

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

PARTICULIERES (CCTP)

Consultation n°202609

Ce projet constitue une opération d'achat portée par le laboratoire PhLAM s'inscrivant dans les objectifs du projet PEPR Origins (mais aussi du projet CPER Wavetech@HdF), le financement de cette partie étant assuré par le projet PEPR Origins μ L2-HRMS. Ces projets ont pour objectif principal de caractériser en spectrométrie de masse des échantillons naturels et/ou anthropisés pour des applications en paléontologie, cosmochimie et sciences de l'environnement.

Définitions et références utiles :

- HESI heated electrospray ionization
- APPI atmospheric pressure photoionization
- APCI atmospheric chemical ionization
- CID collision-induced dissociation
- HCD higher-energy collisional dissociation
- UVPD ultraviolet photon dissociation

OBJET DE L'ACHAT

L'objectif de cet appel d'offres est d'acquérir une source de désorption-ionisation laser avec un système de post-ionisation laser et visualisation microscopique des échantillons. Un système de transfert des ions générés par cette source vers le spectromètre de masse ultra-haute résolution disponible au PhLAM devra être fourni. Le spectromètre de masse en question est un modèle Thermo Scientific™ Orbitrap Eclipse IC Ready (détaillé ci-dessous). Des systèmes de contrôle permettant le fonctionnement de la source de désorption-ionisation laser, de la post-ionisation laser, ainsi que du transfert et de l'injection des ions issus de cette source dans le spectromètre de masse, doivent être fournis. Ces systèmes doivent permettre la conduite de la spectrométrie de masse par désorption-ionisation laser avec post-ionisation laser sur des points uniques et en mode d'imagerie par spectrométrie de masse, comme décrit ci-dessous. La « solution » désigne l'ensemble des systèmes proposés pour atteindre ces objectifs.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Considérations générales

Dans ce qui suit, Z représente l'axe optique perpendiculaire à la surface de l'échantillon. X et Y représentent les axes horizontaux et verticaux parallèles à la surface de l'échantillon et orthogonaux à Z.

Le couplage des instrumentations et systèmes suivants doit être effectué sur un spectromètre de masse Thermo Scientific™ Orbitrap Eclipse IC Ready (au PhLAM) doté d'une résolution de masse de 1 million (en $m/\Delta m$ FWHM à m/z 200 u.), d'une photodissociation par laser ultraviolet (UVPD) pour la spectrométrie de masse multi-étapes (MS^n), de sources d'ionisation à pression atmosphérique Thermo Scientific™ Optamax NG™ et d'une source d'étalonnage interne Thermo Scientific™ Easy-IC™. Le spectromètre de masse est placé sur une table optique de modèle **OptoSigma OSDVIO-B-3015M-300t(900H)**, en position surélevée de 21 cm au-dessus de la surface de la table. Le système de désorption-ionisation laser fourni doit pouvoir être installé sur la table optique, devant le spectromètre, sur un espace libre de 57.5 cm de profondeur et de largeur égale à celle du spectromètre (voir détails en figures 1 et 2 ci-dessous).

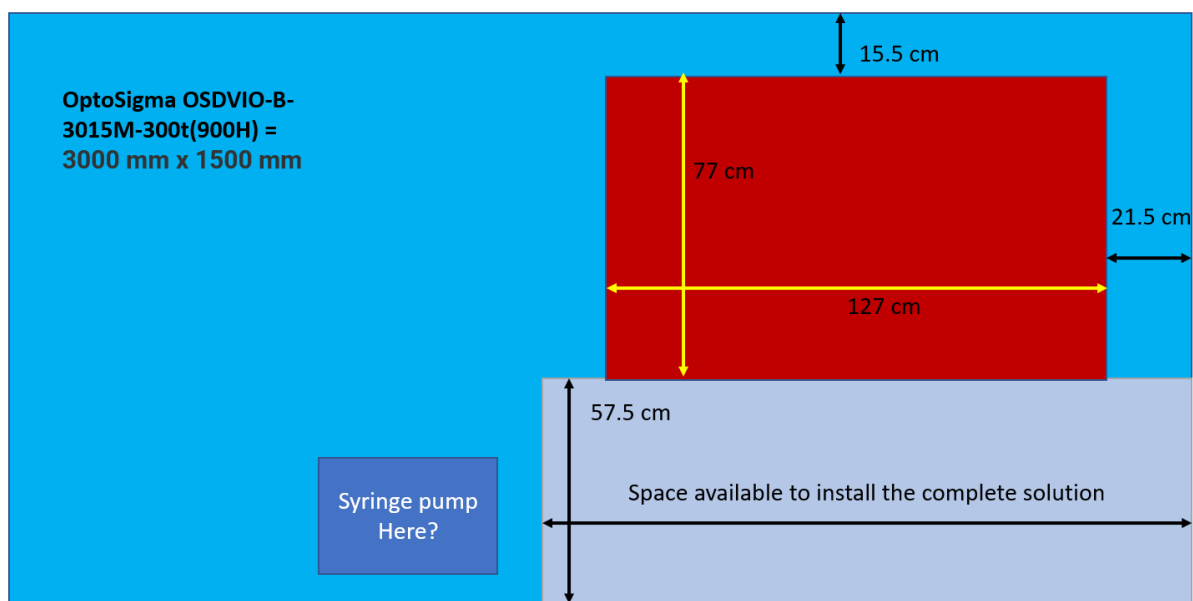


Figure. 1. Vue du dessus du positionnement du spectromètre Orbitrap™ Eclipse (en rouge) sur la table optique (bleu) de modèle OptoSigma OSDVIO-B-3015M-300t(900H). Les échelles **relatives** sont respectées. La zone disponible pour l'installation de la solution proposée, est en gris.

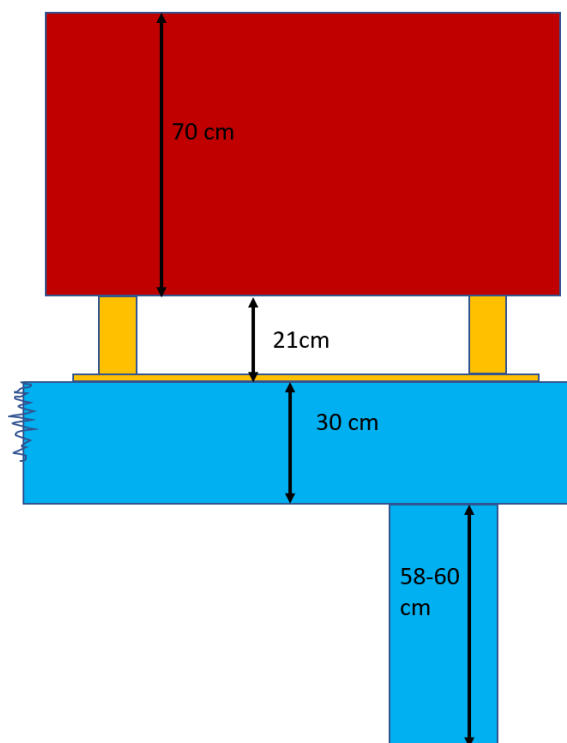


Figure. 2 Vue (partielle) de face du spectromètre sur la table optique, en position surélevée de 21 cm au-dessus de la surface de la table. La surface de la table elle-même, montée sur pieds pneumatiques, est à ~90 cm du sol.

La solution proposée doit permettre la désorption-ionisation laser avec des faisceaux d'une taille aussi petite que 10 μm en mode « réflexion » et aussi petite que 1 μm en mode « transmission ». La solution proposée doit améliorer l'efficacité d'ionisation grâce à un laser de post-ionisation fonctionnant à 266 nm. La solution proposée doit permettre le transfert et l'injection d'au moins 90 % des ions ainsi générés dans le spectromètre de masse.

Système de désorption-ionisation laser

Capacités de désorption laser en mode "réflexion"

Un premier mode de fonctionnement du système de désorption-ionisation doit permettre la désorption laser avec un faisceau laser en mode « réflexion » (en incidence au-dessus de la surface de l'échantillon), orienté selon un angle fixe (compris entre 25 et 38°) par rapport à la normale à la surface de l'échantillon. Le diamètre du faisceau laser réfléchi sur la surface de l'échantillon doit pouvoir être ajusté manuellement à des valeurs comprises entre 10 et 500 μm à l'aide d'un élément optique réglable. Une table de correspondance entre les différentes positions de cet élément optique et les diamètres du faisceau laser à la surface de l'échantillon doit être fournie.

En mode « réflexion », la désorption laser doit être opérée avec des faisceaux laser focalisés sur une zone de 10 μm de diamètre à la plus courte des longueurs d'onde laser utilisées. Dans ce mode, la source d'ions et l'optique associée doivent permettre la désorption avec deux longueurs d'onde laser : **A) 349 ou 355 nm**, pour cela un laser sera fourni et intégré avec la source d'ions proposée, et **B) 1064 nm**, pour cela il faudra intégrer à la source d'ions un laser disponible au PhLAM.

La source d'ions doit être équipée d'un laser de désorption fonctionnant à 349 ou 355 nm, qui doit présenter les spécifications suivantes :

- $M^2 < 1.2$
- Opérer en mode spatial TEM₀₀
- Cadence de répétition des tirs laser : tir unique jusqu'à au moins 1 kHz
- Energie par tir laser >100 µJ à 1 kHz
- Durée des impulsions laser comprise entre une et 10 nanosecondes
- Stabilité de l'énergie d'impulsion à long terme (env. 6 heures) <6 % rms.
- Le système de refroidissement du laser ne doit pas générer de vibrations (par exemple, à l'aide de ventilateurs) susceptibles d'affecter la position de l'échantillon et/ou du faisceau laser.
- Comprend un moyen de contrôler l'énergie des tirs laser (dans une plage de 1 à 100 % de la puissance laser maximale/nominale) et de mesurer cette énergie d'impulsion, soit directement dans la source laser et/ou en utilisant une combinaison d'atténuateurs motorisés et de capteurs d'énergie calibrés.

La désorption à 1064 nm doit être réalisée avec un laser de modèle Crylas-DSS1064-450 (avec module de synchronisation) déjà disponible au laboratoire PhLAM. Ce laser doit être adapté aux systèmes optiques et de contrôle laser de la source d'ions fournie et synchronisé avec les systèmes de post-ionisation et de transfert d'ions de la solution complète lors de son installation sur site.

Imagerie de l'échantillon

En position adéquate pour la désorption laser en mode réflexion (décrit ci-dessus) ainsi que transmission (décrit ci-dessous), l'échantillon doit être imagé en lumière transmise avec un objectif de grandissement 10X opérant à une distance de travail > 30 mm, ainsi qu'avec un objectif de grandissement 50X opérant à longue distance de travail, aussi en lumière transmise. L'échantillon doit également être imagé en lumière réfléchiée en utilisant le chemin optique et les éléments de focalisation du laser de désorption. Une source de lumière visible de haute intensité éclaire l'échantillon pour les deux modes d'imagerie (lumière transmise et réfléchiée).

Deux caméras sont nécessaires : une pour la lumière transmise et une pour la lumière réfléchiée. La caméra dédiée à la lumière transmise doit pouvoir opérer à de faibles luminosités et pour cela présenter un faible bruit de lecture (inférieur à 2 e⁻ RMS). Cette caméra pourrait fonctionner en monochrome afin d'imager les échantillons dans des conditions d'éclairage minimales. Les deux caméras doivent pouvoir enregistrer au moins 20 images par seconde à pleine résolution et posséder chacune au moins 2 millions de pixels.

Un objectif supplémentaire de grandissement 50X (longue distance de travail) doit être disponible pour remplacer l'objectif 10X dans le mode de transmission.

Le porte-objectif doit être monté sur une platine motorisée permettant la mise au point. Cette platine motorisée doit présenter une résolution de ses pas de déplacement de moins de 1 µm ou mieux et une translation reproductible des objectifs à transmission lumineuse sur une course totale d'au moins 5 mm (+/- 2,5 mm ou plus par rapport à la surface de mise au point standard, voir exemple explicatif en Figure 3 ci-dessous).

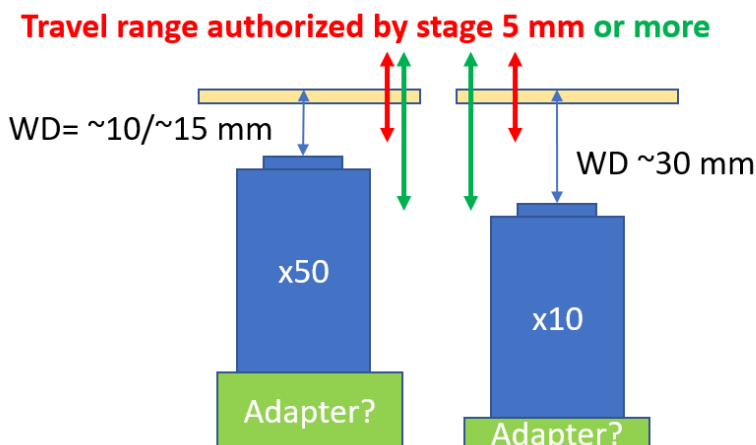


Figure. 3. Exemples de positionnement des objectifs 10X et 50X (bleu) par rapport à la surface des échantillons (jaune), en fonction des distances de travail (WD) des objectifs. Les courses totales de déplacement de la platine sont illustrées par des flèches :

a) en rouge la course minimale désirée: de 2.5 mm de part et d'autre de la surface de

l'échantillon en focus avec les objectifs ;

b) en vert, une course plus grande des objectifs (si permise par la platine motorisée fournie et la dimension des adaptateurs d'objectifs), avec une course au-dessus de l'échantillon en focus qui n'a pas besoin de dépasser plus de 2.5 mm et qui pourrait être plus longue du côté de l'objectif (afin de défocaliser les lasers de désorption en mode « transmission », notamment). Les échelles ne sont pas respectées sur cette figure.

Illuminations par faisceaux laser

L'objectif 10X utilisé pour l'imagerie des échantillons est compatible avec la focalisation du laser à 1064 nm. L'objectif 50X utilisé pour l'imagerie des échantillons est compatible avec la focalisation du laser de désorption à 349 ou 355 nm. Les deux objectifs sont compatibles avec la longueur d'onde de 532 nm.

Tous les éléments optiques du chemin optique des lasers mentionnés ci-dessus sont capables de résister à une exposition répétée à des tirs de faisceaux laser non focalisés d'énergie de 100 μ J.

Un premier miroir dichroïque combineur de faisceaux doit permettre la désorption laser à 349 ou 355 nm, simultanément à l'imagerie en lumière visible de l'échantillon. Un second miroir dichroïque combineur de faisceaux doit permettre la désorption à 1064 nm, simultanément à l'imagerie en lumière visible de l'échantillon.

En utilisant l'objectif 50X, le mode « transmission » devrait ainsi permettre la désorption avec un faisceau laser focalisé à travers les échantillons avec une taille de spot laser $\leq 1 \mu$ m à 349/355 nm.

En utilisant l'objectif 10X, le mode « transmission » devrait permettre la désorption laser avec un faisceau laser focalisé à travers les échantillons avec une taille de spot laser de 5 à 10 μ m à 1064 nm.

En mode « transmission », il devrait être possible de contrôler la mise au point et la défocalisation des lasers grâce à un déplacement motorisé le long de l'axe Z.

Toutes les lentilles de focalisation laser pour les modes de désorption en « réflexion » et « transmission » doivent être revêtues d'un traitement antireflet (pour la longueur d'onde appropriée : 349/355 nm et 1064 nm, respectivement) et asphériques.

Capacités de post-ionisation

Un second laser devrait stimuler la production d'ions par post-ionisation. Ce laser de post-ionisation devrait intercepter le panache moléculaire désorbé de l'échantillon, parallèlement à la surface de celui-ci, à une distance de 0,25 à 5 mm au-dessus de cette surface.

Un hublot doit permettre la transmission de lasers de 266 et 213 nm. Le diamètre de la fenêtre du hublot doit être d'au moins 12 mm. Ce hublot peut être remplacé par un autre permettant la transmission des ultraviolets du vide (118, 157 et 193 nm).

La géométrie du système doit permettre la délivrance d'un faisceau laser passant au-dessus de l'échantillon. Ce faisceau laser pourra être 1) focalisé en une tâche de 30 μm à 1 mm, mais aussi 2) formé en une nappe de lumière d'une épaisseur maximale de 2 mm et d'une largeur maximale de 10 mm, orientée parallèle à l'échantillon (c'est-à-dire orthogonalement à la direction d'expansion du panache de désorption). Le centre de ces faisceaux laser peut être positionné à une distance qui peut être réglée entre 0,25 et 5 mm au-dessus de la surface de l'échantillon (3,5 mm pour la nappe de lumière qui peut atteindre une épaisseur allant jusqu'à 2 mm).

Le laser fourni pour conduire la "post-ionisation" devra avoir les caractéristiques suivantes :

- Longueur d'onde de 266 nm
- Cadence de répétition des tirs laser : tir unique jusqu'à au moins 60 Hz
- Energie par tir laser >200 μJ à 20 Hz
- Durée des impulsions laser comprise entre une et 10 nanosecondes
- Divergence du faisceau laser <5 mrad
- Stabilité de l'énergie d'impulsion à long terme (env. 6 heures) <6 % rms.
- Diamètre du faisceau laser <2 mm en sortie du laser
- Comprend un moyen de contrôler l'énergie des tirs laser (dans une plage de 1 à 100 % de la puissance laser maximale/nominale) et de mesurer cette énergie d'impulsion, soit directement dans la source laser et/ou en utilisant une combinaison d'atténuateurs motorisés et de capteurs d'énergie calibrés.

Les tirs du laser de post-ionisation doivent être synchronisés pour être émis en alternance avec chaque tir du laser de désorption, avec un délai réglable par l'utilisateur. Cette synchronisation doit être assurée aussi bien pour le laser de 349 nm (ou 355 nm) fourni avec la source d'ions que pour le laser de 1064 nm disponible au PhLAM.

Le système devra permettre, à l'avenir, d'utiliser un laser de post-ionisation avec un « faisceau large », formant des nappes de lumière de 8 x 1 mm passant 2 à 3 mm au-dessus de l'échantillon, et de synchroniser les tirs des lasers de désorption avec ceux de ce laser de post-ionisation additionnel. Ce dernier fonctionnerait à 1 à 200 Hz, avec des énergies par tir laser comprises entre 1 et 7 mJ à 266 nm et < 10 μJ à 118,33 nm (générées comme 355 nm /3).

Environnement de l'échantillon

La source de désorption-ionisation laser et le système de transfert des ions vers le spectromètre de masse doivent être pompés, à chaque fois que cela est nécessaire, avec une ou plusieurs pompes sèches sans huile. Ces pompes doivent être placées au sol et non sur la table optique afin que les vibrations liées au système de pompage n'induisent pas de vibrations d'amplitude supérieure à 1 μm au niveau du laser et de l'échantillon.

Il devrait être possible de remplir la chambre de désorption laser avec du N_2 , de l'Argon, de l'Hélium, ou du Xénon à l'aide d'une vanne de fuite (à aiguille fine) et d'un régulateur de pression associé.

Une vanne à guillotine permet d'isoler le spectromètre de masse lors de l'ouverture de l'environnement porteur de l'échantillon pour le chargement de ce dernier sans modifier la pression dans le spectromètre de masse.

La source de désorption-ionisation laser doit pouvoir être nettoyée par les utilisateurs (qui recevront une formation adéquate), notamment pour éliminer la contamination générée par les échantillons positionnés verticalement, comme les particules tombées.

Porte-échantillons et platines de positionnement des échantillons

Le porte-échantillon fourni peut accueillir des lames de verre recouvertes d'ITO (oxyde indium-étain) de 75 x 25 mm et d'environ 1 à 2 mm d'épaisseur. D'autres types de porte-échantillons, en métal conducteur (comme le cuivre), peuvent également y être accueillis.

La conception mécanique du porte-échantillon doit permettre la visualisation et l'analyse en désorption-(post)ionisation laser de l'échantillon, en lumière transmise et réfléchi, sur une zone d'au moins 40 x 25 mm de largeur (au centre de la lame porte-objet de 75 x 25 mm).

Deux jeux interchangeables de platines de positionnement d'échantillon pour le déplacement X/Y dans le plan parallèle à la surface de l'échantillon doivent être fournis et présenter les propriétés suivantes :

- des courses de 50 x 25 mm ou plus
- absence de lubrification
- « backlash » (reproductibilité du déplacement vers une position donnée pour les déplacements millimétriques) qui ne dépasse pas 2 μm
- t-temps de réponse de la platine porte-échantillon à une commande de déplacement inférieur à 50 ms

- Un jeu de platines de positionnement d'échantillons en X-Y possédant une vitesse de déplacement d'au moins 2,5 mm/s et une résolution de déplacement inférieure à 100 nm est requis. Ce jeu de platines sera utilisé pour le fonctionnement de la solution en désorption-ionisation laser (en mode transmission et réflexion) ainsi que la visualisation d'échantillons (aussi en modes transmission et réflexion).

- Un second jeu de platines de positionnement d'échantillons en X-Y fonctionnant à au moins 7 mm/s avec une résolution de déplacement inférieure à 1,5 μm est requis. Ce jeu de platines de positionnement d'échantillons peut n'être utilisé que qu'en mode réflexion pour la visualisation des échantillons et la désorption-ionisation laser.

Système de transfert et d'injection des ions provenant de la source de désorption-(post-)ionisation laser dans le spectromètre de masse

Un système doit être fourni pour transférer les ions générés par la désorption-(post-)ionisation laser, de la source d'ions vers le spectromètre de masse. Ce système d'injection d'ions doit être compatible avec l'optique ionique du spectromètre de masse, notamment en termes de qualité du vide, de fonctionnement électronique, de déclenchement de l'acquisition de données et de toute autre caractéristique nécessaire au fonctionnement du spectromètre de masse avec la désorption-ionisation laser et avec les autres modes d'ionisation (HESI, APCI, APPI).

Le système doit pouvoir fonctionner aussi bien en polarité ionique négative que positive.

L'efficacité de transmission des ions positifs et négatifs générés par désorption-(post)ionisation laser vers la première zone sous vide du spectromètre de masse doit être supérieure à 90 % sur la plage m/z de 50 à 2000 u. La transmission des ions positifs et négatifs de m/z compris en 2000 et 4000 u. doit également être possible.

Le système permet l'accumulation d'ions générés par désorption-(post)ionisation laser pendant une durée pouvant atteindre le temps d'injection maximal de huit secondes autorisées pour l'acquisition d'un spectre en scan unique par la cellule Orbitrap™ du spectromètre de masse.

Le système de transfert des ions produits par désorption-(post-)ionisation laser vers le spectromètre de masse doit être compatible avec le transfert des ions générés par les sources d'ions HESI, APCI et APPI vers le spectromètre de masse. Ce système de transfert d'ions comprend une injection orthogonale des ions générés par HESI, APCI et APPI, avec une interface pouvant accueillir la source d'ions HESI, APCI et APPI disponible (Thermo Scientific™ Optamax NG™). Cette interface permet le fonctionnement de la source d'ions Thermo Scientific™ Optamax^{NG} avec toutes ses fonctions.

Lorsque la source d'ions par désorption-(post-)ionisation laser et le système de transfert d'ions fournis sont connectés au spectromètre de masse, il reste possible d'exécuter la routine d'étalonnage, telle que définie dans le logiciel Thermo Scientific™ Tune, pour le spectromètre de masse Eclipse en utilisant la source HESI (Optamax™ NG) avec l'étalon Flexmix, ainsi que le dégazage (« bake-out ») du spectromètre de masse.

La géométrie du système de transfert d'ions doit favoriser l'élimination des particules/molécules neutres émises par les événements de désorption laser et les événements d'infusion dans la source HESI/APCI/APPI.

La résolution de masse maximale (1 million en $m/\Delta m$ FWHM à m/z 200 u.) et la précision (<1 ppm, avec étalonnage interne) du spectromètre de masse doivent être préservées dans les spectres de

masse acquis sur des ions générés par désorption-ionisation laser (avec ou sans post-ionisation) et des ions injectés orthogonalement qui ont été générés par la source d'ions HESI/APCI/APPI.

La solution complète proposée doit permettre le fonctionnement de la source d'étalonnage interne du spectromètre de masse (Thermo Scientific™ Easy-IC™).

Il devrait être possible de nettoyer les contaminants déposés sur les composants du système de transfert d'ions lors des expériences de désorption laser ou d'HESI/APCI/APCI. Une formation à cette opération de nettoyage devrait être dispensée aux utilisateurs lors de l'installation initiale et/ou de la formation initiale.

En utilisant la solution complète proposée, les variations de topographie de l'échantillon <200 µm n'influencent pas la résolution de masse, la précision et la transmission des ions.

Amovibilité

Les systèmes fournis, notamment la source de désorption-(post-)ionisation laser et le système de transfert des ions formés par cette source permettant leur injection dans le spectromètre de masse Orbitrap™, peuvent être nettoyés des contaminants atmosphériques et/ou provenant de l'échantillon. Pour ce faire, un utilisateur formé peut les démonter. Une formation adéquate est dispensée pour le retrait des systèmes proposés (du spectromètre de masse) et leur nettoyage. Le protocole de nettoyage, incluant les traitements physiques et chimiques, est également fourni. La solution complète peut être retirée afin de remettre le spectromètre de masse Orbitrap™ et la source d'ions Optamax™ NG dans leur configuration initiale – pour cela, une formation adéquate est également dispensée. La solution complète proposée peut également être réinstallée sur le spectromètre de masse Orbitrap™ et couplée avec la source d'ions Optamax™ NG par l'utilisateur formé ; une formation adéquate est fournie pour cela.

Systèmes de contrôle

Les contrôles (commandes) de la source d'ions (notamment le déclenchement des lasers de désorption et de post-ionisation, le positionnement et la visualisation de l'échantillon) et du système de transfert d'ions, ainsi que leur couplage avec le spectromètre de masse, doivent pouvoir être gérées par un seul ordinateur fourni avec les logiciels adaptés, en incluant les fonctions suivantes :

- Un système d'exploitation Microsoft Windows 10 LTSC or Windows 11 LTSC.
- La connectivité avec le spectromètre de masse Orbitrap™ Eclipse doit permettre l'acquisition de spectres de masse en mode « full scan » et de données de spectrométrie de masse multi-niveaux (MSⁿ, suivant des dissociations via HCD, CID et UVPD) à partir i) des ions générés par les événements de désorption-(post)ionisation laser (sur des positions uniques ou pour l'acquisition de cartographies de spectrométrie de masse), ainsi qu'à partir ii) des ions issus de la source ESI/APCI/APPI.

- La lecture et le contrôle des paramètres relatifs au transfert et à l'injection dans le spectromètre de masse des ions générés par les événements de désorption-(post)ionisation laser et la source ESI/APCI/APPI sont requis.
- Le contrôle de la synchronisation de la désorption laser avec le système de transfert d'ions et l'acquisition de données du spectromètre de masse est requis.
- Un contrôle de la vanne (à porte/guillotine) protégeant la qualité du vide dans le spectromètre de masse pendant l'échange d'échantillons est requis.
- Une lecture de la (des) pression(s) dans l'environnement de l'échantillon et dans le système de transfert d'ions (si différentes) doit être fournie.
- Une lecture des énergies des lasers de désorption et de post-ionisation doit être incluse.
- L'ordinateur peut contrôler les cadences des tirs laser pour la désorption laser et pour la post-ionisation laser, ainsi que le nombre de tirs laser par pixel pour les analyses ponctuelles ou pour l'imagerie par spectrométrie de masse.
- Le logiciel peut contrôler les délais entre les tirs des lasers de désorption et de post-ionisation.
- La source lumineuse utilisée pour la visualisation de l'échantillon peut être allumée/éteinte depuis l'ordinateur de contrôle.
- L'ordinateur de contrôle permet la visualisation d'échantillons sur les caméras captant les lumières transmises et réfléchies, et l'enregistrement d'images de chaque caméra.
- Le logiciel d'acquisition des mesures permet de configurer et contrôler les positions, vitesses et accélérations des platines porte-échantillons.
- Le logiciel d'acquisition de mesures inclut un mode d'« analyse bulk » permettant d'analyser plusieurs points de la surface de l'échantillon grâce au déplacement des platines XY pendant le temps requis pour l'injection des ions dans le spectromètre de masse Orbitrap™ Eclipse. Ce mode permet d'analyser les ions produits par désorption laser sur plusieurs points de l'échantillon, aussi bien dans un spectre de masse unique que dans des jeux de données multispectraux. Dans ce mode d'« analyse bulk », le déplacement de l'échantillon peut s'effectuer i) selon des profils linéaires le long d'une direction X ou Y, positionnés sur l'image de la caméra, ou ii) de manière aléatoire (sans ciblage répété d'une coordonnée donnée) à l'intérieur d'un rectangle défini par l'utilisateur sur l'image de la caméra.
- Le logiciel d'acquisition de mesures comprend des protocoles d'imagerie par spectrométrie de masse, incluant la programmation i) d'une ou plusieurs séries de déplacements X-Y effectués par la platine porte-échantillon et ii) du nombre de pixels. Cela permet ainsi l'acquisition automatisée de données d'imagerie par spectrométrie de masse sur des zones sélectionnées de l'échantillon. Différents modes de déplacement de l'échantillon lors de l'acquisition des cartes sont possibles :
 - un « mode ligne » qui déplace l'échantillon de gauche à droite (direction X), puis passe à la coordonnée Y suivante, puis revient à la coordonnée X la plus à

gauche et commence la ligne de pixels suivante en déplaçant l'échantillon dans la même direction.

- un « mode serpent/méandre » qui déplace l'échantillon de gauche à droite (direction X), puis passe à la coordonnée Y suivante, puis commence l'acquisition de la ligne de pixels suivante en déplaçant l'échantillon dans la direction opposée (par rapport à celle utilisée pour la ligne précédente).
 - une possibilité de fractionner un pixel de déplacement d'échantillon X-Y en 9 sous-pixels pour l'acquisition d'images de spectrométrie de masse où, à chaque pixel, sont enregistrés un balayage complet et jusqu'à 8 spectres de masse MS^2 ; dans ce cas, le spectre de masse « full scan » et la MS^2 sont enregistrés sur des sous-pixels quasi adjacents à l'intérieur du pixel principal, mais non superposés.
- Des plans de coordonnées Z de référence peuvent être générés à partir d'une série de positions du moteur Z (portant les objectifs à lumière transmise) définies par l'utilisateur. Ces coordonnées de référence en Z peuvent être utilisées pour optimiser la mise au point de la désorption laser à la surface/près de la surface de l'échantillon. Cela est opéré en utilisant un positionnement Z automatisé le long de ces coordonnées Z de référence lors de l'acquisition d'images de spectrométrie de masse automatisée en mode de désorption laser transmise.
- Un logiciel est fourni pour le traitement des données d'imagerie par spectrométrie de masse. Ce logiciel permet : l'exportation au format .imzML, la génération de cartes de distribution d'abondance d'ions sélectionnés à l'aide de fenêtres m/z définies par l'utilisateur ainsi que le réétalonnage interne par lots de tous les spectres de la carte à l'aide d'une liste définie par l'utilisateur de valeurs m/z exactes à rechercher comme étalons internes dans chaque spectre.

LIVRAISON ET INSTALLATION

L'installation complète du système doit être assurée, y compris les alignements laser.

Le délai de livraison de l'équipement est de 18 semaines. Le délai d'installation est d'un mois.

Un manuel d'utilisation (en anglais) est requis.

Une formation doit être dispensée à 5 utilisateurs (en anglais), couvrant le fonctionnement de la solution complète, les alignements laser, le nettoyage des systèmes et le retrait/la réinstallation de la solution complète de l'Orbitrap™ Eclipse.

GARANTIE ET MAINTENANCE

Deux ans de garantie, incluant pièces, main d'œuvre et déplacements de l'ingénieur de service sont requis.

Le candidat propose deux options de plans de maintenance préventive et corrective. Ces plans doivent inclure la main-d'œuvre, les déplacements, et les pièces de rechange (à l'exception des lasers).

Une option doit concerner un plan de maintenance de 2 ans débutant à la fin de la garantie initiale de 2 ans (PSE n°1 obligatoire), et l'autre, un plan de 3 ans débutant également à la fin de cette garantie (PSE n°2 facultative).

La réponse à la PSE n°1 est obligatoire ; faute de réponse du soumissionnaire, l'offre sera rejetée.