

CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DE CONSULTATION

Affaire n° 2026-0026-26-MES-SOL

Fourniture et installation d'un Porte-objet de transfert en
atmosphère contrôlée avec option cryogénique pour
microscopes électronique en transmission de la marque JEOL

Le Candidat reconnaît avoir pris connaissance du présent document et l'accepte dans son intégralité.

Fait à :

Le :

Raison sociale :

Nom et Fonction du signataire :

Cachet de l'entreprise, Signature précédée de la mention manuscrite "Lu et approuvé", et Paraphe de toutes les pages du présent document.

SOMMAIRE

1	PRESENTATION GENERALE.....	3
1.1	OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	3
1.2	CONTEXTE	3
1.3	OBJECTIFS.....	3
1.4	ANNEXES AU CAHIER DES CHARGES.....	4
2	DEFINITIONS.....	5
3	EXPRESSION DES BESOINS.....	5
3.1	EXPRESSION FONCTIONNELLE DES BESOINS	5
3.2	NATURE DES ECHANTILLONS/FLUIDES ET CONDITIONS OPERATOIRES	11
4	EXPRESSION DES CONTRAINTES.....	11
4.1	LEGISLATION, REGLEMENTATION, NORMES EN VIGUEUR	11
4.2	MARQUAGE CE.....	11
4.3	SECURITE	12
4.4	INFORMATIQUE - PILOTAGE – LOGICIEL.....	12
4.5	ENVIRONNEMENT D'UTILISATION	12
5	TESTS D'EVALUATION DE L'ÉQUIPEMENT.....	13
6	MODALITES DE RECEPTION DE L'ÉQUIPEMENT ET DES PRESTATIONS ASSOCIEES	13
6.1	RECEPTION EN ATELIER/USINE (FAT)	13
6.2	RECEPTION IN SITU (SAT).....	14
7	CONDITIONS LOGISTIQUES.....	14
7.1	PLANNING DE REALISATION ATTENDU	14
7.2	ADRESSE DE LIVRAISON	14
7.3	EMBALLAGE - TRANSPORT - LIVRAISON	15
7.3.1	<i>Emballage - Transport</i>	<i>15</i>
7.3.2	<i>Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN.....</i>	<i>15</i>

1 Présentation générale

1.1 Objet et domaine d'application

Objet du marché : Porte-objet avec option transfert sous vide et cryo pour l'analyse d'échantillons sensibles à l'air par la technique de Microscopie Électronique en Transmission.

Prestations associées : Installation et assistance au démarrage

1.2 Contexte

Le laboratoire de microscopie d'IFPEN réalise des activités de recherche et de prestations pour ses clients, essentiellement internes. Il traite plusieurs centaines d'échantillons par an en microscopie électronique en transmission. Ces résultats de caractérisation permettent de soutenir la recherche fondamentale, et la mise au point de nouvelles générations de catalyseurs hétérogènes. Les échantillons traités sont en majorité des catalyseurs hétérogènes (support alumine, silice ou zéolithe sur lesquels sont déposées des métaux) ; des oxydes métalliques ; de la biomasse et des matériaux de batteries. Nous observons ces dernières années un fort intérêt et une augmentation des demandes d'analyses sur les matériaux de batteries et autres échantillons sensibles à l'oxygène ou à l'humidité de l'air. Par ailleurs, la sensibilité des échantillons au faisceau électronique est une problématique historique et grandissante. Pour ces derniers, la mise à disposition d'un porte-objet de transfert sous-vide avec option cryo permettrait au laboratoire de microscopie d'IFPEN de mieux répondre aux besoins analytiques des projets étudiant ce type de matériaux.

Le parc est constitué de deux microscopes :

- un MET JEOL JEM F200 avec une résolution point 0.19 nm. Équipé d'un système EDXS JEOL Centurio 100 mm², d'un spectromètre EELS GATAN Continuum (résolution spectrale > 0.35 eV) - détecteur CMOS et du pack tomographie JEOL TEM-STEM ;
- un MET JEOL 2100F avec une résolution point 0.21 nm, équipé d'un système EDX JEOL Centurio 80 mm² (JEOL) et du pack tomographie JEOL TEM-STEM.

Le laboratoire souhaite s'équiper d'un porte-objet de transfert sous-vide préféablement avec option cryo, en complément des autres porte-objets déjà disponibles.

1.3 Objectifs

Dans le cadre des activités de recherche et de caractérisation menées au laboratoire de microscopie à l'IFPEN, l'analyse par MET concerne des échantillons sensibles à l'air et à l'humidité, tels que des catalyseurs avec matériaux réactifs. L'exposition à l'atmosphère ambiante peut entraîner des modifications structurales, chimiques ou morphologiques susceptibles d'altérer la qualité et la fiabilité des observations. Il est donc nécessaire de disposer d'un système de transfert sous vide garantissant l'intégrité des échantillons entre leur préparation et leur insertion dans le microscope.

Une option cryogénique est souhaitée afin de permettre le transfert et l'observation d'échantillons nécessitant un maintien à basse température, notamment dans le cadre d'études avancées sur des

matériaux sensibles ou des interfaces fragiles, tels que des matériaux pour batteries. Le dispositif devra assurer une manipulation simple, sécurisée, tout en garantissant la protection des échantillons durant le transfert.

L'équipement recherché devra ainsi offrir un haut niveau de fiabilité et une compatibilité complète avec les deux microscopes du laboratoire. Il devra garantir la répétabilité des manipulations, la sécurité des utilisateurs et la préservation optimale des échantillons, contribuant ainsi à l'amélioration de la qualité des analyses réalisées en MET à l'IFPEN.

1.4 Annexes au cahier des charges

Documents	Référence	Date	Rev.	Version jointe ¹	
				Electronic	Paper
Livret Ecart aux Règles d'Or	vf			☐	☐
Mémo Sécurité des Entreprises Extérieures Lyon			V5	☐	☐
Procès Verbal					

¹ Check if the document is appended to the specifications.

2 Définitions

Equipement	Porte-objet de transfert
Soumissionnaire	Personne physique ou morale qui soumissionne à la présente consultation.
FAT - Factory Acceptance Test	Réception en atelier/usine
SAT - Site Acceptance Test	Réception in situ, sur le site IFPEN
Titulaire	Titulaire du marché à l'issue de la présente consultation

3 Expression des besoins

3.1 Expression fonctionnelle des besoins

Dans le tableau qui suit, le niveau de priorité des fonctions attendues est indiqué comme suit :

- **A - Incontournable**

Fonction directement liée aux besoins, elle doit être impérativement assurée

- **B - Importante**

Fonction utile mais pas à n'importe quel prix

- **C – Souhaitable/Optionnelle**

Pratique ou de confort, la fonction ne sera retenue que si elle n'engendre pas de coût ou de modifications importants.

Diffusion Externe	Référence 2026-0026	Version 1	Date 24/03/2026	Page 6/17
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	--------------

<Libellé du besoin>			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	
			Acceptabilité min max
A	Compatibilité MET de la marque JEOL		
A	Compatibilité pièce polaire HR JEOL		
A	Dimension compatible sans démontage pour sas de notre boîte à gants	Dimension max : 49 (L) x 24.5 (l) x 19 (H) cm	
A	Porte-objet avec transfert sous-vide et mode cryo pour grilles MET standards (3 mm)	Résolution spatiale et compatibilité EELS sans altération des spécifications des microscopes	
A	Transfert d'échantillons sous atmosphère contrôlée et/ou vide	Etanchéité du PO au vide et atmosphère contrôlée	
A	Tilt du porte-objet direction Alpha	Angles	<u>+ - 20°</u>
A	Fonction cryogénique	Température contrôlée	<u>Inférieur à -150 °+ -5°</u>
A	Contrôle de la température	Mesure de la température	<u>+ - 1°</u>
A	Intervalle de temps entre deux remplissages d'azote liquide	> 1h	
A	Temps de mise à froid	< 1h	
A	Accessoires de montage et démontage facilité		
C	Encombrement du porte-objet compatible avec le couvercle du goniomètre du MET JEOL F200		
C	Tilt du porte-objet direction Beta	Angles	<u>+ - 20°</u>

Diffusion Externe	Référence 2026-0026	Version 1	Date 24/03/2026	Page 7/17
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	--------------

Ecoconception et efficacité énergétique

Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité	
		min	max
Equipements avec durée de vie accrue et Position de la fourniture dans son cycle d'obsolescence	Le candidat devra indiquer la durée de vie de la Fourniture et sa position dans son cycle de vie		
Possibilité de démantèlement de l'ensemble de la Fourniture pour récupération des pièces			
Assurer la sécurité de l'ensemble des salariés et des prestataires			

Hygiène - Sécurité - Environnement

P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité	
			min	max
A	Etre installé et mis en service par des intervenants habilités Risque Chimique	Installateurs habilités Risque Chimique 1 et 2	Possession des habilitations	

Documentation technique

P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité	
			min	max
A	Fourniture à la livraison des notices d'utilisation et d'entretien	- Rédigées en français ou en anglais. - Archivées sous format papier (1 exemplaire) et informatique (à définir).		

Diffusion	Référence	Version	Date	Page
Externe	2026-0026	1	24/03/2026	8/17

Prestations associées d'assistance, de support, ou de formation			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité min max
A	Assistance au démarrage	Le Titulaire a en charge de mettre en œuvre l'ensemble des moyens et des ressources nécessaires au démarrage de l'Équipement jusqu'à la prononciation de la réception définitive.	
A	Formation des opérateurs IFPEN (4 personnes)	Cette étape de formation aura pour résultat : • de former les utilisateurs à l'utilisation de l'Équipement, • de former les utilisateurs aux opérations de maintenance de niveau 1.	

Diffusion Externe	Référence 2026-0026	Version 1	Date 24/03/2026	Page 9/17
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	--------------

Prestations d'entretien, maintenance, SAV			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité min max
A	Garantie	Durée minimale de garantie : 12 mois à compter de la date de réception qualitative, sans réserve, de l'Équipement. Au titre de la garantie, le Titulaire est tenu : • de maintenir l'Équipement en état de disponibilité, • de réaliser l'ensemble des opérations d'entretien préventif de l'Équipement, • de remplacer l'ensemble des matériels et pièces détachées livrés et reconnus défectueux, • de procéder à l'ensemble des actions nécessaires permettant la réparation des dommages et/ou le rétablissement des conditions normales d'utilisation. Couverture : diagnostic, démontage, remplacement et remontage des parties reconnues défectueuses, et tous les frais afférents au déplacement du personnel, à l'emballage et au transport de matériel nécessaires à la remise en état de l'Équipement. Pendant la période de garantie, le Titulaire s'engage aux délais suivants : • Délai de réponse assistance téléphonique : A préciser par le fournisseur • Délai d'intervention sur site : A préciser par le fournisseur • Délai de changement de pièce : à préciser par le fournisseur de manière contractuelle	
	SAV	Dans son offre, le soumissionnaire devra préciser le délai de prise en compte de toute demande ainsi que le délai de diagnostic.	
	Indice de réparabilité	Facilité la prise en main de l'appareil pour des réparations niveau I	
C	Extension de garantie de 1an en option		

Diffusion	Référence	Version	Date	Page
Externe	2026-0026	1	24/03/2026	10/17

C	Contrat de maintenance à proposer en option • Maintenance préventive annuelle • Maintenance curative pièces et main d'œuvre (appareil et accessoires), • Garantie des pièces de rechange : • Délai de réponse assistance : • Délai d'intervention : Indication des moyens de transport de l'intervenant technique durant le contrat de maintenance	
---	--	--

3.2 Nature des échantillons/fluides et conditions opératoires

Les échantillons étudiés seront des catalyseurs hétérogènes ; d'oxydes métalliques ; des électrodes ou des matériaux à base de lithium. Ils se présentent sous forme de poudres, billes millimétriques, extrudés de section millimétrique, qui seront préparés pour l'observation en MET, MET-STEM avec les techniques de préparation déjà établies au laboratoire de microscopie à l'IFPEN.

Le porte-objet transfert sous vide devra permettre les analyses suivantes :

- Échantillons sensibles à l'air et à l'humidité, des nanomatériaux réactifs et des interfaces fragiles.
- Il devra permettre l'observation structurale à haute résolution, l'analyse de la morphologie et de la microstructure, ainsi que les analyses chimiques locales (EDS, EELS) sans altération préalable de l'échantillon due à une exposition à l'atmosphère.

Dans le cas de la fonction cryogénique, le porte-objet devra également permettre des analyses à basse température afin de préserver les états initiaux des matériaux sensibles, de limiter les phénomènes de dégradation sous faisceau et de permettre l'étude d'échantillons nécessitant un maintien en conditions cryogéniques durant le transfert et l'observation.

4 Expression des contraintes

4.1 Législation, réglementation, normes en vigueur

L'Équipement fourni et les prestations assurées par le titulaire devront respecter la réglementation en vigueur.

L'équipement devra, en particulier, être conforme à la directive n° 2006/42/CE du 17 mai 2006 relative aux machines ainsi qu'à toute autre directive qui lui serait applicable (notamment les directives basse tension, compatibilité électromagnétique, appareils utilisés en atmosphères explosibles, équipements sous pression, récipients à pression simples, etc.).

La machine devra disposer d'un marquage de conformité CE apposé de manière distincte. Elle sera livrée accompagnée de la documentation suivante :

- Déclaration de conformité CE aux directives applicables,
- Notice d'instruction légale prévoyant, notamment, les indications pour que la mise en service, l'utilisation, le réglage et la maintenance puissent s'effectuer sans risque,
- Documentation technique relative aux moyens mis en œuvre pour assurer la conformité de la machine. Si la machine comporte des récipients sous pression, la documentation décrira leurs caractéristiques de pression, température mini/maxi admissibles, volumes afin de vérifier et réaliser, le cas échéant, le suivi en service réglementaire en France. Elle décrira également les caractéristiques et valeurs de réglage des accessoires de sécurité (soupapes de sûreté, disques de rupture, etc.).

4.2 Marquage CE

Conformément aux textes réglementaires, l'Équipement livré doit être muni du marquage CE et livré avec une déclaration de conformité CE.

4.3 Sécurité

La Sécurité est une préoccupation permanente de la Direction générale d'IFP Energies nouvelles. Le personnel appelé à travailler sur les sites d'IFP Energies nouvelles devra se conformer aux consignes définies dans les documents suivants :

- Mémo Sécurité des Entreprises Extérieures
- Ecart aux Règles d'Or

4.4 Informatique - Pilotage – Logiciel

Lorsqu'une configuration informatique (matériel, logiciel) est proposée avec l'Équipement, les contraintes relatives à la configuration informatique ainsi que les documents à fournir sont précisées dans le fichier Excel en annexe au cahier des charges. En particulier :

- Le matériel informatique est acheté séparément par IFPEN, suivant des spécifications techniques précisées dans l'offre.

- Logiciels

Les sources (média ou lien de téléchargement) d'installation et la documentation associée devront être livrées avec les logiciels.

Les logiciels à caractère bureautique (MS Office) peuvent être livrés et installés par la DSI d'IFPEN.

- Licences

Les licences devront faire l'objet d'une fourniture de certificat de licences accompagnées du CLUF (Contrat Licence Utilisateur Final) et mentionner la durée de validité de la licence et toutes autres contraintes d'utilisation.

- Sécurisation du poste de travail :

La DSI d'IFPEN impose l'utilisation de l'antivirus sur tous les postes et s'occupe de son installation. Le produit utilisé par IFPEN est McAfee VirusScan 8.8 et le composant McAfee Agent 4.6. Le soumissionnaire devra préciser si des incompatibilités sont connues entre cet antivirus et le logiciel (ou applications) proposé et/ou s'il nécessite des optimisations au niveau de son paramétrage pour en réduire son impact.

4.5 Environnement d'utilisation

L'Équipement sera installé dans un environnement dont les paramètres extérieurs sont les suivants :

- Local / Emplacement: IFPEN-Solaize 12DOL/E15, 12DOL/E16, 12DOL/E24, 12DOL/E23
- Température moyenne : 18°C ou 21°C
- Espace disponible : SO
- Réseau électrique : SO
- Fluide disponible : Azote liquide, air comprimé, Argon
- Autres : boîte à gants sous argon

Ces valeurs sont données à titre d'information. Il appartient au soumissionnaire de s'assurer lors d'une visite, de la conformité du local d'IFP Energies nouvelles aux contraintes d'environnement et aux exigences techniques imposées par le constructeur. **Un compte-rendu de visite devra être transmis à IFP Energies nouvelles préalablement à toute contractualisation.**

Le soumissionnaire a la responsabilité de préciser à IFP Energies nouvelles les contraintes liées à l'environnement et relatives à l'utilisation de l'Équipement dans les conditions normales d'utilisation et de maintenance. En particulier :

- les utilités nécessaires au fonctionnement de l'Équipement :
 - voltage et puissances électriques nécessaires,
 - nature des fluides et pressions de réseau nécessaires.
- les précautions d'utilisation,
- les protections nécessaires.

5 Tests d'évaluation de l'Équipement

Le laboratoire souhaite évaluer, par l'intermédiaire de tests sur des échantillons représentatifs, la solution technique proposée par le soumissionnaire et ses principales fonctionnalités, et ce avant toute contractualisation.

Tests	Fonctions testées	Performances attendues	Conditions d'acceptabilité
Test n°1 (décrire)	Étanchéité du porte-objet	Transfert d'échantillons sensibles à l'air sans modification de leur structure	Test valide sur argyrodite commerciale
Test n°2 (décrire)	Manipulation en boîte à gants	Taille adéquate au sas de la boîte à gants et manipulabilité facile	Introduction du porte-objet, chargement de l'échantillon et retrait de l'ensemble en moins de 20min
...	Insertion dans le microscope	Compatibilité et manipulabilité facile	Temps de pompage dans le sas < 10min et en maintenant un vide colonne < 2.10 ⁻⁵ Pa après introduction
	Possibilité de faire analyses chimiques	Signal EDS avec un taux de comptage supérieur à 50% par rapport à un porte-objet classique	Test valide sur la membrane carbone d'une grille MET

6 Modalités de réception de l'Équipement et des prestations associées

6.1 Réception en atelier/usine (FAT)

Ce jalon doit permettre à IFPEN de pouvoir constater le bon avancement des travaux liés à la conception de l'Équipement et sa conformité en regard des fonctionnalités et performances décrites au Cahier des Charges Fonctionnel.

Les tests à réaliser sont décrits ci-dessous :

Tests	Fonctions testées	Performances attendues	Conditions d'acceptabilité
Test n°1 : Etanchéité	Etanchéité du porte-objet sous vide et sous atmosphère contrôlée	Conformité avec les spécifications du Fournisseur du test d'étanchéité	Fourniture du protocole des tests d'étanchéité
Test n°2 : Stabilité	Stabilité de la température	$\pm 1^{\circ}\text{C}/\text{heure}/1\text{h}$	$< 1^{\circ}\text{C}/\text{heure}/1\text{h}$

6.2 Réception in situ (SAT)

Les tests de réception associés à cette étape s'effectueront sur le site IFP Energies nouvelles selon les conditions opératoires définies ci-dessous :

Tests	Fonctions testées	Performances attendues	Conditions d'acceptabilité
Test n°1 : Etanchéité	Etanchéité du porte-objet	Transfert d'échantillons sensibles à l'air sans modification de leur structure	Test valide sur argyrodite commerciale et zéolithe
Test n°2 : Encombrement	Manipulation en boîte à gants	Taille adéquate au sas de la boîte à gants et manipulabilité facile	Introduction du porte-objet, chargement de l'échantillon et retrait de l'ensemble en moins de 20min
Test n°3 : Compatibilité	Insertion dans le microscope	Compatibilité et manipulabilité facile	Temps de pompage dans le sas $< 10\text{min}$ et en maintenant un vide colonne $< 2.10^{-5}\text{ Pa}$ après introduction
Test n°4 : EDS	Possibilité de faire analyses chimiques	Signal EDS avec un taux de comptage supérieur à 50% par rapport à un porte-objet classique	Test valide sur la membrane carbone d'une grille MET

IFPEN s'engage à réaliser les tests SAT sous 2 mois après la réception de l'Équipement sans réserve.

La réception définitive est prononcée après signature par IFP Energies nouvelles du Procès-Verbal de réception. La réception telle que définie ci-dessus entraîne le début de la période de garantie.

7 Conditions Logistiques

7.1 Planning de réalisation attendu

Date de livraison souhaitée : T1 2027

7.2 Adresse de livraison

IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'Échangeur de Solaize, 69360 Solaize, France

7.3 Emballage - Transport - Livraison

7.3.1 Emballage - Transport

Le Titulaire prend à sa charge :

- L'emballage adéquat de l'Équipement et de ses accessoires, nécessaire à son transport, Le Titulaire demeure responsable du mauvais conditionnement ou de l'insuffisance des emballages nécessaires au transport de l'Équipement.
- Le transport de l'Équipement et de ses accessoires, depuis ses ateliers jusqu'au lieu de livraison indiqué sur la commande.

7.3.2 Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN

Dès lors que le Titulaire est en charge de l'installation de l'Équipement, ainsi que dans les cas de conditions particulières de chargement, déchargement ou manutention, celui-ci devra assurer :

- La livraison de l'Équipement sur son lieu d'utilisation, la personne assurant la livraison devra au préalable se présenter au service Réception et remettre le bordereau de livraison,
- Les opérations de déballage de l'Équipement.

Annexe n°1

PROCÈS VERBAL – Jalon [REDACTED] Contrat réf. IFPEN n° [REDACTED]

Généralité :

Le présent PV est rédigé en application du Contrat réf. IFPEN n° [REDACTED] conclu entre les deux Parties signataires. L'ensemble des termes en majuscule ont la signification donnée à l'article 1 du contrat précité.

Marché/commande
N° [REDACTED]
en date du [REDACTED]

Objet du marché/de la commande : [REDACTED]

Le [REDACTED]
IFPEN déclare que le jalon [REDACTED], correspondant au versement n° [REDACTED] identifié à l'article 8.2 « modalité de règlement » du Contrat est validé conformément aux dispositions propres au dit jalon et peut être facturé.

La validation du jalon est prononcée :

- ☐ Sans réserves
☐ Avec réserves (liste des réserves en annexe du présent PV)

La signature par le représentant de l'entreprise de ce procès-verbal garantit qu'il lèvera les réserves annexées dans les délais fixés ci-dessous.
Délai : à compter de la date de signature du présent procès-verbal.

Au nom et pour compte de l'entreprise	Au nom et pour compte d'IFP Energies nouvelles
Nom : Fonction : Signature et cachet de l'entreprise :	Nom : Fonction : Signature et cachet de l'entreprise :

LISTE DES RÉSERVES

[illegible]