



**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
DELEGATION CENTRE-EST**

17, rue Notre Dame des Pauvres

B.P. 10075

54 519 VANDOEUVRE-LÈS-NANCY CEDEX

**PROCEDURE AOO
N°26.06.024**

**ACQUISITION D'UN SPECTROMETRE DE RAYONS X DE
LABORATOIRE**

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (CCTP)

I- Objet de la consultation :

Dans le cadre de ses activités de recherche, le **Laboratoire Lorrain de Chimie Moléculaire (L2CM) — UMR 7053** souhaite acquérir un **spectromètre de rayons X de laboratoire**. Cet équipement performant devra permettre de réaliser des analyses de spectroscopie d'absorption de rayons X (XAS : XANES et EXAFS) ainsi que de spectroscopie d'émission de rayons X (XES).

L'objectif est de disposer d'un système polyvalent, fiable et évolutif permettant d'étudier une grande diversité d'échantillons et de configurations expérimentales.

II- Généralités

II.1- Aspects généraux

État du matériel : L'équipement proposé devra impérativement être neuf.

Lieu de livraison et d'installation de l'équipement : Faculté des Sciences et Technologies, Boulevard des Aiguillettes, L2CM, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy.

Accès au site : Le laboratoire est accessible via un monte-charge (aucune contrainte majeure d'accès physique).

Fluides et raccordements requis :

- Alimentation en eau requise pour le système de refroidissement. Le titulaire devra fournir les tuyaux de raccordement adaptés.
- Prise industrielle **230V**.
- L'offre devra spécifier l'ensemble des besoins électriques et thermiques précis de l'équipement.

II.2- Aspects de sécurité

Le système devra être conforme aux réglementations européennes de sécurité en vigueur (marquage CE).

- Le spectromètre devra être équipé d'une **enceinte de protection plombée** (X-ray enclosure) conforme aux réglementations de sécurité radiologique de l'Union Européenne.
- L'enceinte devra intégrer des **verrous de sécurité redondants (safety interlocks)** empêchant toute émission de rayons X lorsque les portes sont ouvertes.

II.3- Aspects environnementaux

L'équipement proposé doit respecter la directive européenne **RoHS** sur la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.

III- Caractéristiques et fonctions exigées du spectromètre

L'équipement devra respecter les exigences minimales attendues suivantes :

- **Capacités de mesure** : Le système doit pouvoir mesurer à la fois le spectre d'absorption de rayons X (XAS : XANES et EXAFS) et le spectre d'émission de rayons X (XES).
- **Gamme d'énergie standard** : La plage d'énergie de fonctionnement du système proposé doit couvrir au moins la gamme **5 à 20 keV**.
- **Pouvoir de résolution (XAS)** : La résolution du système XAS doit être supérieure à **5000** (valeur mesurée dans la gamme d'énergie standard de 5 à 20 keV).
- **Cristaux analyseurs** : Des cristaux analyseurs à base de Silicium (Si) couvrant l'intégralité de la plage d'énergie XAS standard doivent être inclus dans l'offre de base.
- **Source de rayons X** : Une source de rayons X de haute puissance égale ou supérieure à **2 kW**.
- **Pouvoir de résolution globale** : Un pouvoir de résolution général supérieur ou égal à **6000**.
- **Vitesse de mesure** : Un temps d'acquisition EXAFS typique au seuil K d'une feuille d'élément de transition 3d inférieur à **30 minutes**.
- **Environnement du faisceau** : Le système ne doit requérir ni hélium (He) ni vide le long du trajet optique du faisceau de rayons X.
- **Évolutivité** : L'appareil doit pouvoir être mis à niveau (upgrade) vers une autre variante de spectromètre de rayons X afin d'apporter de nouvelles fonctionnalités de mesure à l'avenir.
- **Analyseur** : Si pour couvrir le spectre d'énergie XAS.

IV- Environnement d'échantillon

L'équipement devra présenter les caractéristiques suivantes relatives à l'environnement d'échantillon :

- **Passeur automatique** : Intégration d'un système de changement automatique d'échantillons.
- **Capacité du passeur** : Le passeur automatique dédié à la spectroscopie XAS doit pouvoir accueillir et mesurer automatiquement **plus de 7 échantillons** sous forme de pastilles de **13 mm**.
- **Modes de mesure rapides** :
 - Capacité d'acquisition de spectres XANES **sans balayage** (scanning-free).
 - Capacité d'acquisition de spectres XES **sans balayage**.

- **Compatibilités expérimentales** : Le porte-échantillon et la chambre doivent être compatibles avec l'intégration future de dispositifs spécifiques :
 - Platines à température contrôlée (chauffage / refroidissement).
 - Cellules électrochimiques pour études *in situ* and *operando*.
 - Cellules de réaction simples et réacteurs à flux continu.

V- Suite logicielle et interface (Software)

Le logiciel de commande et de traitement des données devra présenter les fonctionnalités suivantes :

- **Scripting** : Possibilité de créer des scripts personnalisés pour contrôler l'acquisition des données (de préférence dans un langage standard tel que Python).
- **Interface Graphique (GUI)** : Interface utilisateur intuitive permettant de réaliser les acquisitions standards ainsi que le paramétrage et l'alignement du système.
- **Formats de données ouverts** : Sauvegarde native des données sous des formats universels et exploitables (HDF5, ASCII, JSON, CSV).
- **Flexibilité de balayage** : Possibilité de définir des pas de balayage (step sizes) non linéaires sur des régions spécifiques du scan.
- **Temps d'acquisition variables** : Possibilité d'allouer des temps de comptage/acquisition arbitraires et différents selon les points de balayage du spectre.
- **Alignement automatisé** : Procédure d'alignement automatique lors du changement de cristal analyseur, de seuil d'absorption ou de raie d'émission.
- **Visualisation en temps réel** : Outil permettant d'afficher et de comparer simultanément plusieurs spectres d'une même série de mesures.

VI- Modalité de livraison, d'installation et de mise en service

- **Impératif de livraison de l'équipement** : L'équipement devra être livré dans un délai strictement inférieur à six (6) mois à compter de la notification du marché au titulaire. **Toute offre proposant un délai de livraison supérieur ou égal à six (6) mois sera déclarée irrégulière et ne sera pas prise en compte dans le classement des offres.**
- **Raccordements** : L'installation physique et le raccordement aux utilités (eau de refroidissement, alimentation électrique 230V) seront réalisés par le titulaire.
- **Mise en service** : Le montage, le démarrage de l'équipement et les tests de conformité initiaux devront s'effectuer dans un délai maximum de **1 semaine** après la livraison sur le site du LC2M.

VII- Prestations de service demandées

VII.1- Formation

Suite à la mise en service, le titulaire dispensera une formation complète sur l'utilisation et la maintenance de premier niveau de l'équipement à destination de quatre (4) personnes.

- **Langue de la formation** : Anglaise.
- **Contenu** : Alignement du système, acquisition standard, programmation de scripts personnalisés et consignes de sécurité radiologique.

VII.2- Documentation

Le titulaire s'engage à fournir l'intégralité de la documentation d'utilisation, de programmation et de maintenance requise en français ou en anglais.

VII.3- Garantie et contrat de maintenance

- **Garantie minimale : 1 an**, pièces, main-d'œuvre et déplacements sur site inclus. Le délai de garantie court à compter de la date de notification de la décision d'admission de l'ensemble des prestations objet du présent marché.
- **Contrat de maintenance post-garantie** : le soumissionnaire pourra proposer, au titre d'une prestation supplémentaire éventuelle facultative, un chiffrage pour une prestation de maintenance préventive et corrective de l'équipement d'une durée d'un (1) an, prenant effet à l'issue de la période de garantie contractuelle de l'équipement.

Le soumissionnaire détaillera dans son offre le contenu et le périmètre des opérations couvertes par cette prestation de maintenance, ainsi que les conditions d'intervention, les délais associés et les éventuelles exclusions.

VII.4- Support technique

L'offre du titulaire devra inclure une assistance technique par mail, téléphone ou une prise en main de l'appareil à distance par le constructeur. Le candidat précisera au sein de son offre ce que comprends les prestations de service après-vente.