



Laboratoire
Catalyse & Spectrochimie



MARCHE PUBLIC

**Lot n°1 : Fourniture, livraison, installation d'une
sonde RMN en phase solide 4mm CPMAS
automatisée et compatible avec un spectromètre
11.7 T BRUKER AVANCE III HD**

– Cahier de clauses techniques particulières (CCP) –

Table des matières

I.	Service qui passe le marché	3
II.	Forme de la consultation.....	3
III.	Contexte et objet du marché	3
IV.	Description de l'offre de base	4
V.	Prestations supplémentaires éventuelles (PSE).....	5
VI.	Localisation du système.....	5
VII.	Sécurité du système	5
VIII.	Délai d'exécution du marché.....	6
IX.	Formation du personnel utilisateur	6
X.	Garantie.....	6
XI.	Assistance et service après-vente.....	6

I. Service qui passe le marché

ENSICAEN

6 boulevard du Maréchal Juin

14000 Caen

FRANCE

II. Forme de la consultation

Parmi les trois lots proposés dans le **financement Normandie Recherche Plateforme 2025** accordé au **Projet CARAVAMP** porté par le Laboratoire Catalyse et Spectrochimie (LCS), ce document ne traite que **du lot n°1**.

- **Lot 1** : Fourniture, installation et garantie d'une sonde automatisée 4 mm HX CPMAS sur un spectromètre Bruker AVANCE III HD 11.7 T NB.

Ce lot est un marché ordinaire dont le contrat est traité à prix global forfaitaire. Le montant estimatif pour le lot 1 est de : **92 500 € HT**.

III. Contexte et objet du marché

Dans le cadre de l'élaboration de nouveaux matériaux pour l'énergie, leur synthèse ne constitue qu'une première étape. En effet, la caractérisation du matériau, à diverses échelles, est essentielle pour suivre les différentes étapes de synthèses, valider les structures obtenues, étudier le comportement du matériau au plus proche des conditions d'utilisations industrielle ou quotidienne. Ces caractérisations peuvent être de différentes natures et nécessitent des instrumentations spécifiques. Le **Laboratoire Catalyse et Spectrochimie (LCS, UMR 6506)** est reconnu pour son expertise dans la caractérisation des catalyseurs solides (notamment poreux comme les zéolithes) par spectroscopie Infrarouge, Raman et particulièrement **Résonance Magnétique Nucléaire**.

Les **besoins en caractérisation** se développent de façon continue, notamment à cause de l'**augmentation** des activités au sein du laboratoire LCS. La forte activité en synthèse de matériaux entraîne naturellement des **besoins croissants** pour leur caractérisation fine à la fois par les usagers du laboratoire et émanant de collaborations externes. Ces matériaux doivent être caractérisés parallèlement à l'aide de plusieurs techniques. La RMN du solide, sonde locale de la matière à l'échelle de la liaison chimique, est très sensible aux faibles variations de distance et d'angle. Elle est un moyen de définir l'environnement chimique et la géométrie locale, la dynamique, le niveau de désordre ou encore les connectivités des atomes. Cela en fait un outil incontournable pour décrire les zéolithes.

Le **service RMN du laboratoire** a en particulier pour vocation d'innover pour permettre à la fois d'ouvrir les caractérisations de matériaux poreux au plus grand nombre d'utilisateurs mais également d'analyser les matériaux dans des conditions et avec des expériences particulièrement diversifiées. Ainsi, l'**automatisation de certains équipements RMN** est une nécessité qui permettra aux utilisateurs **d'optimiser les temps de passages** sur les instruments et de **faciliter la prise en main** des machines, dans un contexte où le volume d'échantillons académiques ou industriels à analyser est en constante augmentation. Elle

permettra également de **limiter l'endommagement** de l'instrumentation dont le risque est augmenté par la multiplication de manipulations techniques d'utilisateurs.

La présente consultation concerne le **lot n°1**, dans le cadre du projet **CARAVAMP**, dédié à la fourniture, la livraison et l'installation d'une **sonde RMN à l'état solide 4mm HX CPMAS automatisée (et la formation du personnel pour cette instrumentation), compatible avec un spectromètre Bruker NB AVANCE III HD, éventuellement adaptable à un passeur d'échantillon solide Bruker.**

Les spécificités techniques impératives de cet appareillage :

1. Sonde pour mesure RMN MAS en phase solide, pour des rotors \varnothing 4 mm
2. Sonde de type CPMAS à double canal ^1H - ^{19}F /X
3. Le canal X devra permettre un accord parfait sur la gamme fréquentielle minimale [^{31}P – ^{15}N].
4. Découplage haute puissance sur le canal ^1H - ^{19}F
5. Automatisation (i) du système d'accord de la sonde (« tuning » et « matching ») sur les deux canaux, et (ii) du réglage de l'angle magique.
6. Compatible avec un spectromètre RMN Avance IIIHD 500 NB Bruker, et pilotable avec le logiciel Topspin utilisé usuellement.
7. Adaptable à la fixation par vissage (« à vis »), et sinon fournie avec un adaptateur.
8. Adaptée au système d'injection par le haut du spectromètre (canne 4 mm), ou sinon fournir le système adéquate.

IV. Description de l'offre de base

Cette instrumentation consiste en un matériel en partie automatisé, permettant de réaliser des expériences RMN CPMAS sur des échantillons placés dans des rotors 4 mm. La dénomination d'une telle instrumentation est « sonde RMN phase solide CPMAS 4 mm ».

- **Point 1 – Le lot doit comporter au minimum les éléments suivants :**

1. La sonde RMN phase solide CPMAS 4 mm double canal

- **Point 2 – La sonde doit posséder au minimum les spécificités suivantes :**

1. Tête de sonde pour MAS – \varnothing rotors 4mm ;
2. Rotation à l'angle magique à une vitesse maximale d'au moins 15 kHz (le spectromètre est équipé d'une unité de contrôle de rotation MAS en phase solide type MAS II Bruker, mais une unité MAS III Bruker est disponible au laboratoire si besoin);
3. Sonde double canal ^1H - ^{19}F /X ;
4. Canal X : accord parfait sur une gamme fréquentielle minimale correspondant à l'intervalle [^{31}P – ^{15}N] , et tenue optimale à la puissance ;
5. Découplage haute puissance sur le canal ^1H - ^{19}F .
6. Gamme de température atteignable pendant l'acquisition : allant au moins -30°C à +80°C.

- **Point 3 – Le matériel fourni devra être automatisé au moins sur :**

1. L'accord de la sonde (« tuning » et « matching ») ;
2. Le réglage de l'angle magique.

- **Point 4 – Le matériel fourni devra être :**

1. Totalement opérationnel et compatible avec l'aimant disponible actuellement 11.7 T (fréquence de Larmor du ^1H correspondante = 500 MHz), Narrow Bore (ouverture 54 mm), équipé d'un système de shim Bruker BOSS III et d'un système BST (Bruker Sample Transfer) (ou adaptation à fournir);

2. Adaptable au système de fixation à vis du spectromètre. Si la sonde ne se fixe pas avec ce système (ex : système de levier), il faut que l'adaptateur soit fourni ;
 3. Entièrement pilotable (génération et synchronisation des pulses rf, acquisition) via la console Bruker Avance III HD 500 déjà en place, et son logiciel Topspin ;
 4. Adaptée au système d'injection par le haut du spectromètre (canne 4 mm). Dans le cas contraire, il faut que le système adéquat soit fourni, ou bien qu'une proposition viable et non-contrainante soit proposée dans le cadre du contexte expliqué en III (**Contexte et objet du marché**). En effet, un système de transfert de rotor MAS 4 mm sans avoir à démonter la sonde à chaque changement d'échantillon est nécessaire ;
 5. Garantie (pièce, main d'œuvre, frais d'envoi) d'au moins 1 an à compter de la mise en service de l'appareil sur le site de l'acheteur.
- **Point 5 – Fourniture de :**
 1. Un kit de remplissage, fermeture/ouverture et nettoyage des rotors 4 mm pour sonde CPMAS ;
 2. Un set d'au moins un rotor 4 mm ZrO₂ + bouchons ;
 3. Au moins deux portoirs pour rotor MAS 4mm HRMAS/CPMAS compatible avec le spectromètre et la sonde.

OPTIONS :

Le chiffrage des options doit se faire séparément.

- **Option 1** – Outils de nettoyage et remplissage de rotors MAS 4 mm ;
- **Option 2** – Set de 1 rotor MAS 4 mm + bouchons ;
- **Option 3** – Troisième portoir pour rotor MAS 4mm HRMAS/CPMAS compatible avec l'aimant et la sonde ;
- **Option 4** – Extension de garantie de 1 an à partir de la fin de la garantie proposée (pièces, main-d'œuvre, envoi/livraison) ;
- **Option 5** – Extension de garantie de 2 ans à partir de la fin de la garantie proposée (pièces, main-d'œuvre, envoi/livraison).
- **Option 6** – Sonde compatible avec un système de passeur d'échantillons Bruker déjà disponible au laboratoire, mais non installé ;

V. Prestations supplémentaires éventuelles (PSE)

De façon facultative, les soumissionnaires pourront proposer dans leur offre tout ou partie des prestations suivantes :

- **Options 1 à 6 mentionnées en IV. Description de l'offre de base**

VI. Localisation du système

Les fournitures, objet du présent marché, devront être livrées, installées et mises en ordre de marche à l'adresse suivante :

**Locaux du laboratoire LCS, salle RMN au rez-de-chaussée du Bâtiment C, ENSICAEN
6 boulevard Maréchal Juin
14050 Caen Cedex 4**

VII. Sécurité du système

L'équipement doit répondre à toutes les normes de sécurité et être en conformité avec les règles d'hygiène et sécurité en vigueur. Dans le cadre d'une utilisation normale l'équipement

ne doit ni porter atteinte à l'état de santé de l'utilisateur, ni à l'intégrité du laboratoire comprenant le personnel et les autres équipements, ni à celle du bâtiment.

De plus, Les prestations faisant l'objet du présent marché doivent être conformes aux normes européennes ou à défaut aux normes françaises homologuées.

VIII. Délai d'exécution du marché

La livraison, l'installation et la mise en ordre de marche des fournitures, objet du présent marché, ainsi que la formation du personnel à l'équipement devront être effectuées dans le délai de ~~16~~10 mois à compter de la notification du marché.

IX. Formation du personnel utilisateur

Une formation sur site de 1 à 2 jours concernant cette instrumentation (et logiciel(s) associés) et son utilisation (autonome et optimale) sera assurée par un ingénieur d'application. Cette formation concernera un maximum de cinq personnes, et sera incluse dans le prix de l'appareillage.

Les frais de séjour et de déplacement du ou des formateurs seront inclus dans l'offre.

Une documentation complète sur l'ensemble de l'appareil devra être fournie : descriptif technique (caractéristiques, schémas, fonctionnement, spécificités...) et manuels d'utilisation (maintenance, réglages et paramètres...).

X. Garantie

La garantie demandée est d'au moins un an (préférentiellement deux ans) sur le matériel neuf, et d'au moins 2 ans (préférentiellement 3 ans) sur le matériel d'occasion ou de seconde main.

Elle comprendra pièces, main-d'œuvre, frais d'envoi, transport et frais de séjour compris si nécessaire.

XI. Assistance et service après-vente

Le fournisseur indiquera la localisation du service après-vente et les modalités d'assistance (préciser si c'est une assistance téléphonique, les coordonnées de la personne à contacter, le mode d'intervention et une estimation du coût) en cas de pannes, de problèmes techniques, de casse.

Le développement de nouvelles applications au sein du laboratoire pourra nécessiter un support de la part du fournisseur, notamment pour une utilisation avisée de l'équipement, ou pour la mise à disposition éventuelle de matériel. Les moyens disponibles pour assurer ce soutien seront pris en compte.

Même en fin de garantie ou en l'absence de contrat de maintenance, les utilisateurs devront bénéficier d'une assistance téléphonique gratuite pour tous les appels techniques durant toute la durée de vie de l'équipement afin d'obtenir toute information utile pour effectuer - si nécessaire directement au laboratoire - le réglage ou le remplacement de certaines pièces de l'équipement.