CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

MARCHE DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

Titre du marché : Acquisition, livraison et installation d'un spectromètre RMN de paillasse

---

Université Paris-Saclay

Bâtiment Breguet

3 rue Joliot Curie

91190 Gif Sur Yvette

Consultation n° 2026-A045

Sommaire

1. CONTEXTE 4

1.1 Présentation de l'Université Paris Saclay et du Service Acheteur 4

1.2 Descriptif du projet 4

2. OBJET DU MARCHE 5

2.1 Libellé du marché 5

2.2 Description détaillée des prestations attendues 6

2.3 Caractéristiques techniques et fonctionnelles 6

2.3.1 Caractéristiques fonctionnelles 6

2.3.2 Caractéristiques techniques et performances attendues 7

2.3.3 Contraintes techniques 8

2.4 Durée du marché et délai d'exécution 8

3. PRESTATIONS DE BASE ET MODALITES D'EXECUTION (OFFRE DE BASE/TRANCHE FERME) 8

3.1 Livraison - Installation – Mise en Service 8

3.2 Assistance- Service après-vente 9

3.3 Formation à l'utilisation 9

3.5 Garantie 9

3.7 Logiciel - Evolutivité de la solution 10

3.8 Maintenance 10

3.9 Fourniture de pièces détachées et accessoires 10

4 PRESTATIONS COMPLEMENTAIRES (PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES – TRANCHE FERME) / TRANCHES OPTIONNELLES) 10

4.1 Prestations supplémentaires éventuelles (Tranche Ferme) 11
4.2 Tranches optionnelles 11
5 ATTENTES PARTICULIERES VIS-A-VIS DU TITULAIRE DU MARCHE 11
5.1 Devoir de conseil 11
5.2 Devoir d'information 11
5.3 Obligation de résultat et continuité de service 12

1. CONTEXTE

1.1 Présentation de l'Université Paris Saclay et du Service Acheteur

Née fin 2019 de la volonté conjuguée d'universités et de grandes écoles, l'Université Paris-Saclay compte parmi les grandes universités européennes et mondiales.

Avec 16 500 personnels académiques, techniques et administratifs et 48 000 étudiants, elle constitue un pôle dense, actif, couvrant les secteurs des Sciences et Ingénierie, des Sciences de la vie et Santé et des Sciences Humaines et Sociales.

Sa politique scientifique associe étroitement recherche et innovation et s'exprime à la fois en sciences fondamentales et en sciences appliquées pour répondre aux grands enjeux sociétaux.

Du premier cycle au doctorat, en passant par des licences, des B.U.T., des masters et des programmes de grandes écoles, l'Université Paris-Saclay déploie une offre de formation sur un large spectre de disciplines, au service de la réussite et de l'insertion professionnelle. Au-delà, elle prépare les étudiants à une société en pleine mutation, où l'esprit critique, l'agilité et la capacité à renouveler ses compétences sont clés. L'Université Paris-Saclay propose également un riche programme de formations tout au long de la vie.

Située au sud de Paris, sur un vaste territoire regroupant une vingtaine de campus répartis sur 15 communes franciliennes, l'Université Paris-Saclay bénéficie d'une position géographique et socio-économique favorisant à la fois sa visibilité internationale et des liens étroits avec ses partenaires - grands groupes industriels, PME, start-up, collectivités territoriales -.

=> Il n'y a rien sur le service acheteur UPSACLAY -> **ICMMO** ? (titre)

1.2 Descriptif du projet

Le présent projet a pour objectif l'acquisition d'un spectromètre de résonance magnétique nucléaire (RMN) de paillasse ("Benchtop") dans le cadre d'activités de

recherche au sein de l'Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (ICMMO), UMR 8182, à l'Université Paris-Saclay. L'institut est structuré autour de quatre grands axes de recherche, couvrant un large spectre de recherche allant de la chimie organique et inorganique aux sciences moléculaires et des matériaux.

La thématique RMN au sein de l'axe de recherche Chimie Bio-organique Bio-inorganique et Méthodologie RMN (CB2MR) développe actuellement des méthodes d'analyse chirale dans les cristaux liquides lyotropes où la résolution énantiomérique de composés d'intérêt chiraux peut être obtenue à des valeurs de champs magnétiques faibles (1 – 2 Tesla). Cette capacité ouvre des perspectives notables quant à l'utilisation de spectromètres RMN à bas champs magnétiques (accessibles, compacts, moins onéreux et ne nécessitant pas de fluides cryogéniques comme l'hélium) pour des applications en chimie et stéréochimie. Ces activités de recherche s'effectuent notamment dans le cadre d'un projet ANR (INENDRA, https://anr.fr/Projet-ANR-23-CE29-0005) et une preuve de concept sur la discrimination énantiomériques par RMN ^{19}F à bas champs magnétiques a été récemment publiée (Chiapolino *et al*, https://doi.org/10.1016/j.aca.2026.345707).

Jusqu'à aujourd'hui, les travaux incluant la RMN à bas champs ont été menés en collaboration (IUT d'Orsay, Bruker et Institut Lavoisier de Versailles) pour avoir accès à ce type d'instrumentation. Dans ce contexte, l'acquisition par l'axe CB2MR d'un spectromètre RMN de paillasse moderne avec détection ^{1}H/^{19}F/^{13}C sera un atout majeur pour les futurs développements autour de ces activités de recherche.

Outre ces travaux sur l'analyse chirale, la forte accessibilité d'un spectromètre RMN de paillasse, directement localisé dans une salle de chimie expérimentale, permettra à terme aux chimistes de l'axe CB2MR et plus largement de l'ICMMO, d'effectuer des suivis de réactions/processus (bio)-chimiques directement à la paillasse.

2. OBJET DU MARCHE

2.1 Libellé du marché

Le présent marché a pour objet l'acquisition, la livraison et l'installation d'un spectromètre de résonance magnétique nucléaire (RMN) de paillasse non-cryogénique. L'équipement disposera d'une bobine de gradient de champs magnétique et permettra la détection des noyaux de ^{1}H, ^{19}F et ^{13}C.

2.2 Description détaillée des prestations attendues

Le présent marché comprend :

- Le spectromètre RMN caractérisé par :
  - Un aimant non-cryogénique délivrant un champ magnétique au minimum de 1,4 T ($\nu(^1H)$ = 60 MHz).
  - Une sonde permettant l'acquisition de spectres RMN ^1H, ^{19}F et ^{13}C.
  - Un système de verrouillage en fréquence (lock) externe ne nécessitant pas de solvants deutérés.
  - Un système de « shimming » pouvant être effectué sur un tube de référence et directement sur l'échantillon à analyser.
  - Une bobine de gradient d'au minimum 25 G/cm permettant d'effectuer des impulsions de gradient de champ magnétique (positives et négatives).

- Un jeu d'au moins deux porte-échantillons et d'une jauge pour insérer les tubes RMN de 5 mm de diamètre externe dans le spectromètre.

- Un logiciel d'acquisition des données, incluant une bibliothèque d'expériences RMN 1D/2D de routines, avec la possibilité de programmer des séquences d'impulsions.

2.3 Caractéristiques techniques et fonctionnelles

2.3.1 Caractéristiques fonctionnelles

Le spectromètre sera compatible avec l'utilisation de tubes RMN conventionnels de diamètre externe 5 mm. Il est également souhaité que l'instrument soit compatible avec une cellule de mesure en flux (système en flux non exigé dans le présent marché) de 5 mm de diamètre externe au niveau du volume sensible de la sonde.

L'utilisation de solvants deutérés ne sera pas requise pour effectuer la procédure de « lock » (verrouillage en fréquence).

L'accord de sonde (« tuning/matching ») sera de préférence automatisé pour les différents noyaux excités.

Concernant les noyaux excités/détectés, la sonde RMN du dispositif doit être en mesure d'effectuer, *a minima*, les expériences de RMN 1D suivantes :

- Acquisition ^{1}H avec ou sans découplage ^{19}F.
- Acquisition ^{1}H avec ou sans découplage ^{13}C.
- Acquisition ^{19}F avec ou sans découplage ^{1}H.
- Acquisition ^{13}C avec ou sans découplage ^{1}H.

Les expériences de RMN 1D/2D standards suivantes seront directement disponibles :

- ^{13}C J-mod (ou APT) découplé ^{1}H / ^{13}C DEPT découplé ^{1}H.
- COSY ^{1}H-^{1}H / TOCSY ^{1}H-^{1}H / ^{1}H J-res / NOESY ^{1}H-^{1}H ou ROESY ^{1}H-^{1}H.
- ^{1}H-^{13}C HSQC et HMBC.
- COSY ^{19}F-^{19}F / COSY ^{1}H-^{19}F / ^{19}F J-res.
- Blocks de suppression du signal ^{1}H du solvant de type présaturation et de type WET (ou schémas assimilés basés sur l'application d'impulsions sélectives en fréquence et d'impulsions de gradient).

Le logiciel de pilotage du spectromètre doit permettre à l'opérateur de générer ses propres protocoles expérimentaux, c'est-à-dire concevoir de nouvelles séquences d'impulsions, avec la possibilité d'inclure des impulsions sélectives de forme courante, des impulsions de gradient de champ, ainsi que des impulsions à balayage en fréquence.

2.3.2 Caractéristiques techniques et performances attendues

Le spectromètre doit pouvoir se placer sur une paillasse et/ou sous une hotte en laboratoire et ne pas excéder 100 kg pour être déplaçable. La profondeur du gabarit du spectromètre sera de préférence inférieure ou égale à 60 cm.

En termes de performances analytiques, les spécifications techniques suivantes attendues sont* :

- Sensibilité détection ^{1}H : rapport signal sur bruit (S/B) ≥ 110 pour 1 scan sur éthyle benzène 1% dans $CDCl_3$, mesuré sur le quadruplet.
- Sensibilité détection ^{19}F (sans découplage) : S/B ≥ 200 en 1 scan sur trifluorotoluène à 0,5% dans $CDCl_3$.
- Sensibilité détection ^{13}C : S/B ≥ 70 en 1 scan sur cyclohexane pur avec découplage ^{1}H uniquement lors de la détection (« inverse-gated »).
- Résolution : largeur de raies (^{1}H) ≤ 0,3 Hz à mi-hauteur (50%) sur échantillon de référence.

* : *Pour l'ensemble des performances requises, la nature et paramètres du filtrage (apodisation) appliqué au FID avant transformée de Fourier du signal seront renseignés. Si besoin, les FID brutes pourront être demandés à des fin de comparaison.*

2.3.3 Contraintes techniques

Le spectromètre RMN de paillasse doit impérativement être fonctionnel avec des tubes standards de RMN (diamètre externe 5 mm) et avoir une masse totale inférieure à 100 kg pour être facilement déplaçable. La détection par RMN des noyaux de ^{1}H, ^{19}F et ^{13}C est impérative. L'équipement doit également contenir une bobine de gradient de champ magnétique d'une valeur minimale de 25 G/cm. L'interface de pilotage de l'instrument doit offrir la possibilité de programmer des séquences impulsionnelles.

2.4 Durée du marché et délai d'exécution

La durée globale du marché est de 26 mois à compter de sa date de notification.

Le délai maximum de livraison est de 6 mois à compter de la date de notification du marché.

Le délai maximum d'installation et de mise en service est de 2 mois à compter de la date de livraison sur site.

Le délai de formation à assurer est de : 6 mois après l'installation et la mise en service de l'équipement.

3. PRESTATIONS DE BASE ET MODALITES D'EXECUTION (OFFRE DE BASE/TRANCHE FERME)

3.1 Livraison - Installation – Mise en Service

La livraison du spectromètre se fera à ICMMO, 17 Avenue des Sciences, 91400 Orsay, France. La livraison du spectromètre se fera à ICMMO au sein du bâtiment Henri Moissan (17 Av. des Sciences, 91400 Orsay, France), dont le quai de livraison est situé, rue Arsonval, 91400 Orsay, France, localisé derrière le bâtiment Henri Moissan (HM1).

L'installation du logiciel avec la mise en service pourront se faire sur place ou à distance.

3.2 Assistance- Service après-vente

La société doit disposer d'un service après-vente (SAV) avec des ingénieurs spécialisés en spectroscopie de RMN à bas champs magnétique. L'offre technique devra préciser la disponibilité du service après-vente et les possibilités de contacts (e-mail et/ou téléphone). La société doit être capable d'intervenir à distance, mais également sur site lorsque la situation l'exige.

En cas d'anomalie majeure, une prise de contact avec le service après-vente doit être possible du lundi au vendredi par téléphone ou par e-mail. La prise en charge doit être effective au maximum dans les **5 jours** ouvrés. En cas d'anomalie la panne doit être réparée dans les **30 jours** ouvrés. Si nécessaire, une intervention sur site doit être possible. La société décrira sa politique de remplacement ou de mise à disposition de spectromètre en cas de panne prolongée.

3.3 Formation à l'utilisation

La prestation de base doit comprendre une formation utilisateur en français ou anglais concernant :

- Utilisation de base du spectromètre : insertion échantillon, protocole de « shimming », acquisition de spectres 1D ^{1}H, ^{13}C et ^{19}F, bonnes pratiques.
- Utilisation du logiciel permettant de programmer les séquences d'impulsion et le paramétrage/traitement des expériences.

Un support documentaire (numérique ou papier) devra être fourni avec le spectromètre.

3.5 Garantie

Les prestations feront l'objet d'une garantie **de 12 mois** dont le point de départ est la date de notification de la décision d'admission.

Les modalités minimales de cette garantie portent sur l'ensemble des pièces, la main-d'œuvre, les frais éventuels de déplacement pendant toute la durée de garantie. En cas d'anomalie de fonctionnement de l'appareil, la garantie doit comprendre une prise de contact avec le service après-vente du lundi au vendredi par téléphone ou par e-mail. La

prise en charge doit être effective au maximum dans les 5 jours ouvrés, avec intervention sur site si nécessaire.

3.7 Logiciel - Evolutivité de la solution

Un logiciel d'acquisition des données, incluant une bibliothèque d'expériences de RMN 1D/2D de routine, sera installé suite à la livraison du spectromètre.

Le logiciel de pilotage permettra à l'opérateur de générer ses propres protocoles, c'est-à-dire concevoir de nouvelles séquences d'impulsions RMN, avec la possibilité d'inclure des impulsions sélectives de forme courante, des impulsions de gradient de champ magnétique, ainsi que des impulsions à balayage en fréquence.

En cas d'évolution logiciel, la société devra préciser sa politique de mise à jour quant à l'accès aux nouveaux protocoles d'expériences et de traitement des données au cours du temps.

3.8 Maintenance

Sans objet

3.9 Fourniture de pièces détachées et accessoires

Sans objet

4 PRESTATIONS COMPLEMENTAIRES (PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES – TRANCHE FERME) / TRANCHES OPTIONNELLES)

Les prestations complémentaires suivantes sont obligatoires. Elles doivent être chiffrées séparément de l'offre de base dans le cadre financier. Elles doivent être présentées et identifiées comme telles dans le cadre de mémoire technique du candidat.

4.1 Prestations supplémentaires éventuelles (Tranche Ferme)

Sans objet

4.2 Tranches optionnelles

Sans objet

5 ATTENTES PARTICULIERES VIS-A-VIS DU TITULAIRE DU MARCHE

5.1 Devoir de conseil

Du fait de sa qualité d'expert et de spécialiste de l'équipement proposé, le titulaire du marché est tenu à une obligation de conseil renforcée envers le service acheteur et les utilisateurs scientifiques de l'Université Paris-Saclay.

Ce devoir de conseil s'exerce tout au long de l'exécution du marché et porte notamment sur :

- L'optimisation technique et opérationnelle : Recommandations sur les conditions d'installation, l'environnement de travail, les consommables adaptés le cas échéant et les bonnes pratiques d'utilisation de l'équipement.
- L'évolution de l'équipement : Propositions d'optimisation ou d'amélioration relatives aux fonctionnalités, aux mises à jour et aux extensions matérielles ou logicielles.
- La maîtrise des coûts et des délais : Identification de toute opportunité permettant d'optimiser les coûts d'utilisation ou d'éviter des dysfonctionnements majeurs.

5.2 Devoir d'information

Le titulaire s'engage à informer le service acheteur de l'Université Paris-Saclay de toute modification de la réglementation, des normes en vigueur ou de son processus de fabrication/distribution pouvant impacter l'exécution du marché ou la pérennité de l'équipement

5.3 Obligation de résultat et continuité de service

Le titulaire est assujetti à une obligation de moyens et de résultats quant au bon fonctionnement de l'équipement pendant la période de garantie.

En cas d'incapacité du fournisseur à remettre en service l'équipement dans le délai contractuel maximum de 30 jours ouvrés, le fournisseur pourra proposer un matériel de prêt/remplacement de performances équivalentes ou supérieures, sans que cela ne le libère des pénalités éventuelles de retard prévues aux CCAP du marché.