



**Centre National de la Recherche Scientifique  
Délégation Rhône Auvergne**

**CAHIER DES CLAUSES PARTICULIERES  
(CCP N°2025-20)**

**ACQUISITION D'UN SYSTEME 4D-STEM AVEC FONCTION DE PRECESSION ELECTRONIQUE ADAPTABLE  
SUR UN MET POUR LE LABORATOIRE IRCELYON (CNRS – UMR 5256)**

**APPEL D'OFFRE OUVERT (ARTICLES R2161-1 A -5 DU CODE DE LA COMMANDE PUBLIQUE)**

CODE C.P.V : 38519000-6 Composés divers pour microscopes

CODE NACRES : MA.24 Microscopie électronique et ionique : autre matériel et pièces détachées.

**Service responsable de la passation du marché**

CNRS Délégation Rhône Auvergne  
**SFC/Pôle Achats & Marchés**  
2 avenue Albert Einstein B.P. 61335  
69609 Villeurbanne Cedex

# SOMMAIRE

<b>Partie administrative.....</b>	<b>4</b>
Article 1 – Objet et forme du marché .....	4
Article 2 - Documents constitutifs du marché.....	4
Article 3 – Durée et prise d’effet du marché.....	4
3.1 Durée du marché.....	4
3.2 Prise d’effet du marché et ordre de service de démarrage .....	5
Article 4 – Modalités d’exécution des prestations.....	5
4.1 Transport & emballage .....	5
4.2 Lieu de livraison des prestations.....	5
4.3 Délais de livraison .....	6
4.4 Installation .....	6
4.5 Formation.....	6
4.6 Documentation .....	6
Article 5 – Opérations de vérification et admission .....	6
Article 6 – Garantie.....	7
Article 7 – Assurance et Responsabilité .....	7
Article 8 - Modalités de détermination des prix .....	7
8.1 Principes généraux.....	7
8.2 Modalités de variation des prix.....	8
Article 9 - Paiements .....	8
Article 10 – Avance.....	9
Article 11 - Confidentialité.....	10
Article 12 - Litiges .....	10
Article 13 – Pénalités .....	10
Article 14 - Résiliation.....	10
Article 15 - Dérogations au CCAG-FCS.....	11
 <b>Partie technique.....</b>	 <b>12</b>
Article 1 – Générateur de signaux de balayage et précession synchronisés.....	12
1.1 Compatibilité et intégration.....	12
1.2 Demi-angle de précession (PED) .....	12
1.3 Fréquence de précession .....	12
1.4 Synchronisation du balayage du faisceau et de la précession.....	12
1.5 Compensation de faisceau en précession.....	12
1.6 Profils d’alignement .....	12

1.7 Rotation.....	12
1.8 Résolution spatiale .....	12
Article 2 – Ensemble logiciel de cartographie d’orientation et de phase .....	13
2.1 Logiciel d’acquisition et de traitement .....	13
2.2 Acquisition en précession synchronisée .....	13
2.3 Angles de précession.....	13
2.4 Caméra d’acquisition.....	13
2.5 Plateforme d’acquisition 4D-SPED .....	13
2.6 Indexation des clichés de diffraction .....	13
2.7 Restitution couleur normalisée .....	13
2.8 Imagerie virtuelle BF/DF .....	14
2.9 Corrélation croisée .....	14
2.10 Joints de grain .....	14
2.11 Orientations de grains spécifiques .....	14
2.12 Haute résolution angulaire .....	14
2.13 Multi-indices.....	14
2.14 Analyse de texture .....	14
2.15 Interopérabilité et export .....	14

## Partie administrative

### Article 1 – Objet et forme du marché

Le présent marché a pour objet l'acquisition, la livraison, l'installation, la mise en service et la formation à l'utilisation d'un système 4D-STEM avec fonction de précession électronique (4D-SPED) comprenant un générateur de signaux de balayage et de précession synchronisés, destiné à l'acquisition et au traitement de données de diffraction résolues spatialement.

L'équipement sera installé au sein de la plateforme IRCATECH, dans le Service Scientifique de Microscopie de l'Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon (IRCELYON) à Villeurbanne.

### Article 2 - Documents constitutifs du marché

Par dérogation à l'article 4.1 du CCAG/FCS, le marché est constitué des pièces énumérées ci-dessous par ordre de priorité décroissante :

- L'acte d'engagement (AE 2025-20) et son annexe :
  - Annexe 1 : CRT (cadre de réponse technique) ;
- Le présent Cahier des Clauses Particulières (CCP n°2025-20) dont l'exemplaire original conservé dans les archives du CNRS fait seul foi ;
- Le Cahier des Clauses Administratives Générales, applicable aux Marchés Publics de Fournitures Courantes et de Services (CCAG/FCS) - passé au nom de l'Etat, approuvé par l'arrêté du 30 mars 2021. Ce document n'est pas matériellement joint mais consultable sur <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043310341>.
- La documentation technique du titulaire sollicitée à la fin du cadre de réponse technique (annexe à l'acte d'engagement).

Toute clause portée dans le(s) catalogues(s), tarif(s), facture(s) du titulaire ou documentation quelconque et contraire aux dispositions des autres pièces constitutives, est réputée non écrite.  
Les conditions générales de vente du titulaire sont concernées par cette disposition.

### Article 3 – Durée et prise d'effet du marché

#### 3.1 Durée du marché

Le marché est conclu, à compter de sa date de notification, pour une durée comprenant le délai de livraison, d'installation, le protocole et la décision d'admission, la formation ainsi que le délai de garantie.

Le marché n'est pas reconductible.

### 3.2 Prise d'effet du marché et ordre de service de démarrage

L'achat étant réalisé dans le contexte plus global de l'acquisition d'un microscope électronique en transmission, le module objet du présent marché ne pourra être installé tant que ledit microscope ne sera en possession du Laboratoire.

Dès lors, par dérogation à l'article 13.1 du CCAG FCS, le délai d'exécution des prestations ne court pas à partir de la notification mais à compter de l'ordre de service de démarrage des prestations.

L'ordre de service sera émis par le laboratoire entre le **1<sup>er</sup> octobre 2026** et le **28 février 2027**.

Par dérogation à l'article 3.8.3 du CCAG FCS, le démarrage des prestations pourra être ordonné plus de six mois à compter de la notification du marché sans que le titulaire ne puisse refuser de l'exécuter.

## Article 4 – Modalités d'exécution des prestations

Les prestations décrites au marché sont exécutées en application de l'ensemble des documents énumérés à l'article 2 du présent CCAP.

### 4.1 Transport & emballage

La livraison comprenant l'emballage, l'assurance, le transport et le déchargement de l'équipement jusqu'au lieu de livraison indiqué à l'article 4.2 ci-dessous est à la charge du titulaire et sous sa responsabilité.

Le titulaire conserve l'entière responsabilité des opérations de transports et d'installation et supporte les conséquences pécuniaires de toute perte, avarie ou retard dus au transport jusqu'au site désigné par le CNRS.

En cas de dédouanement, celui-ci est à la charge du titulaire. Ce dernier est néanmoins informé que, pour l'accomplissement de cette formalité, il pourra solliciter le soutien et prendre l'attache de l'Unité de logistique internationale CNRS- ULISSE, 9 chemin de Bellevue, BP 110 – 74 941 ANNECY LE VIEUX (Tel. 04-50-11-08-10 / [logistique@ulisse.cnrs.fr](mailto:logistique@ulisse.cnrs.fr)).

### 4.2 Lieu de livraison des prestations

Préalablement à la livraison, le titulaire prendra contact avec le Laboratoire en vue de convenir des dates de livraison, d'installation et de formation.

L'équipement sera livré aux jour et heures convenus avec le Laboratoire et installé en présence du représentant du CNRS, à l'adresse suivante :

Laboratoire IRCELYON  
2 avenue Albert Einstein  
69100 Villeurbanne

Lors de la livraison, l'équipement doit être accompagnées d'un bon de livraison précisant :

- l'identification du titulaire du marché ;
- la date de livraison ;
- la référence au présent marché ;
- le détail des fournitures et des quantités livrées.

### 4.3 Délais de livraison

A compter de l'OS de démarrage des prestations décrit à l'article 3.2 du présent CCP, la livraison devra avoir lieu dans un délai de 3 mois maximum.

**Toute livraison effectuée avant la transmission de l'ordre de service sera refusée et l'équipement demeurera sous la garde du titulaire, à ses frais.**

### 4.4 Installation

L'installation sera effectuée par le titulaire à la date convenue avec le Laboratoire. L'équipement sera assemblé, installé, mis en état de marche et équipé de tous les accessoires.

Le titulaire fournira, dès la notification du marché, l'ensemble des spécifications de l'équipement nécessaires et indispensables à son installation (puissance électrique requise, encombrement, emplacement des connections, etc...)

### 4.5 Formation

Le titulaire effectuera simultanément à l'installation une formation à l'utilisation de l'appareil, au dépouillement et à la maintenance de premier niveau. Cette formation sera dispensée pour environ 6 personnes.

### 4.6 Documentation

Le titulaire est tenu de fournir :

- Une présentation de l'équipement ;
- La description des procédures des différents type de mesures de base.
- La documentation spécifique des appareils intégrés à machine ;
- La liste des vérifications périodiques à effectuer ;
- La liste des opérations de maintenance préventive à effectuer ;
- Un guide pour le diagnostic des pannes ;
- La documentation relative à la sécurité ;
- Les coordonnées du SAV.

Tous les documents sont rédigés en français ou en anglais.

Ces documents sont fournis :

- Sur support numérique en format PDF
- Par un lien web sur le site du titulaire.

## Article 5 – Opérations de vérification et admission

Les opérations de vérification de l'équipement et prestations ainsi que les décisions d'admission, d'ajournement, de réfaction ou de rejet sont effectuées par le pouvoir adjudicateur. Conformément aux dispositions de l'article 3.3 du CCAG/FCS, d'autres personnes physiques pourront être habilitées en cours d'exécution du marché.

Par dérogation à l'article 27.3 du CCAG/FCS, l'acheteur n'est pas tenu d'aviser le titulaire des jours et heures fixés pour les vérifications.

Par dérogation à l'article 28.2 du CCAG/FCS, le CNRS dispose d'un délai de trente (30) jours calendaires pour effectuer ces opérations de vérification.

Le point de départ de ce délai est la date de fin de la formation après mise en service de l'équipement dans les conditions de l'article 4.5 ci-dessus.

A l'issue de ces opérations de vérifications, le pouvoir adjudicateur prend une décision d'admission, de réfaction, d'ajournement ou de rejet dans les conditions prévues à l'article 30 du CCAG/FCS.

## **Article 6 – Garantie**

L'équipement est garanti contre tout vice de fabrication ou défaut de matière première à compter de la date d'admission pendant une durée de 12 (douze) mois.

La garantie couvre les pièces défectueuses, la main d'œuvre et tous frais de déplacement, de conditionnement et d'emballage.

Le délai d'intervention maximal pour réparation ou mise au point au titre de la garantie est de deux jours ouvrables.

Pendant toute la durée de la garantie, le titulaire devra en outre fournir gratuitement une assistance à distance par téléphone et/ou mail et/ou plateforme informatique.

## **Article 7 – Assurance et Responsabilité**

Le titulaire devra pouvoir justifier d'une assurance contractée auprès d'une compagnie agréée et en cours de validité garantissant les conséquences pécuniaires de la responsabilité civile que le titulaire pourrait encourir en cas de dommage de toute nature, matériels et immatériels, directs ou indirects qui pourraient être causés aux personnels et aux installations à l'occasion de l'exécution des prestations.

Le titulaire est responsable de tout dommage qui lui est imputable au titre de l'exécution du présent marché.

## **Article 8 - Modalités de détermination des prix**

### **8.1 Principes généraux**

La monnaie de référence de ce marché est l'euro.

Le taux de TVA applicable est celui en vigueur au moment du fait générateur.

Les prix sont fermes et actualisables dans les conditions définies à l'article 8.2.

Les prix comprennent toutes charges fiscales, parafiscales ou autres frappant obligatoirement les prestations, les frais de déplacement ainsi que l'intégralité des frais et dépenses relatifs à l'exécution du marché.

Le titulaire est réputé connaître parfaitement l'ensemble des normes et règlements applicables à l'opération et à ses prestations et en avoir tenu compte dans l'établissement de ses prix.

## 8.2 Modalités de variation des prix

Les prix sont réputés établis sur la base des conditions économiques du mois de remise des offres (Voir ATTR11).

### 8.2.1 Actualisation des prix

Le prix défini dans l'acte d'engagement sera actualisé à l'émission de l'OS de démarrage des prestations par application de la formule ci-dessous :

$$P = P_0 (I_n / I_0)$$

Dans laquelle :

P = prix actualisé

P<sub>0</sub> = prix au mois zéro

I<sub>n</sub> = dernier indice de référence du marché connu au moment de l'actualisation, soit la valeur de l'indice de référence antérieur de 3 mois à la date de début d'exécution des prestations

I<sub>0</sub> = valeur de l'indice de référence du marché au mois zéro (mois d'établissement du prix)

Il est tenu compte de l'indice de référence suivant pour le calcul de la variation des prix :

- Indice de prix d'importation de produits industriels – CPF 26.51 – Instruments et appareils de mesure, d'essai et de navigation 010765221 :  
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/010765221>

Conformément à l'article 10.1.2 du CCAG/FCS, le coefficient d'actualisation est arrondi au millième supérieur.

## Article 9 - Paiements

Les paiements sont effectués suivant les règles de la comptabilité publique.

L'ordonnateur chargé d'émettre les titres de paiement est la Déléguée Régionale du CNRS Rhône Auvergne. Le comptable assignataire des paiements est l'Agent Comptable Secondaire du CNRS Rhône Auvergne.

Le règlement est effectué par virement au compte ouvert au nom du titulaire indiqué à l'Acte d'Engagement, selon le RIB original joint.

Conformément aux dispositions des articles L.2192-1 à L.2192-7 du code de la commande publique, le titulaire ainsi que, le cas échéant, ses cotraitants et ses sous-traitants concernés, doivent transmettre leurs demandes de paiement sur le portail mutualisé de l'Etat Chorus Pro.

Au choix du créancier, cette transmission est effectuée selon l'une des trois modalités suivantes :

- Par flux d'échange de données informatisées. Dans ce cas, les formats acceptés sont ceux qui figurent à l'adresse suivante : <https://communaute-chorus-pro.finances.gouv.fr/>;
- Par dépôt au format PDF ;
- Par saisie en ligne dans le portail ;

Les informations à faire figurer dans l'entête de la demande de paiement sont :

- CNRS (SIRET n° **18008901303720**) ;
- Le code service de l'entité CNRS facturée (**UMR5256**) ;
- Le numéro d'engagement juridique communiqué lors de la notification du marché ou figurant sur le bon de commande notifié par le CNRS.

Chaque facture doit comporter, outre les indications prévues par la réglementation de la comptabilité publique, les renseignements suivants :

- Les références du présent marché,
- Le nom et l'adresse complète du lieu des prestations,
- La désignation du débiteur :

*CNRS Délégation Rhône Auvergne  
2 avenue Albert Einstein, BP 61335  
69609 Villeurbanne Cedex*

- L'adresse de facturation :  
*CNRS-SCD  
TSA 51003  
F-54500 Vandœuvre-lès-Nancy*
- Le montant HT
- Le montant de la TVA et le total TTC.

Le délai global de paiement des sommes dues au titre du présent marché est de 30 jours suivant la réception des factures et sous réserve de l'exécution du service correspondant.

Le taux des intérêts moratoires est égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque centrale européenne à ses opérations principales de refinancement les plus récentes, en vigueur au premier jour du semestre de l'année civile au cours duquel les intérêts moratoires ont commencé à courir, majoré de 8 points de pourcentage.

Le montant de l'indemnité forfaitaire pour frais de recouvrement, due pour tout retard de paiement, en sus des intérêts moratoires, est fixé à 40 euros.

## **Article 10 – Avance**

Sauf refus exprimé dans l'Acte d'engagement (article R2191-5 du CCP), une avance sera versée au titulaire dans les conditions fixées par le code de la commande publique.

Son montant est fixé à 30% d'une somme égale à 12 fois le montant initial TTC du marché, divisé par sa durée exprimée en mois, selon les modalités prévues aux articles R2191-3 à R2191-12 du Code de la commande publique.

Cette avance sera récupérée au moment du règlement de la facture après l'admission des prestations.

Si aucun ordre de service n'est émis pendant la période définie à l'article 3.2 du présent CCP, l'avance devra être remboursée par le titulaire, en tant que le marché sera résilié en application de l'article 14 du CCP.

## Article 11 - Confidentialité

Tous les renseignements, documents et objets qui seraient communiqués au titulaire dans le cadre de l'exécution du marché devront être considérés comme strictement confidentiels au sens de l'article 5 du CCAG-FCS. Il en va de même pour toutes les données auxquelles les personnels du titulaire pourraient avoir accès.

## Article 12 - Litiges

Les litiges éventuels nés de l'exécution du contrat seront réglés par les lois et règlements du droit français.

A défaut d'accord amiable, seul le Tribunal Administratif de Lyon sera compétent.

## Article 13 – Pénalités

Par dérogation à l'article 14.1.1 du CCAG/FCS, en cas de dépassement des délais d'exécution contractuels, le pouvoir adjudicateur se réserve le droit d'appliquer au titulaire les pénalités suivantes, sans mise en demeure préalable.

Les pénalités de retard seront calculées selon la formule suivante :

$$P = \frac{V * R}{1000}$$

Dans laquelle P = le montant des pénalités en euro, V = la valeur de la prestation et R = le nombre de jours de retard.

Par dérogation aux articles 14.1.2 et 14.1.3 du CCAG/FCS, les pénalités s'appliquent dès le premier euro et leur montant total ne peut excéder 30% du prix global et forfaitaire HT.

Cette pénalité est également susceptible d'être appliquée en cas de retard d'intervention au titre de la garantie définie à l'article 6.

Par dérogation à l'article 14.1.3 du CCAG/FCS, les pénalités s'appliquent dès le premier euro.

## Article 14 - Résiliation

Le marché peut être résilié selon les termes des articles 38 à 45 du CCAG/FCS. En cas de résiliation pour motif d'intérêt général, par dérogation à l'article 42 du CCAG/FCS, le Titulaire ne pourra prétendre à aucune indemnité.

Si aucun ordre de service n'est émis durant la période délimitée à l'article 3.2 du présent CCP, le marché est alors résilié d'office et le titulaire devra rembourser l'avance. Une demande lui sera adressée en ce sens par le CNRS.

**Article 15 - Dérogations au CCAG-FCS**

Article du CCAP concerné	Article du CCAG auquel il est dérogé
2	4.1
3.2	13.1
3.2	3.8.1
4.1	20.3
4.1	20.2.2
5	27.3 et 28.2
8.2	10.2.4
14	14.1.1 à 14.1.3
15	42

### Article 1 – Générateur de signaux de balayage et précession synchronisés

#### 1.1 Compatibilité et intégration

Le système doit être compatible avec différents MET et, en particulier, adapté au nouveau MET qui sera acquis dans le cadre d'une seconde consultation passée en parallèle. Une option d'interfaçage à plusieurs MET d'un même laboratoire est requise.

#### 1.2 Demi-angle de précession (PED)

Le demi-angle de précession doit être supérieur à  $1,4^\circ$ , paramétrable et reproductible.

#### 1.3 Fréquence de précession

La fréquence maximale de précession doit être de 100 Hz minimum, et si possible jusqu'à 200 Hz selon le MET et le mode TEM ou STEM pour des angles de précession de  $0.6$  à  $0.8^\circ$  utilisables en mode de cartographie d'orientation (OIM).

#### 1.4 Synchronisation du balayage du faisceau et de la précession

Le balayage du faisceau et la précession doivent être matériellement et logiciellement synchronisés pour l'acquisition des données 4D-Scanning Précession Electron Diffraction (4D-SPED), sans dérive perceptible sur la durée d'une acquisition.

#### 1.5 Compensation de faisceau en précession

Une fonction de compensation active du faisceau en précession est requise afin d'assurer la meilleure résolution spatiale en mode de cartographies d'orientation et/ou de phases, et ceci à tous les angles de précession.

#### 1.6 Profils d'alignement

Le système doit permettre l'enregistrement, le rappel et la gestion de multiples jeux de paramètres d'alignement (différents MET, modes de fonctionnement, tensions d'accélération, etc.) avec traçabilité des configurations.

#### 1.7 Rotation

L'accessoire devra permettre une précession sur une rotation complète de  $360^\circ$ .

#### 1.8 Résolution spatiale

La résolution spatiale doit être garantie au minimum 10 nm dans un MET LaB6 et à 200 kV.

## Article 2 – Ensemble logiciel de cartographie d'orientation et de phase

### 2.1 Logiciel d'acquisition et de traitement

Le titulaire devra fournir un logiciel convivial couvrant l'intégralité du flux, de l'acquisition à l'affichage et le traitement des données.

### 2.2 Acquisition en précession synchronisée

Le logiciel permettra la prise en charge de l'acquisition de séries de diffraction PED avec précession synchronisée au balayage du faisceau.

### 2.3 Angles de précession

Utilisation d'angles de précession typiques de  $0,5^\circ$  à  $0,8^\circ$  afin d'obtenir des réflexions d'ordre supérieur, d'atténuer les effets dynamiques et de supprimer les lignes de Kikuchi.

### 2.4 Caméra d'acquisition

Le système doit comporter une caméra CMOS adaptée pour les images de diffractions à fréquence d'acquisition élevée de minimum 100 images par seconde voir jusqu'à 500 images par seconde.

### 2.5 Plateforme d'acquisition 4D-SPED

Le système devra intégrer une plateforme d'acquisition 4D-SPED assurant une synchronisation entre la caméra, le balayage et la précession du faisceau.

Il pourra offrir la prise en charge d'autres modèles de caméras avec intégration et déclenchement synchronisé. La solution sera compatible avec la génération de cartographies d'amorphes, de déformation et de champ électrique.

### 2.6 Indexation des clichés de diffraction

Le logiciel doit créer des cartographies d'orientation et/ou de phase en indexant les images de diffraction expérimentales par rapport aux templates théoriques de n'importe quel cristal, qu'il génère automatiquement.

### 2.7 Restitution couleur normalisée

Les cartographies d'orientation (ou de phase) seront affichées en couleur. Chaque couleur correspondra à une certaine orientation (ou phase) précise du cristal, selon la carte de couleurs de la figure de pôle inverse du cristal.

## **2.8 Imagerie virtuelle BF/DF**

Après acquisition, le logiciel doit générer des images BF/DF virtuelles en combinant un diaphragme virtuel et un masque afin de révéler des caractéristiques spécifiques.

## **2.9 Corrélation croisée**

Le logiciel doit établir des cartes de corrélation croisée des diagrammes de diffraction.

## **2.10 Joints de grain**

Le logiciel doit fournir des outils dédiés à la détection, à la cartographie et à la caractérisation des joints de grain.

## **2.11 Orientations de grains spécifiques**

Le logiciel doit corriger l'ambiguïté à 180° pour des orientations de grains spécifiques.

## **2.12 Haute résolution angulaire**

Le logiciel doit intégrer un algorithme d'interpolation offrant une résolution angulaire élevée, jusqu'à 0,3°.

## **2.13 Multi-indices**

Le logiciel doit intégrer un outil de multi-indices qui fournit des solutions alternatives pour les systèmes avec des grains qui se chevauchent et des systèmes à matrice de précipités.

## **2.14 Analyse de texture**

Le logiciel doit intégrer un module d'analyse de texture permettant de détecter et de quantifier les préférences d'orientation.

## **2.15 Interopérabilité et export**

Le logiciel doit exporter les données dans des formats ouverts et appropriés, compatibles avec une analyse complémentaire via des logiciels EBSD tiers.