formation

Les formations couvriront les points précisés dans le cahier des charges. Cette formation, prise en charge par le titulaire, doit être réalisée sur site pour au moins 4 utilisateurs. A l'exception de la formation initiale après la mise en service de l'équipement, les différentes formations devront être dispensées durant la garantie de l'équipement soit au maximum 24 mois après d'Admission.

- 1) Une formation initiale après la mise en service de l'équipement, une formation sur site sera dispensée pour en assurer la prise en main. Elle permettra aux participants de travailler de façon autonome et en toute sécurité avec la machine. Elle sera au minimum de 3 jours
- 2) Une formation avancée sera proposée, portant sur les applications classiques du FIB (en vue de faire préparer manuellement une lame mince, une pointe, ...) formation sur l'ouverture du logiciel (Automatisation /programmation, ...). Elle sera au minimum de 5 jours
- 3) Une formation à l'utilisation de la platine cryogénique, notamment son installation, son fonctionnement et son démontage. Elle inclura également la préparation des échantillons avec le faisceau FIB en environnement cryogénique. Elle sera au minimum de 2 jours
- 4) Une formation à l'utilisation de la station d'accueil ainsi que de sa canne de transfert sera proposée portant sur le transfert d'échantillons sous vide et à basse température. Elle sera au minimum de 1 jours
- 5) Une formation au logiciel de préparation automatique de lames minces associé à la PSE -O n°1 sera proposée, portant sur la manipulation de ce logiciel. Elle sera au minimum de 2 jours

- 6) Une formation au logiciel de tomographie 3D associé à PSE-F n°1 pourra être éventuellement proposée, portant sur la manipulation de ce logiciel. Elle sera au minimum de 2 jours

4. Protocole de vérification et d'Admission

L'équipement ne sera accepté conformément à l'article 12 du CCAP qu'après :

L'instrument livré et installé doit contenir les éléments conformes au cahier des clauses techniques particulières CCTP et au mémoire technique.

Le protocole se fera en 2 étapes :

- 1) Un procès-verbal de vérification d'aptitude sera rédigé suite à des vérifications sur site de la conformité technique avec les exigences de l'instrument précisés dans les documents techniques. Le contrôle des performances de l'instrument est basé sur des critères de contrôle définis et accordés par les parties. Ces tests seront effectués par le titulaire en présence de l'acheteur à l'issue de la mise en service. A l'issue de ces tests, l'acheteur signe un procès-verbal de vérification d'aptitude qui permet de constater le succès des tests de performance et la fin des travaux d'installation. Néanmoins la signature du procès-verbal de vérification d'aptitude n'implique pas l'Admission de l'équipement, mais permet à l'acheteur de procéder aux vérifications approfondies.
- 2) Une phase de vérifications approfondie du matériel est réalisée par l'acheteur sur site dans un délai maximum de 2 mois à compter du procès-verbal de vérification d'aptitude sur le contrôle des critères définis et accordés par les parties. A l'issue des opérations de vérifications, l'acheteur prendra sa décision d'Admission, d'ajournement ou de rejet. En l'absence de décision, les prestations sont réputées être admises 2 mois à compter du procès-verbal de vérification d'aptitude. L'Admission marque ainsi le début de la période de garantie.

5. Documentation

La documentation technique du matériel rédigée en français ou en anglais devra être fournie lors de la livraison du matériel. Il devra notamment comprendre à minima :

- - une notice détaillée de toutes les parties du système
- - une notice détaillée de tous les logiciels fournis

L'offre devra également préciser la liste de tous les autres documents fournis avec le système.

6. Garantie et maintenance

Une garantie de 24 mois est incluse dont le point de départ est la date de décision d'Admission. Les modalités du support technique pendant cette période seront précisées.

Pendant le délai de garantie, les conditions d'interventions sur site en cas de panne ou dysfonctionnement, doivent être précisées dans le mémoire technique. Le titulaire doit être en capacité d'assurer un support technique téléphonique mais aussi de se déplacer sur site en cas de problème spécifique.

A l'issue de la période de garantie, une couverture de maintenance de 4 ans (renouvelable 1 fois) sous forme de deux tranches optionnelles sera incluse. Elle permet d'assurer le bon fonctionnement de

toutes les fonctionnalités du système. A minima, au titre de la maintenance, l'ensemble des actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification de toutes les parties du système sont incluses.

7. Engagements en développement durable

Le titulaire s'engage à intégrer des pratiques de développement durable tout au long du cycle de vie de l'équipement, conformément aux principes de responsabilité environnementale, sociale et économique. Ces engagements incluent notamment :

7.1. Durabilité de l'équipement et des pièces détachées :

Le fournisseur garantit la disponibilité des pièces détachées pour une durée minimale de **10 ans** après l'installation du microscope, afin de limiter l'obsolescence prématurée et de prolonger la durée de vie de l'équipement.

7.2. Réduction de l'impact environnemental :

- Fourniture d'un microscope conçu pour minimiser la consommation énergétique pendant son fonctionnement.
- Gestion optimisée des consommables, avec une réduction des déchets générés par les processus, notamment les gaz précurseurs.
- Mise en place de protocoles pour le recyclage des matériaux ou équipements en fin de vie, conformément aux réglementations en vigueur.

7.3. Optimisation des logiciels :

- Mise à disposition de mises à jour logicielles (updates et upgrades) pour assurer la compatibilité avec les nouvelles technologies, réduisant ainsi la nécessité de remplacer prématurément l'équipement.
- Intégration de fonctionnalités logicielles favorisant l'efficacité énergétique et la gestion intelligente des ressources.

7.4. Maintenance préventive et corrective responsable :

Les interventions de maintenance, qu'elles soient préventives ou curatives, seront réalisées en optimisant les déplacements et en privilégiant des modes de transport à faible empreinte carbone.

7.5. Formation à l'utilisation responsable :

Une formation spécifique sera fournie aux utilisateurs, incluant des bonnes pratiques pour maximiser l'efficacité du microscope tout en réduisant son impact environnemental (*gestion des consommables, optimisation des cycles de fonctionnement, etc.*).