



# **Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.)**

## **Acquisition et installation d'un spectromètre Raman confocal**



## 1 Présentation du projet

### 1.1 Contexte

La consultation concerne l'acquisition, livraison et installation d'un système de spectroscopie Raman confocale destiné à l'analyse structurale, chimique et optoélectronique de matériaux variés : nanomatériaux, couches minces, matériaux 2D, polymères, etc.

Les caractéristiques du système Raman seront les suivantes :

L'équipement devra permettre des mesures en diffusion Raman (Stokes et anti-Stokes) ainsi que des mesures de photoluminescence, à la fois in situ, ex-situ et in-operando pour des expériences pouvant impliquer des mesures électrochimiques, ou des mesures à températures cryogéniques.

### 1.2 Problématique

Les activités du laboratoire nécessitent :

- une haute résolution spectrale,
- une résolution spatiale micrométrique voire submicrométrique,
- une flexibilité en excitation laser,
- une stabilité mécanique et thermique élevée,
- une automatisation avancée des acquisitions.

Le système devra être adapté à des utilisateurs variés, allant de l'expert à l'utilisateur.

### 1.3 Description du système

#### 1.3.1 Description globale, encombrement

Le système proposé devra être un équipement Raman confocal intégré, comprenant :

- un spectromètre ;
- un microscope optique confocal avec plusieurs objectifs sur tourelle ;
- plusieurs sources laser intégrées : 473, 532, 785 nm ;
- un système de détection CCD ;
- une platine porte-échantillon motorisée et aisément amovible ;
- une station informatique avec logiciel de pilotage.

Le fournisseur devra préciser :

- l'encombrement global (paillasse ou système intégré) ;
- les conditions environnementales requises (température, vibrations, obscurité) ;
- les besoins en alimentation électrique.

Par ailleurs, l'équipement sera installé sur une table optique qui fera l'objet d'un achat séparé.

#### 1.3.2 Caractéristiques optiques

Le système devra présenter les caractéristiques minimales suivantes :

**Spectromètre :**



- Spectromètre à réseaux interchangeables ou équivalent permettant d'optimiser la résolution et la gamme spectrale,
- Résolution spectrale adaptée aux applications Raman (typiquement  $\leq 1 \text{ cm}^{-1}$  selon configuration) ;
- Large gamme spectrale couvrant au minimum 30 à 4000  $\text{cm}^{-1}$  (Stokes) ;
- L'appareil devra occuper une surface maximum de 1.20 m x 1.20 m pour des raisons de limitation d'espace au sein du laboratoire.

**Détection :**

- Détecteur CCD;
- Faible bruit de lecture et haute sensibilité ;
- Acquisition rapide compatible avec cartographies.

**Excitations laser :**

- Au minimum trois longueurs d'onde distinctes (visible et proche IR : 473 , 532 et 785 nm) ;
- Commutation rapide entre les lasers et auto-alignement des lasers par software.

**Réglage de puissance :**

- Possibilité d'adaptation d'un système de contrôle continu de puissance laser à la place des filtres de densité (*power monitoring*) ;
- Stabilité en puissance et en pointage.

**Filtrage :**

- Présence de filtres de type Notch ou Edge permettant l'accès aux basses fréquences Raman et l'observation **des signaux Stokes**. La coupure du signal *ne devra pas être supérieure à 30  $\text{cm}^{-1}$*  en raison des matériaux étudiés à l'IEMN.

**Mode photoluminescence :**

- Configuration permettant des mesures de photoluminescence sur une large plage spectrale avec *possibilité d'adapter un détecteur jusqu'à 1.6  $\mu\text{m}$* .
- Compatibilité avec les lasers fournis.

**Microscope confocal :**

- Microscope optique intégré en configuration confocale ;
- Objectifs interchangeables sur tourelle comprenant 3 objectifs :
  - objectif x100 (fort grossissement),
  - objectif x50 LWD (longue distance de travail),
  - objectif x5,
- Système de diaphragmes confocaux réglables ;
- Caméra de visualisation de l'échantillon.

**Pilotage :**

Le candidat à l'appel d'offres devra spécifier le type d'ordinateur fourni pour piloter le spectromètre et ses accessoires.

**Système de déplacement des échantillons :**

Le système devra inclure :

1. une platine motorisée XYZ ;
2. des déplacements pilotables via logiciel et joystick ;
3. une précision de positionnement micrométrique ou meilleure ;
4. une répétabilité adaptée aux cartographies Raman ;



5. une possibilité de cartographie automatisée (mapping 2D/3D).

Fonctionnalités attendues :

1. autofocus automatique (optique ou basé sur signal) ;
2. sécurité de déplacement en Z pour éviter l'écrasement de l'objectif sur l'échantillon pour les faibles focales ;
3. gestion des trajectoires de scan ;
4. mémorisation de positions. La machine devra permettre de travailler sur une zone utile de forme carrée dont les dimensions sont au moins 10 mm selon X et 10 mm selon Y. La taille minimum et maximum doit être communiquée ;
5. démontabilité de la platine support de l'échantillon qui devra pouvoir être remplaçable par un plateau acheté ou fabriqué à façon par le laboratoire pour maintenir à la fois des platines destinées à la cryogénie et à l'électrochimie ;
6. possibilité pour le compartiment échantillon de s'ouvrir sur deux cotés et de le rester afin de permettre le placement d'équipements dédiés sous le microscope. La sécurité laser devra pouvoir être adaptée à cette configuration ouverte.

### 1.3 .4 Logiciel

Le logiciel fourni devra permettre :

1. le pilotage complet de l'instrument (lasers, spectromètre, platine), comprenant des sécurités laser en cas de surexposition du/des détecteurs, et comprenant des sécurités pour l'approche spatiale de l'objectif sur l'objet analysé ou son contenant ;
2. la calibration automatique (« autocalibration ») de l'appareil avec un wafer de silicium (pour l'excitation laser appropriée), et la possibilité supplémentaire de calibrer « à la main » pour des cas spéciaux (par exemple avec un diamant) ;
3. l'acquisition de spectres Raman et photoluminescence ;
4. un réglage simple du spectromètre pour passer l'acquisition de spectres Raman à celle de spectres de photoluminescence ;
5. un réglage simple pour changer l'excitation laser avec le logiciel et le matériel ;
6. la réalisation de cartographies (mapping) ;
7. la réalisation de photos de l'échantillon à tous les grossissements ;
8. le traitement des données :
  - la correction de fond,
  - l'ajustement de pics,
  - la visualisation **2D/3D**,
  - l'export des tables de données ou figures en tous formats standards compatibles avec les autres systèmes de spectroscopie et compatibles avec les logiciels de traitement et d'analyse de données scientifiques,
9. une interface utilisateur intuitive avec différents niveaux d'accès.

Le logiciel devra être compatible avec un environnement Windows 11 récent.



## 2 Installation

### 2.1 Dossier d'installation

Le titulaire devra fournir :

- un dossier détaillant les prérequis (électricité, vibrations, température) ;
- les plans d'implantation ;
- les contraintes d'environnement.

Le transport sera sous la responsabilité du titulaire depuis le départ du site de production jusqu'à l'arrivée à l'intérieur du laboratoire. L'accord formel de l'IEMN devra intervenir en amont de la livraison.

Le titulaire fournira tout outillage spécifique nécessaire à l'installation ou à la mise au point de l'équipement. Les pièces optiques et /ou mécaniques nécessaires pour l'installation du système seront également fournies.

Dans un délai d'un (1) mois maximum après la notification du marché, le titulaire devra obligatoirement fournir :

- a) Un plan à jour indiquant les dimensions exactes et détaillées de l'équipement ainsi que l'empreinte au sol et le poids ;
- b) La liste des servitudes nécessaires pour mettre en fonctionnement l'équipement, telles que la puissance électrique, les fluides et gaz, les types de raccord électriques, et la consommation ;
- c) Les contraintes de climatisation pour les réseaux de l'appareil : température, hygrométrie.

Le titulaire devra également indiquer les exigences éventuelles d'emplacement des différentes pièces de sous-assemblage afin de préparer l'installation.

### 2.2 Planning

Il est de la responsabilité du titulaire de déterminer la charge de travail afin de respecter le planning.

**Délai de livraison** : 6 mois maximum

**Délai de garantie** : minimum 1 an

Suite à la notification, le titulaire devra fournir le planning prévisionnel indiquant les éléments suivants :

1. Temps nécessaire pour fabriquer l'équipement
2. Transport
3. Date de livraison en salle dédiée à l'IEMN
4. Planning d'installation
5. Planning de formation du personnel IEMN
6. Date d'admission définitive sur le site de l'IEMN



## 2.3 Contraintes concernant le système

### 2.3.1 Contraintes de sécurité

L'équipement sera conforme à la réglementation française en vigueur. En particulier, la documentation concernant la sécurité et le mode d'emploi utilisateur devra être rédigée en français. L'équipement doit être livré avec un certificat CE à la charge du titulaire. L'équipement doit être conforme aux normes électriques CEE et CEM, mais également françaises (230 V - 50 Hz pour le brochage des prises monophasées et 400 V - 50 Hz pour le triphasé) et aux normes d'exposition laser.

Les personnes intervenantes lors de l'installation devront être titulaires des titres d'habilitation nécessaires à la mise en marche et la maintenance de l'équipement (notamment l'habilitation électrique).

### 2.3.2 Restauration du système

Le titulaire s'engage à fournir à l'IEMN, la procédure permettant la sauvegarde complète des disques durs embarqués et le matériel nécessaire à la bonne application de celle-ci. Il formera le personnel de l'IEMN à cette procédure. Un back-up sera réalisé à l'issue de la réception définitive.

### 2.3.3 Licences et mises à jour logiciels

Le titulaire s'engage à livrer avec l'équipement toutes les licences d'exploitation permettant son utilisation par l'IEMN. Il communiquera systématiquement à l'IEMN les modifications software (upgrade, nouvelles versions) et les installera gratuitement au moins pendant la période de garantie.

Le titulaire s'engage à répondre aux questions du service informatique du laboratoire afin que le poste de contrôle, dans sa configuration d'utilisation, soit conforme à la politique de sécurité informatique du CNRS.

## 2.4 Documentation

La documentation devra être fournie en anglais au format numérique (pdf) et au format papier. La documentation comprendra au moins un manuel d'utilisation, un manuel de maintenance et les avertissements concernant les risques potentiels et les précautions à prendre.

## 3 Livraison, Garantie, Formation, S.A.V

### 3.1 Livraison

L'équipement devra **obligatoirement être livré avec un camion muni d'un système de manutention**. L'IEMN ne possède pas de chariot élévateur. Le candidat pourra demander à venir repérer sur site le trajet à parcourir du quai de livraison jusqu'au lieu d'implantation de la machine s'il le juge nécessaire.

De manière générale, les équipements et l'ensemble de leurs périphériques devront être livrés propres et conditionnés de manière sérieuse et appropriée jusqu'à leurs emplacements dans la salle blanche de l'IEMN.



Les plateaux de transport, palettes et caisses d'emballage devront être adaptés aux poids et volumes des éléments afin d'assurer un transport sécurisé et éviter par la suite tout litige lié à un mauvais conditionnement.

#### **Adresse de livraison**

Les prestations devront être livrées à l'adresse suivante :

Laboratoire IEMN – CNRS – UMR8520

Avenue Henri Poincaré CS60069

59652 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

France

### **3.2 Garantie et Service Après-vente**

L'IEMN souhaite une garantie minimum de douze (12) mois. Celle-ci comprendra le travail et les pièces détachées ainsi que les frais de transport, de déplacement et de séjour. Elle débutera à compter de la date d'admission définitive. La fin de garantie sera prononcée à l'issue de la période de garantie dans les conditions suivantes :

- a) Levée totale des réserves éventuellement émises à la réception.
- b) Pas d'anomalie détectée.
- c) Conformité aux spécifications sur cette période.

En cas d'anomalie, le titulaire devra prendre en charge la mise en conformité de l'équipement. Pour un fonctionnement non satisfaisant, c'est-à-dire avec arrêt des expériences de spectroscopie, la période de garantie sera automatiquement prolongée d'une durée équivalente aux dysfonctionnements constatés.

Le candidat devra indiquer dans son offre :

1. Le temps de réponse durant la garantie après réception d'un e-mail.
2. Le nombre d'ingénieurs disponibles en France, capables d'intervenir sur l'optique, la mécanique, et le logiciel.
3. Le nombre d'ingénieurs capables d'intervenir sur l'optique, la mécanique, et le logiciel.
4. Le délai d'intervention sur site après notification.
5. Le délai d'intervention à distance après notification

### **3.3 Formation**

Une formation de 2 jours minimum, comprenant une formation pratique pour 2 personnes sera incluse dans les prestations dues en français.

### **3.4 Pièces détachées**

Pendant la période de garantie, le titulaire maintiendra, sous sa responsabilité, un stock disponible de pièces détachées pour la maintenance. Si le titulaire fournit des pièces détachées supplémentaires avec la machine, il devra en communiquer la liste.

### **3.5 Service après-vente hors garantie**





Le candidat devra indiquer dans son offre :

1. Le temps de réponse après réception d'un e-mail.
2. Le nombre d'ingénieurs disponibles pour la maintenance.
3. Le nombre d'ingénieurs disponibles pour le support process.
4. Le délai d'intervention sur site après notification.
5. Le candidat indiquera également la disponibilité des pièces détachées et les délais d'approvisionnement en cas d'urgence.

## **4 Vérification et réception des prestations**

### **4.1 Vérification d'aptitude et réception définitive**

Pour la réception définitive, l'équipement sera testé dans les locaux de l'IEMN avec le candidat sur les points suivants :

- 1) Allumage et ouverture du logiciel sans défaut de communication avec le matériel
- 2) Validation par le service informatique de la communication via internet conformément aux contraintes de sécurité informatique.
- 3) Essais de spectres sur des couches minces et des solides
- 4) Préparation d'un fichier avec le logiciel

L'IEMN se réserve le droit de tester l'équipement pendant une durée de quatre (4) semaines à compter de la date de mise en service sur le site avant de prononcer l'admission définitive. Ces tests sans la présence du candidat porteront sur :

- La reproductibilité des spectres et de l'alignement du spectromètre

## **5 Prestations supplémentaires éventuelles (PSE)**

Le candidat devra décrire précisément les caractéristiques des PSE obligatoires demandées et le prix pour chaque PSE. L'absence de ces prestations dans l'offre d'un candidat rend cette dernière irrégulière et, en conséquence, impose son rejet.

### **5.1 Possibilité d'adaptation d'un réseau de Bragg (obligatoire)**

Possibilité d'adapter un réseau de Bragg pour coupure de la raie Rayleigh à 532 nm

### **5.2 Extension de garantie (facultative)**

La garantie initiale d'un an pourra être étendue d'une durée de douze (12) mois supplémentaires.