

# CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DE CONSULTATION

Affaire n° 2026-0031-MES-RUE

Fourniture, installation et mise en service  
d'un cryostat

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

*Fait à :Rueil-Malmaison*

*Le :20/03/26*

*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

|          |                                                                                  |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>PRESENTATION GENERALE.....</b>                                                | <b>3</b>  |
| 1.1      | OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION .....                                             | 3         |
| 1.2      | CONTEXTE .....                                                                   | 3         |
| 1.3      | OBJECTIFS.....                                                                   | 3         |
| 1.4      | ANNEXES AU CAHIER DES CHARGES.....                                               | 4         |
| <b>2</b> | <b>DEFINITIONS.....</b>                                                          | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>EXPRESSION DES BESOINS.....</b>                                               | <b>5</b>  |
| 3.1      | EXPRESSION FONCTIONNELLE DES BESOINS .....                                       | 5         |
| <b>4</b> | <b>EXPRESSION DES CONTRAINTES.....</b>                                           | <b>11</b> |
| 4.1      | LEGISLATION, REGLEMENTATION, NORMES EN VIGUEUR .....                             | 11        |
| 4.2      | MARQUAGE CE.....                                                                 | 11        |
| 4.3      | SECURITE .....                                                                   | 11        |
| 4.4      | ENVIRONNEMENT D'UTILISATION .....                                                | 11        |
| <b>5</b> | <b>MODALITES DE RECEPTION DE L'ÉQUIPEMENT ET DES PRESTATIONS ASSOCIEES .....</b> | <b>12</b> |
| 5.1      | RECEPTION EN ATELIER/USINE (FAT) .....                                           | 12        |
| 5.2      | RECEPTION IN SITU (SAT).....                                                     | 12        |
| <b>6</b> | <b>CONDITIONS LOGISTIQUES.....</b>                                               | <b>13</b> |
| 6.1      | PLANNING DE REALISATION ATTENDU .....                                            | 13        |
| 6.2      | ADRESSE DE LIVRAISON .....                                                       | 13        |
| 6.3      | EMBALLAGE - TRANSPORT - LIVRAISON .....                                          | 13        |
| 6.3.1    | <i>Emballage - Transport .....</i>                                               | <i>13</i> |
| 6.3.2    | <i>Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN.....</i>              | <i>13</i> |

## 1 Présentation générale

### 1.1 Objet et domaine d'application

Objet du marché :

**Achat d'un cryostat piège cryogénique (tête froide)**

Prestations associées :

Expédition, installation, mise en service, formation (maintenance de 1<sup>ier</sup> niveau), manuel en français complet et instructions relatives à l'appareil. Les informations complètes (coûts et délais) seront transmises concernant la garantie et la maintenance (préventive / curative).

### 1.2 Contexte

IFPEN réalise des analyses élémentaires et isotopiques des gaz rares (He, Ne, Ar, Kr et Xe) par spectrométrie de masse. Les analyseurs sont raccordés à une ligne sous ultravide permettant de purifier, séparer et préconcentrer les gaz rares. L'installation est équipée d'un cryostat piège cryogénique ou tête froide pouvant atteindre une température minimale de 5°K. Le laboratoire souhaite acheter une nouvelle tête froide.

### 1.3 Objectifs

L'équipement appelé « tête froide » sera raccordé à une ligne sous vide secondaire ( $10^{-10}$  mbar).

Les gaz rares (He, Ne, Ar, Kr et Xe) sont purifiés en amont de la ligne sous vide secondaire, puis sont piégés cryogéniquement dans un volume rempli de charbon actif ou un adsorbant équivalent, refroidi à très basse température (5°K). Le cryostat sera ensuite chauffé à différents paliers de température afin de désorber sélectivement les gaz rares, pour analyses quantitatives et isotopiques via un spectromètre de masse.

C'est le piégeage de l'hélium qui nécessite d'atteindre une température minimale de 5°K. Pour atteindre ces températures il est nécessaire d'utiliser un compresseur à hélium. La température de piégeage/désorption sera déterminée en fonction des espèces. Les gammes de températures doivent être comprises **entre 5°K et 450 °K**. Le piège doit atteindre la température de 5°K en moins d'une heure trente minutes.

#### 1.4 Annexes au cahier des charges

| Documents                                       | Référence | Date | Rév. | version jointe <sup>1</sup>         |                          |
|-------------------------------------------------|-----------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|
|                                                 |           |      |      | Informatique                        | Papier                   |
| Livret Ecart aux Règles d'Or                    | vf        |      |      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mémo Sécurité des Entreprises Extérieures Rueil |           |      |      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Questionnaire informatique                      | V1        |      |      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
|                                                 |           |      |      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |

<sup>1</sup> Cocher si le document est joint au cahier des charges.

## 2 Définitions

|                                      |                                                                          |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Equipement</b>                    | Cryostat                                                                 |
| <b>Soumissionnaire</b>               | Personne physique ou morale qui soumissionne à la présente consultation. |
| <b>FAT - Factory Acceptance Test</b> | Réception en atelier/usine                                               |
| <b>SAT - Site Acceptance Test</b>    | Réception in situ, sur le site IFPEN                                     |
| <b>Titulaire</b>                     | 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<br>Externe | Référence<br>CDCF 2026-0031 | Version<br>0 | Date<br>20/03/26 | Page<br>6/13 |
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|

| Cryostat piège cryogénique et compresseur hélium |                                                                                                                                     |                                                                                                      |                                                                                |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| P                                                | Fonctions attendues                                                                                                                 | Performances attendues                                                                               |                                                                                |
|                                                  |                                                                                                                                     |                                                                                                      | Acceptabilité<br>min max                                                       |
| A                                                | Piéger les gaz rares dans un volume contenant du <b>charbon actif</b> à une <b>température minimale de 5°K</b> (He, Ne, Ar, Kr, Xe) |                                                                                                      |                                                                                |
| A                                                | <b>Réguler et mesurer automatiquement la température</b> du cryostat avec <b>contrôleur</b> allant de 5°K à 450°K                   |                                                                                                      | Gamme de température :<br>5 -450°K<br><br>Incertitude de mesure<br><br>± 0,5°K |
| A                                                | Générer le froid avec un <b>compresseur à hélium</b> et faire circuler l'hélium comprimer pour refroidir le piège                   | Atteindre la température de 5 °K en moins de 1h30<br><br>Refroidissement du compresseur à eau ou air |                                                                                |
| A                                                | Raccordement à la ligne sous vide via raccordement VCR ½ Femelle, la ligne étant en raccordement VCR ½ mâle                         |                                                                                                      |                                                                                |
| A                                                | Le cryostat doit pouvoir être ajusté en hauteur grâce à des pieds réglables.                                                        |                                                                                                      |                                                                                |

| Diffusion<br>Externe | Référence<br>CDCF 2026-0031 | Version<br>0 | Date<br>20/03/26 | Page<br>7/13 |
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|

| Hygiène - Sécurité - Environnement |                                                                                |                                                |                              |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|
| P                                  | Fonctions attendues                                                            | Performances attendues                         |                              |
|                                    |                                                                                |                                                | Acceptabilité<br>min max     |
| A                                  | Être 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<br>min max |
| A                       | Fourniture à la livraison des notices d'utilisation et d'entretien | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rédigées en français.</li> <li>Archivées sous format papier (1 exemplaire) et informatique (à définir).</li> </ul> |                          |

| Diffusion | Référence      | Version | Date     | Page |
|-----------|----------------|---------|----------|------|
| Externe   | CDCF 2026-0031 | 0       | 20/03/26 | 8/13 |

| Prestations associées d'assistance, de support, ou de formation |                                |                                                                                                                                                                                                                                                |                          |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| P                                                               | Fonctions attendues            | Performances attendues                                                                                                                                                                                                                         | Acceptabilité<br>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 | Cette étape de formation aura pour résultat : <ul style="list-style-type: none"> <li>• de former les utilisateurs à l'utilisation de l'Équipement,</li> <li>• de former les utilisateurs aux opérations de maintenance de niveau 1.</li> </ul> |                          |

| Diffusion<br>Externe | Référence<br>CDCF 2026-0031 | Version<br>0 | Date<br>20/03/26 | Page<br>9/13 |
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|

| Prestations d'entretien, maintenance, SAV |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                          |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| P                                         | Fonctions attendues                                | Performances attendues                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Acceptabilité<br>min max |
| A                                         | <b>Garantie</b>                                    | <p>Durée minimale de garantie : 12 mois à compter de la date de réception qualitative, sans réserve, de l'Équipement.</p> <p>Au titre de la garantie, le Titulaire est tenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de maintenir l'Équipement en état de disponibilité,</li> <li>• de réaliser l'ensemble des opérations d'entretien préventif de l'Équipement,</li> <li>• de remplacer l'ensemble des matériels et pièces détachées livrés et reconnus défectueux,</li> <li>• de procéder à l'ensemble des actions nécessaires permettant la réparation des dommages et/ou le rétablissement des conditions normales d'utilisation.</li> </ul> <p>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.</p> <p>Pendant la période de garantie, le Titulaire s'engage aux délais suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Délai de réponse assistance téléphonique : à nous préciser contractuellement sur l'offre</li> <li>• Délai d'intervention sur site : à nous préciser contractuellement sur l'offre</li> <li>• Délai de changement de pièce : à préciser par le fournisseur de manière contractuelle</li> </ul> |                          |
|                                           | <b>SAV</b>                                         | Dans son offre, le soumissionnaire devra préciser le délai de prise en compte de toute demande ainsi que le délai de diagnostic.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          |
|                                           | <b>Contrat de maintenance à proposer en option</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance préventive annuelle</li> <li>• Maintenance curative pièces et main d'œuvre (appareil et accessoires),</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |

| Diffusion<br>Externe | Référence<br>CDCF 2026-0031 | Version<br>0 | Date<br>20/03/26 | Page<br>10/13 |
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|---------------|
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|---------------|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>dans son offre le soumissionnaire devra préciser les délais contractuels pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Délai de réponse assistance</li> <li>• Délai d'intervention</li> <li>• Changement des pièces de rechange</li> </ul> |  |
|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |

## 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.

### 4.2 Marquage CE

Conformément aux textes réglementaires, l'Équipement livré doit être muni du marquage CE et livré avec une attestation 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
- Ecartés aux Règles d'Or

### 4.4 Environnement d'utilisation

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

- Local / Emplacement : Bâtiment Myosotis RdC M/22
- Température moyenne : 20°C
- Espace disponible : Raccordement à la ligne
- Réseau électrique : 380 V tri (régime de neutre TT), 240V ondulé (PC et instrumentation critique uniquement)
- Fluide disponible : air comprimé 6 à 8 bars,

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

### 5.1 Réception en atelier/usine (FAT)

Des tests de réception en atelier devront être validés avant envoi de la tête froide à IFPEN.

Les tests demandés sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

1-Contrôle de trois températures dans des gammes différentes et vérification de la stabilité :

- Choix d'une température 1 dans la gamme basse : 5-50 K +/- 20 mK
- Choix d'une température 2 dans la gamme moyenne : 100 K – 300 K +/- 50 mK
- Choix d'une température 3 dans la gamme haute : 350 K – 450 K +/- 500 mK

2- Vérification du temps de refroidissement pour atteindre la température minimale (proche de 5°K)

- Le temps de refroidissement doit être inférieur à 1h30.

### 5.2 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 : Refroidir le piège à une température de 5°K                                  | Tester la température minimale attendue |                                                                            | T atteinte $\leq 5^{\circ}\text{K}$ et maintien de la température<br>Temps de refroidissement inférieur à 1h30 |
| Test n°2 : Tester le cycle refroidissement /chauffage de température entre 5°K et 450°K | Mesurer et réguler la température       | La température du piège doit être équivalente à la température de consigne | La différence de température (entre consigne et mesure) doit être $\leq 0,5^{\circ}\text{K}$                   |
| Test n°3 : Tester le piégeage cryogénique des gaz rares                                 | Piéger un mélange gazeux                | Suivi en ligne de l'intensité sur le spectromètre de masse quadripolaire   | Revenir à la ligne de base observée avant la présence du gaz piégé.                                            |

IFPEN s'engage à réaliser les tests SAT sous deux mois.

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.

## 6 Conditions Logistiques

### 6.1 Planning de réalisation attendu

Date de livraison souhaitée : Automne 2026

### 6.2 Adresse de livraison

IFP Energies nouvelles, 1 - 4 Avenue de Bois Préau, 92500 Rueil-Malmaison, France

### 6.3 Emballage - Transport - Livraison

#### 6.3.1 Emballage - Transport

Le Titulaire prend à sa charge :

- l'emballage adéquat de l'Equipement 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'Equipement.
- le transport de l'Equipement et de ses accessoires, depuis ses ateliers jusqu'au lieu de livraison indiqué sur la commande.

#### 6.3.2 Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN

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

- la livraison de l'Equipement 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'Equipement.