

**Institut d'Electronique et des Technologies du
numérique**

IETR – UMR 6164 du CNRS

Université de Rennes

263 avenue du Général Leclerc

Campus de Beaulieu - Bâtiment 11D

35042 Rennes Cedex

Contact : David Rondeau



02 23 23 54 45

Email : david.rondeau@univ-rennes.fr

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Spectromètre de masse hybride pour dépôts par soft-landing et dissociations induites par collision sur cibles du faisceau ionique sélectionné

1. Contexte de l'opération

Cette consultation a pour objet la fourniture, la livraison, l'installation et la mise en service (suivie de la formation sur site) d'un spectromètre de masse hybride devant être modifié pour la réalisation d'expériences de soft-landing et de SID (Surface Induced Dissociation), associant au moins un premier analyseur permettant la sélection d'ions selon leur rapport masse sur charge (m/z) et un deuxième analyseur conduisant à l'analyse des ions fragments selon leur rapport m/z .

Le dispositif qui fait l'objet de la présente consultation sera implanté au laboratoire et devra être capable de réaliser des expériences de :

- Soft-Landing (ci-après dénommé SL) : approche préparative de la spectrométrie de masse qui permet le dépôt sur une surface d'ions gazeux sélectionnés selon leur valeur *de* m/z et selon un régime énergétique compatible avec le maintien de leur intégrité chimique.
- Dissociation d'ions Induite sur Surface (ci-après dénommé SID pour Surface Induced Dissociation) : approche analytique de la spectrométrie de masse qui permet la fragmentation d'ions sélectionnés selon la valeur de leur m/z lorsqu'ils entrent en collision avec une surface, selon un régime énergétique compatible avec la fenêtre d'observation de leur réaction de fragmentation.

L'équipement sera implanté au sein de la nouvelle plateforme Université de Rennes/IETR SM²-er (Spectrométrie de masse et Métabolomique en électronique et rayonnement) issue de la plateforme Matériaux Multifonctionnels pour dispositifs communicants (MATRIX) de l'IETR et qui est située à Rennes, sur le Campus de Beaulieu, 263 avenue du Général Leclerc, au rez de Chaussée du bâtiment 11C.

Il sera piloté par le personnel de l'IETR ; à terme, son utilisation pourra être étendue à d'autres personnels de structures de recherches.

Cet équipement s'inscrit de façon cohérente dans le cadre du CPER MAT&TRANS et des activités de recherches de l'Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR-UMR 6164) regroupant notamment :

- L'ingénierie de modifications de surfaces par des dépôts de très haute pureté et économes en matière pour l'élaboration d'interfaces actives (sensors, antennes capteurs, chips) telles que des Antennes à Capteurs de Type Clusters Ioniques (brevet WO2021/175796 déposé le 10/09/2021).

- Le développement de la technique de Soft-Landing (SL) déjà mise en œuvre à l'IETR au cours de travaux de doctorat sur la « Fonctionnalisation de surfaces par nébulisation gazeuse en spectrométrie de masse pour applications senseurs et systèmes antennaires » (Thèse du Dr. Antoine Denis soutenue le 6 novembre 2020) réalisés à partir d'un spectromètre de masse de type triple quadripôle qui avait été précédemment modifié au laboratoire.

- La mise en œuvre d'une large gamme de méthodes d'activation d'ions pour l'identification chimique par spectrométrie de masse et la connaissance des modes de transfert d'énergie lors de l'interaction d'ions gazeux avec un gaz de collision, un électron ou une surface.

Mentionnons que le laboratoire dispose d'une instrumentation capable de mettre en place des méthodes CID (Collision Induced Dissociation), HCD (Higher Collision Dissociation) et ETD (Electron Transfer Dissociation) pour la caractérisation structurale de biomarqueurs dans le contexte de l'analyse métabolomique. Notre structure envisage donc d'étendre ces possibilités d'analyse *via* l'ajout de la méthode de dissociation sur surface (SID) et d'utiliser ce nouveau dispositif inclus dans la présente consultation pour l'étude des transferts d'énergie lors de l'interaction ion/surface pour la caractérisation de matériaux.

2. Equipement

L'équipement faisant l'objet de la présente consultation est une instrumentation de type spectromètre de masse hybride initialement capable de réaliser des analyses en mode MS-MS, équipé d'au moins une source electrospray fonctionnant en mode d'ionisation positif/négatif et qui pourra avoir fait l'objet d'une modification ou qui sera adapté à la mise en place d'expériences de type Soft-Landing (SL) et SID.

Son lieu d'implantation sera le laboratoire n°57 situé au rez de chaussée du Bâtiment 11C du campus de Beaulieu de l'Université de Rennes, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes. Les contraintes mécaniques liées aux caractéristiques du laboratoire accueillant l'équipement, impliquent de considérer que celui-ci ne pourra pas induire une pression au sol supérieure à 600 kg/m². Les candidats à la présente consultation peuvent à leur demande, avoir accès aux dimensions de la surface au sol maximum envisageable pour l'implantation de l'équipement qu'ils proposeraient.

3. Description et spécifications techniques du matériel

3.1. Eléments techniques imposés

Le système basé sur la conception d'un spectromètre de masse hybride ou tout système s'y rapportant conceptuellement, devra au minimum posséder les caractéristiques suivantes :

- Etre capable de réaliser à la fois des spectres de masse MS et MS-MS et les expériences SL et SID éventuellement après la modification instrumentale demandée.
- Etre capable de réaliser des expériences de type Soft-Landing et SID telles que décrites précédemment avec une possibilité de réglage du régime énergétique d'interaction ion/cible et une capacité à limiter la perturbation du signal entre le mode transmission d'ions et interaction en SL et SID.
- Etre muni d'un dispositif permettant de positionner et d'enlever aisément la cible d'interaction en mode SID et Soft-Landing et au niveau de la partie du spectromètre de masse intégrant l'interaction ion/cible.
- Pouvoir être interfaçable avec un dispositif d'insertion de cibles sous vide pour leur introduction dans le spectromètre de masse, à l'endroit de l'interaction ion/surface. Cet interfaçage pouvant faire partie d'un protocole de réalisation au laboratoire en concertation avec l'entreprise répondant à la présente consultation.
- Etre équipé par défaut d'une source d'ionisation de type electrospray (ESI) associée à son système d'introduction par infusion directe de type pompe seringue à débit réglable et adapté au fonctionnement de cette source.
- Etre capable de réaliser des analyses en modes positif et négatif.
- Disposer de son système de pompage différentiel inhérent à son fonctionnement.
- Etre livré avec ses logiciels de pilotage et de traitement des données.

Les candidats à la présente consultation devront fournir les dimensions de la partie de l'instrument qui concerne plus spécifiquement l'interaction ion/surface, ainsi que la dimension des cibles pouvant être introduites au cœur du spectromètre de masse.

Il est par exemple possible de se baser sur une compatibilité avec l'utilisation pour les modes SID et SL, de cibles de type Glass Slides de dimension 1 pouce x 0.25 pouce x 0.040 pouce (25.4 mm x 6.35 mm x 1.016 mm).

L'offre de base comprend également la fourniture :

- Des guides d'utilisation et de maintenance de l'équipement seront fournis par les candidats qui s'engagent aussi à effectuer la formation du personnel qui sera impliqué dans l'utilisation de cet équipement.
- Des consommables, des kits d'entretien et de maintenance nécessaires à leur mise en service.
- D'un ordinateur fixe dédié au pilotage des systèmes et à l'acquisition des données, avec ses périphériques de base comprenant obligatoirement et a minima, un écran, un clavier, un système de

pointage, une carte son, quatre ports USB, un lecteur CD/DVD. Il devra être détaillé par les candidats. Dans ce cadre, les candidats devront fournir au minimum une licence pour l'acquisition et une licence pour le traitement des données, ainsi que les documents relatifs à l'utilisation de ces logiciels, rédigés en français ou en anglais. Ces logiciels devront être compatibles avec l'ensemble des analyses envisagées.

Les candidats qui répondent à cette consultation devront indiquer dans la réponse, les tests qu'ils réaliseront lors de la mise en service.

Les candidats à cette consultation peuvent répondre sur la base de systèmes neufs, de démonstration ou de seconde main modifiés par leur soin pour répondre aux spécificités en expériences SL et SID. Dans ce dernier cas, les candidats devront certifier que la fourniture du système est associée à une garantie *a minima* d'un an. Les candidats pourront en outre, formuler des garanties supérieures telles qu'indiquées dans les prestations supplémentaires éventuelles.

Les candidats qui répondent à cette consultation pourront associer à leur réponse, des descriptions de résultats d'études théoriques de simulations du comportement d'ions dans le dispositif qui sera ou aura vocation à être modifié.

3.2. Eléments techniques supplémentaires éventuels

Les candidats répondant à la présente consultation pourront également proposer les caractéristiques suivantes dans leur offre de base :

- Un système modifié à partir d'un spectromètre de masse capable de réaliser des spectres de masse MS et MS-MS en haute résolution pour pouvoir réaliser des mesures de masses précises pour la détermination de formules élémentaires d'ions analysés que ce soit sur les ions précurseurs ou leurs fragments formés en CID-MS-MS ou SID-MS-MS.
- Un système modifié à partir d'un spectromètre de masse équipé d'une cellule de mobilité ionique afin d'ajouter une dimension de séparation supplémentaire des ions à déposer en mode SL ou des ions à sélectionner ou à analyser (selon le cas proposé) en mode SID.
- Un système permettant de focaliser le faisceau ionique primaire sur une cible mobile en indiquant la valeur de la résolution latérale de l'interaction du faisceau avec la cible.
- La possibilité de coupler l'équipement proposé avec des chaînes de chromatographie analytique comme : une chaîne HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) HP1100 Agilent ou une chaîne UPLC™ Acquity Class H Waters (Ultra High Pressure Liquid Chromatography) ou une chaîne UHPLC Vanquish Flex ThermoFisher. Leurs caractéristiques d'utilisation et d'interfaçage seront mises à disposition des candidats à leur demande.

4. Recettes et maintenance

Les candidats à la présente consultation fourniront un échéancier des étapes nécessaires à la réalisation de l'équipement modifié qu'ils proposeront, à savoir, par exemple, une ou des étapes de pré-étude et de dimensionnement précédées d'étapes de réalisation et de démonstration de faisabilité dans les locaux du candidat. Cette démonstration pourra se faire soit au sein des laboratoires de l'IETR ou dans des locaux extérieurs à l'Université de Rennes : locaux du candidat ou sur tout autre site désigné par le candidat, par exemple un site d'exploitation d'un client où sont installés ces mêmes matériels. L'ensemble des frais induits par cette opération et pour la mise œuvre de cette démonstration, frais de déplacements des agents de l'Université compris, seront intégralement à la charge du candidat. Le matériel en démonstration sera par ailleurs strictement identique au modèle proposé dans l'offre soumise par le candidat.

Des procès-verbaux de revue d'étude et de réalisation préalables pourront être rédigés en association avec un plan de recette suivant :

- Avance à 40 % ;
- Recette usine à 30 % ;
- Solde à réception et formations finalisées : 30 %

5. Garantie et Maintenance

Les candidats qui répondent à cette consultation, devront proposer à partir de la mise en service du matériel, une garantie de 1 an minimum pour l'ensemble du système fourni, incluant au moins une visite préventive. Ils préciseront l'organisation de leur SAV en termes de :

- Coûts des consommables pour les parties prélèvement, thermo-désorption, chromatographie et spectrométrie de masse.
- Nature des contrats de maintenance possibles des différents équipements (coûts annuels, détails de la prise en charge, délais et durées d'intervention, nombre de visites préventives et/ou curatives annuelles.
- Fonctionnement de son service après-vente (implantation, sous-traitance, délais, support téléphonique le cas échéant).
- Taux horaire d'intervention hors contrat.
- Frais fixes divers d'intervention.

Ils devront aussi préciser leurs engagements concernant la disponibilité des pièces détachées du système concerné (durée, délais de livraisons ...).

Les candidats pourront proposer des prestations supplémentaires éventuelles désignées sous le terme PSE suivantes :

- **PSE 1** : Tout autre type de source d'ionisation autre que la source electrospray incluse dans la réponse et compatible avec l'utilisation de l'équipement proposé.

- **PSE 2** : Jours de formation supplémentaires sur site pouvant ou en distantiels dont le contenu sera décrit (exemple : amélioration de la prise en main de l'instrumentation ou des logiciels de pilotage ou de de traitement des données...)
- **PSE 3** : Extension de garantie de 1 an.
- **PSE 4** : Extension de garantie de 2 ans.
- **PSE 5** : Contrat de maintenance : 1 an (prise d'effet au terme de la garantie).
- **PSE 6** : Contrat de maintenance : 2 ans (prise d'effet au terme de la garantie).

Les contrats de maintenance, qui seront détaillés par les candidats, devront intégrer à minima la prise en charge d'une visite préventive annuelle et une remise tarifaire (à préciser) sur les consommables.

6. Livraison, installation et formation

6.1. Livraison

Le titulaire de la consultation, assurera l'installation de l'équipement dans le laboratoire n° 57 situé au rez de chaussée du bâtiment 11 C du campus de Beaulieu de l'Université de Rennes, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes, en tenant compte des horaires d'ouverture du laboratoire (du lundi au vendredi de 9h00 à 18h00) et des périodes de fermeture de l'Université qui leurs seront indiquées à leur demande. La date de livraison sera fixée en accord avec l'acheteur.

Les contraintes mécaniques liées aux caractéristiques du laboratoire accueillant l'équipement, impliquent de considérer que celui-ci ne pourra pas induire une pression au sol supérieure à 600 kg/m². Les contraintes liées aux accès au laboratoire ou sera implanté l'équipement doivent prendre en compte à partir de la rue Katia Krafft (anciennement l'Allée Jean Rostand) du Campus de Beaulieu, successivement, le passage d'une rampe extérieure de longueur de 20 mètres et de pente de 11,5 % située à l'angle de la Hall Technologique de l'IETR et un chemin d'accès intérieur vers le laboratoire présentant par endroit, une dimension minimum de franchissement de 1,40 mètre de largeur sur une hauteur de 2,40 m.

Le transport s'effectuera sous la responsabilité du titulaire du marché jusqu'au lieu d'installation de l'équipement. Le conditionnement, le stockage avant livraison, le chargement et le déchargement seront effectués sous sa responsabilité et à ses frais. L'emballage du matériel doit être compatible avec les dimensions d'accessibilité du laboratoire décrites dans le paragraphe 3 du présent document. L'organisation d'une visite des locaux après la notification du marché au titulaire de la présente consultation est envisageable en prenant rendez-vous auprès du contact désigné dans ce C.C.T.P.

Un document de préparation de site sera fourni par le titulaire de la consultation dès réception de la commande. Le titulaire de la consultation, précisera le délai de livraison qui ne devra pas excéder 5 mois à compter de la réception de la commande. Le temps nécessaire à la mise en fonctionnement de l'appareil ne pourra être supérieur à 1 mois à compter de la date de la livraison, étant entendu qu'au cours du délai de livraison, le titulaire de la consultation aura reçu un certificat de mise en conformité de site en réponse au document de préparation de site fourni.

La procédure utilisée pour attester de la conformité du fonctionnement de l'appareil avec les spécifications décrites dans les réponses à la consultation sera décrite par les candidats qui répondent à cette consultation ; le titulaire se chargera alors de les tester sur site et de les soumettre à l'approbation du contact cité dans le présent document ou à toute autre personne désignée par lui.

6.2. Formation

L'offre de base devra intégrer une formation de 4 jours minimum. Cette formation sera répartie entre une phase de prise en main de l'équipement lors de l'installation, suivie d'une formation complémentaire (logiciels d'acquisition, de retraitement et d'analyses statistiques, maintenance courante, etc.) après quelques semaines de fonctionnement. Les candidats détailleront les modalités de cette formation : durée de chaque période et objectifs à atteindre. Les dates de réalisation de ces formations complémentaires seront définies en accord entre l'acheteur et le titulaire du marché. Toutes les formations devront se faire au sein du plateau technique SM² de la plateforme MATRIX de l'IETR, sur les systèmes acquis et devront être ouvertes à 3 personnels désignés par le contact cité dans le présent document. Si un support de formation est fourni, il sera rédigé de préférence en français, à défaut en anglais.

7. Evolutivité

Concernant le mode soft-landing décrit dans le présent document, une attention particulière sera portée à la possibilité d'interfacer l'équipement implanté, avec un système d'introduction de cibles sous vide, pour lequel le titulaire de la présente consultation aura pu fournir les dimensions et les contraintes liées à la réalisation de cet interfaçage.

La possibilité de coupler l'équipement proposé avec des chaînes de chromatographie analytique qu'elles soient de type HPLC ou UPLC et dont ils préciseront le modèle, pourra être indiquée. Leurs caractéristiques d'utilisation et d'interfaçage seront mises à disposition des candidats à leur demande.