



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

MARCHE DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

Source d'ionisation à bombardement électronique pour spectromètre de masse

N° consultation : 2026FCSSA0019

Institut polytechnique de Grenoble
DAFA / Service Achats
46 avenue Félix Viallet
38031 Grenoble

Pour le SIMAP

SOMMAIRE

1.	OBJET DE LA CONSULTATION	3
2.	CONTEXTE	3
3.	SPECIFICATIONS TECHNIQUES ATTENDUES.....	3
4.	LIVRAISON	5
5.	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE	6
6.	SUPPORT TECHNIQUE	6
•	ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'INSTALLATION, LA CONFIGURATION ET LA MISE EN SERVICE DU MATERIEL/LOGICIEL.	6
•	RESOLUTION DES INCIDENTS (DELAIS D'INTERVENTION, NIVEAUX DE PRIORITE).....	6
•	MAINTENANCE PREVENTIVE ET CORRECTIVE (FREQUENCE, MODALITES).	6
•	MISES A JOUR LOGICIELLES OU MATERIELLES (SI APPLICABLE).....	6
7.	DOCUMENTATION.....	6
8.	FORMATION	6
9.	GARANTIE	6
10.	MAINTENANCE	6
11.	MODALITES DE SERVICE APRES-VENTE.....	7

1. Objet de la consultation

Nous recherchons à faire construire la source d'ionisation à bombardement électronique d'un spectromètre de masse analysant un jet moléculaire de gaz. Le dispositif peut se présenter selon trois tiroirs électroniques avec les fonctions suivantes :

Tiroir n°1 : Régulateur d'émission d'électrons à deux filaments qui fonctionnent de façon autonome en parallèle pour spectromètre de masse.

Tiroir n°2 : Optique ionique de focalisation et déflexion des électrons, types "canons à électrons".

Tiroir n°3 : Optique de transfert des ions vers le spectromètre

2. Contexte

Nous avons récupéré un spectromètre de masse datant des années 1980, dont l'électronique est désormais obsolète. Notre objectif est de concevoir un nouveau dispositif compatible avec les autres modules existants du spectromètre.

3. Spécifications techniques attendues

Tiroir n°1 : Régulateur d'émission d'électrons à deux filaments qui fonctionnent de façon autonome en parallèle pour spectromètre de masse.

Il s'agit de contrôler l'émission d'électrons par chauffage d'un filament de tungstène vers une paroi munie d'une fente pour création d'un courant d'électrons qui vont ensuite ioniser un faisceau de molécules transitant sous vide.

La régulation assure un courant d'émission I_{em} d'électrons régulé vers la boîte d'ionisation avec un courant $I_{em} = 0.1$ à 50 mA par le chauffage d'un filament dont le courant peut atteindre une valeur maximale de 15 A (loi de Richardson dite de la thermo-ionique pour l'émission d'électrons depuis un métal). Une sécurité de courant de chauffe maximale devra être conçue dans l'électronique (et non dans la commande informatique) pour éviter l'explosion du filament et devra être réglable et visible en face avant par potentiomètre et affichage. Le point milieu du filament est maintenu à une tension fixe V_e mais réglable comprise entre -4 et -80 V vis-à-vis de la boîte d'ionisation servant de référence de tension. Un mode d'émission non régulé est prévu qui correspond à imposer un courant de chauffage du filament (cela peut servir au dégazage du filament, mais aussi à certains réglages hors régulation). Il peut correspondre au mode sur lequel on bascule lorsque le courant de chauffe maximal du filament est atteint.

Les deux filaments sont montés de façon symétrique par rapport à l'axe de la boîte d'ionisation mais restent indépendants dans leur fonctionnement.

Une électrode répulsive des électrons émis est positionnée derrière chaque filament et isolée (originellement nommée Wehnelt). Elle délivrera une tension légèrement plus négative que celle du filament. Sa tension sera référée au potentiel des électrons V_e et réglable dans une proportion allant de $V_w = V_e - \text{zéro}$ à $V_e + 0.20 V_e$ sachant que V_e est < 0 . Elle peut donc être prise sur une alimentation 0 à -100 V qui fournirait déjà la tension V_e variant de -4 à -80 V. Du point de vue de la physique il y a normalement une proportion entre la tension V_e et celle du Wehnelt qui va dépendre de la géométrie locale de cette électrode et de sa distance au filament (toute donnée pouvant varier lorsque l'on change le filament).

Un unique « repousseur » d'ions dont la tension V_r sera réglable entre -10 et + 10 volts équipe la boîte d'ionisation sur sa face arrière.

Une alternative au repousseur est envisagée qui consiste à disposer de deux sorties l'une V_{ex}^- de 0 à -10 V et l'autre V_{ex}^+ de 0 à +10 V lorsque l'effet « repousseur » sera remplacé par deux plaques identiques (pour extraction des ions) disposées de façon symétrique par rapport à la zone d'ionisation.

L'ensemble du tiroir de régulation est porté à la haute tension du spectromètre c'est-à-dire +5000V. Ce +5000V est appliqué à la boîte d'ionisation qui sert de référence aux tensions notées ci-dessus. Les tensions appliquées ainsi que les courants régulés ou imposés seront affichés en permanence en face avant pour un meilleur suivi visuel de la mesure spectrométrique. En mode non régulé par commande informatique chaque tension sera commandée par un potentiomètre en façade avant et cette tension (ou courant) affichée.

Sous contrôle informatique – obtenu par basculement local / distance - les commandes utiles sont le courant de régulation d'émission, la tension V_e des électrons, la tension V_w du Wehnelt, la tension repousseur V_r , les deux plaques d'extraction des ions V_{ex}^- et V_{ex}^+ . Les lectures en façade restent opérationnelles et peuvent être lue par l'informatique.

Tiroir n°2 : Optique ionique de focalisation et déflexion des électrons, nommées Canons à électrons.

Les électrons émis par chaque filament vers la boîte d'ionisation traversent une fente disposée sur la paroi de cette boîte. En sortie de cette fente au lieu de traverser directement la zone d'ionisation nous disposerons d'une lentille de focalisation / déflexion munie d'une première plaque / électrode en deux moitiés sur laquelle l'on va appliquer une tension moyenne de focalisation V_f (milieu des deux plaques) et une différence à cette tension moyenne sur les deux plaques pour orienter le faisceau d'électrons vers la zone d'ionisation où transite les molécules à analyser. La tension moyenne sur la lentille est positive et réglable de 0 à +100 V, tandis que la différence doit s'appliquer entre $V_f^d = V_f - 0$ et $V_f - 20$ et $V_f^g = V_f + 0$ et $V_f + 20$ V en principe de façon symétrique sur les deux moitiés. Mettre un inverseur manuel si l'on veut changer le sens de la déflexion.

Lors des tests de fonctionnement de chacun des canons (test de chaque canon en fonctionnement unique et indépendant) nous devons disposer d'une électrode collectrice du faisceau d'électrons transmis par les canons. Cette électrode nommée « trappe à électrons » devra être mise à un potentiel pouvant varier de $V_{trap} = 0$ à +75 V pour récolter les électrons et de plus mesurer le courant car nous recherchons le maximum de courant en fonction des réglages de la lentille de focalisation / déflexion. Le courant mesuré est en général de l'ordre de 1 à 5 % du courant d'émission des électrons. Ce courant variera donc de 0.005 à 2.5 mA.

L'ensemble du tiroir de régulation est porté à la haute tension du spectromètre c'est-à-dire +5000V. Ce +5000V est appliqué à la boîte d'ionisation qui sert de référence aux tensions notées ci-dessus. Les tensions appliquées ainsi que le courant de trappe seront affichés en permanence en face avant pour un meilleur suivi de la mesure spectrométrique.

Le tiroir pourra fonctionner par commande manuelle (potentiomètres en façade) ou à distance par informatique avec les commandes et les lectures. Ce dernier mode sera mis en place après réglages et tests manuels.

Tiroir n°3 : Optique de transfert des ions vers le spectromètre

L'optique de transfert des ions depuis la boîte d'ionisation vers la fente d'entrée du spectromètre comporte une succession de 22 plaques à potentiels décroissant depuis 5000 V jusqu'à la masse du spectromètre. L'entrée des plaques est à 5000 V (potentiel boîte disponible sur l'arrière du tiroir avec une entrée et une sortie, ce potentiel ne servant pas dans le tiroir) via une résistance comme celles en série pour assurer une première différence de potentiel. Les potentiels successifs sont assurés par des résistances sous vide pontées sur l'appareillage maintenu sous vide.

Ces 22 électrodes (tunnel d'accélération des ions) sont suivies par deux électrodes déflectrices dans les plans horizontal Y et vertical Z. Pour cela nous disposons d'un ensemble de deux plaques déflectrices en Y et en Z en sortie du tunnel d'accélération référées à la masse. Ces plaques sont en deux moitiés avec des tensions appliquées de ± 10 V. Il faut donc en sortie arrière 2 x 2 sorties, 2 sorties Y et deux sorties Z. Pour la sortie Y par exemple on peut appliquer soit une tension 0 à -10 V sur l'une et 0 à + 10 V sur l'autre en veillant à ce que le potentiel soit bien symétrique en valeur absolue. Alternativement, si on applique qu'une tension de 0 V sur une moitié et de 0 à 10 V sur l'autre moitié on disposera d'un inverseur pour changer la déviation de sens. La commande se fera en face avant grâce à un potentiomètre et avec lecture de tension associée en face avant.

Une double lentille quadripolaire va ensuite formater le faisceau d'ions. Chaque lentille comporte 4 pôles cylindriques alimentés en ± 400 V, pôles pontés en opposé, 2 pôles opposés dont le potentiel varie de 0 à -400 V et deux autres de 0 à + 400V donc 2 sorties par lentille. Ce qui semble important est la symétrie entre les valeurs des tensions positives et négatives, si l'on veut notamment éviter des déviations du faisceau d'ions. Il y aura donc deux sorties arrière pour la lentille Quad1 (une + et une -) et deux sorties pour la Quad2 (une + et une -). Réglage par potentiomètre en face avant et affichage des tensions.

A priori l'optique de transfert ne nécessite pas de commandes informatiques.

4. Livraison

A compter de la notification du marché, le délai de livraison maximum souhaité est de 9 mois.

Les soumissionnaires peuvent proposer un délai de livraison inférieur dans leur offre technique.

Lieu de livraison :

SIMAP

1130 rue de la piscine
38400 Saint Martin d'Hères

Le local est situé au 1^{ère} étage. Un monte-charge avec accès direct depuis le parking, accessible aux poids-lourds, est disponible.

Heures de livraison : jours ouvrés, de 9h à 12h et de 13h30 à 16h.

Avant toute livraison, le titulaire devra obligatoirement contacter le responsable technique au moins 48 heures à l'avance par courriel.

Le nom et les coordonnées du responsable technique seront communiqués au titulaire lors de la notification du marché.

5. Installation et mise en service

L'installation et la mise en service seront assurées par le titulaire dans un délai maximum de 30 jours ouvrés à compter de la date de la livraison.

6. Support technique

- Assistance technique pour l'installation, la configuration et la mise en service du matériel/logiciel.
- Résolution des incidents (délais d'intervention, niveaux de priorité).
- Maintenance préventive et corrective (fréquence, modalités).
- Mises à jour logicielles ou matérielles (si applicable).

7. Documentation

Une documentation de l'équipement doit être fournie (format numérique) en langue française.

8. Formation

La formation des utilisateurs doit être incluse dans l'offre et se faire sur site ou à distance. L'offre doit contenir une formation d'au moins 2 jours sur 7 pour 4 personnes.

Le titulaire devra préciser la modalité de l'organisation de la formation dans le mémoire technique. La formation devra être effectuée dans un délai maximum de 90 jours ouvrés à compter de la mise en service.

9. Garantie

Une garantie de 24 mois à compter de l'admission est incluse. Au titre de la garantie, le titulaire assure la disponibilité d'un interlocuteur pour répondre aux éventuelles difficultés rencontrées lors de l'utilisation du matériel. Les modalités de garanties, précisant ce qui est inclus et exclu, sont indiquées dans le mémoire technique du titulaire ainsi que la durée de vie moyenne du matériel.

10. Maintenance

Pas de maintenance préventive

Si besoin, des mises à jour :

- Inclusion des mises à jour logicielles/firmware pendant la durée du contrat.
- Modalités pour les évolutions matérielles (ex. : remplacement de pièces obsolètes).

Gestion des obsolescences : Engagement du prestataire à informer en cas d'obsolescence d'un composant et à proposer des solutions.

11. Modalités de service après-vente

Dans le cadre du service après-vente proposé, le soumissionnaire précise dans son mémoire technique les modalités d'organisation ainsi que les différents délais d'intervention (délai d'intervention maximum, expertise du personnel, provenance des pièces détachées, conditions de mise à jour des logiciels...).

12. Développement durable

Afin de répondre aux préoccupations de Grenoble INP-UGA en matière de développement durable, des spécifications relatives à l'exécution du marché en matière de protection de l'environnement doivent être respectées. Celles-ci portent sur les conditions de livraison et notamment sur le transport des fournitures, la gestion des emballages et la gestion des déchets.

Le titulaire s'assure du respect par ses sous-traitants des obligations environnementales fixées par le marché.