



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

MARCHE DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

Achat et installation d'un système d'analyse et d'imagerie par
micro fluorescence X
(Système Micro EDXRF de paillasse)

N° consultation : 2026FCSSA0029

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

Pour le LEPMI

SOMMAIRE

1.	OBJET DE LA CONSULTATION	3
2.	CONTEXTE ET GENERALITES.....	3
3.	OFFRE DE BASE : ACHAT ET INSTALLATION D'UN SYSTEME D'ANALYSE ET D'IMAGERIE PAR MICRO FLUORESCENCE X (MICRO EDXRF DE PAILLASSE)	5
4.	QUALITE DU SERVICE APRES-VENTE	12
5.	DEVELOPPEMENT DURABLE : MAINTENANCE HARDWARE & SOFTWARE, PIECES DETACHEES ET CONSOMMABLES	12
6.	CONSTRAINTES D'INSTALLATION.....	12
7.	LIEU D'INSTALLATION	12
8.	EMBALLAGE – TRANSPORT – LIVRAISON.....	13
9.	DOCUMENTS A REMETTRE A LA LIVRAISON	13
10.	FORMATION	13
11.	CONSTATATION DE L'EXECUTION DES PRESTATIONS.....	14
12.	GARANTIE	14
13.	PSE OBLIGATOIRE	14
14.	PSE FACULTATIVES	14
15.	TABLEAUX RECAPITULATIFS	16

1. Objet de la consultation

La présente consultation concerne la fourniture, l'installation, la mise en service et la formation à l'utilisation d'un spectromètre de micro fluorescence X (μ XRF) destiné à l'analyse chimique élémentaire qualitative et quantitative et à la cartographie chimique (Micro EDXRF).

2. Contexte et généralités

La fluorescence X est une technique d'analyse chimique élémentaire puissante qui vient en appui à de très nombreux sujets de recherche dans le domaine des Matériaux, des Procédés et des Sciences de la Terre.

Actuellement, la plateforme CMTC dispose d'un spectromètre de fluorescence X WDXRF très performant pour des analyses globales mais qui ne permet pas de réaliser de l'imagerie chimique.

L'objectif est d'acquérir un équipement de Micro EDXRF qui permettra de réaliser non seulement des analyses ponctuelles mais également de cartographier la composition chimique de zones de plusieurs cm^2 .

Ce projet est un co-investissement Recherche-Formation qui a pour but de répondre à la fois aux attentes nouvelles des laboratoires de recherche en matière d'analyse chimique élémentaire et à la nécessité d'accélérer la transformation de notre offre de formation.

Le projet est porté par le laboratoire LEPMI avec le soutien de plusieurs structures de recherches (ISTerre, SIMAP) et de formation (PHELMMA).

Côté Recherche, les laboratoires ont identifié de nombreuses applications où il est devenu crucial de pouvoir remonter rapidement à la composition chimique d'un échantillon ceci pour une large gamme d'éléments chimiques, une large gamme de concentrations et sur de grandes surfaces :

Pour le laboratoire LEPMI : le laboratoire est intéressé par la réalisation de cartographies qualitatives et quantitatives de films minces composites sur substrat complexe (poreux ou non, hétérogène ou non). Les éléments à étudier peuvent différer selon qu'il s'agit d'assemblages membrane-électrodes de systèmes hydrogène (piles à combustible ou électrolyseurs) ou d'éléments de batteries. Les tailles d'échantillon peuvent être centimétriques (par exemple $5 \times 5 \text{ cm}^2$ pour les systèmes hydrogène) et les épaisseurs des couches à quantifier de quelques 100^{ne} de nm à quelques 10^{ne} de μm .

Pour l'aspect « systèmes hydrogène », les analyses porteront habituellement sur des couches minces sur membrane polymère (PTFE ou Nafion, ...) ou sur couche de diffusion en carbone poreux (fibres, avec adjonction éventuelle de PTFE, voire de noir de carbone), voire couches minces sur film métalliques. Les couches minces seront composées de mélanges composites de noir de carbone supportant des nanoparticules catalytiques, avec présence de liant polymère actif. Leur porosité est typiquement grande (de l'ordre de 50%) et leur rugosité de surface peut être non négligeable (jusqu'à $\pm 1 \mu\text{m}$). Les éléments à analyser sont Pt, Ir, Pd, Ni et autres métaux de transition 3d (pour les catalyseurs), mais aussi F, S, C, N, Si et O (pour les phases polymères). Les cartographies devront être qualitatives mais aussi permettre des analyses quantitatives si possible jusqu'à une précision de $10 \mu\text{g métal/cm}^2$ (ou mieux) pour les 3d et les PGM (Platinum Group Metal).

Pour les aspects « batteries », les couches minces d'électrode ($<100 \text{ mm}$ de côté) seront enduites sur collecteur (Al ou Cu) ; l'analyse des poudres est également souhaitable. Les

éléments à analyser sont des légers (C, N, O, F), les métaux de transition, mais aussi Al, Si, S, P. Il est souhaité que les cartographies puissent être qualitatives et quantitatives.

Pour ISTerre, le laboratoire couvre un large domaine d'expertise allant de la géologie fondamentale (pétrologie, géochimie) à des applications environnementales et énergétiques. Ces domaines d'expertise s'appuient sur un parc instrumental de pointe, incluant des outils analytiques complémentaires tels que la microsonde électronique et le LA-ICP-MS.

Le spectromètre de μ fluorescence X viendrait renforcer ces capacités en offrant une approche rapide, non destructive et spatialement étendue. Cet équipement permettrait un ciblage préliminaire des zones d'intérêt, grâce à la réalisation :

- De cartographies de grandes zones (10 x 10 cm²) sur des échantillons naturels solides ou des végétaux. Ces cartographies auront pour but de localiser précisément des minéraux accessoires de petites tailles (apatite, zircon, monazite...), d'analyser la distribution d'éléments majeurs (Fe, Ni, Cu, Co, Zn...) ou d'éléments stratégiques en trace (métaux critiques comme Ge, Ga, In, Cd, terres rares...) dans des phases minérales complexes et hétérogènes ; de détecter des éléments légers, dont le carbone, pour la localisation de la matière organique.
- Des analyses ponctuelles semi-quantitatives sur des pastilles de roches broyées ou de matériaux de synthèse permettraient une caractérisation globale et homogène des échantillons ou valider des synthèses minérales.

Pour le laboratoire SIMAP, la cartographie d'éléments chimiques est au cœur des sujets d'étude du laboratoire qui vise à concevoir et synthétiser des matériaux aux performances avancées. Ces sujets concernent entre autres :

- les applications de matériaux de structures :
 - alliages Aluminium: matrice (Al), + Zn, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Si, Ti, Zr, Ni
 - aciers : matrice (Fe), + C, B, Al, Cu, Cr, Mn, Mo, Nb, Ni, P, S
- les applications de matériaux fonctionnels :
 - élastocalorique : matrice (Cu, Zn, Al), + Au, Ni, Si, Mn
 - magnétocalorique : matrice (Ni, Mn), + In, Ga
 - encapsulation et protection pour l'alimentaire : films minces d' Al₂O₃ sur Cellulose

Côté Formation, les besoins de Phelma (école de la batterie et plate-forme hydrogène) ne diffèrent pas de ceux exposés pour le LEPMI.

Cet équipement a vocation à être mutualisé et sera installé sur la plateforme CMTC de Grenoble INP-UGA. Il viendra enrichir l'offre et le panel de techniques déjà existantes sur la plateforme.

L'équipement sera utilisé par un large public : chercheurs, post-doctorants, doctorants et stagiaires des laboratoires. Il sera aussi utilisé pour la formation. Dans ce contexte, l'équipement pourra être utilisé en libre-service après formation. L'instrument devra donc être polyvalent, robuste et convivial d'utilisation.

Lors de l'analyse des offres, la personne publique attachera une importance particulière à celles dont les performances techniques seraient supérieures aux exigences minimales telles que décrites dans les paragraphes suivants. Celles-ci seront prises en compte dans la notation.

Outre les performances de l'équipement, il sera attaché de l'importance à la qualité et à la précision des réponses notamment liées à la mise en œuvre des mesures.

Suivent les exigences minimales requises :

3. Offre de base : Achat et installation d'un système d'analyse et d'imagerie par micro fluorescence X (Micro EDXRF de paillasse)

Description générale attendue du système

Le titulaire devra fournir un système complet comprenant :

- Un spectromètre μ XRF de paillasse
- Une enceinte de protection
- Un système d'observation et de visualisation optique
- Une source de rayons X
- Un système optique de focalisation de rayons X
- Une chambre d'analyse avec platine motorisée
- Un système de détection à dérive de silicium (SDD)
- Un système de pompage et de réglage de l'environnement des mesures
- Un ordinateur de pilotage avec logiciels d'acquisition et de traitement

L'offre devra décrire avec précision la géométrie du dispositif dans l'enceinte c'est-à-dire l'emplacement de la source de rayons X avec son optique associée, du système d'observation et de visualisation optique, de la platine motorisée et du (ou des) détecteur(s) SDD. L'offre devra fournir des schémas et des photographies de l'appareil.

L'offre devra décrire l'enchaînement des opérations pour réaliser une cartographie X sur une zone prédéfinie.

Enceinte de protection et normes à respecter

L'offre devra comprendre une enceinte de protection homologuée contre le rayonnement X avec une fermeture automatique de la fenêtre de sortie des rayons X à l'ouverture des portes de l'enceinte ou un dispositif de verrouillage de sécurité bloquant l'ouverture de ces portes durant le temps d'ouverture de la fenêtre de sortie des rayons X. L'offre devra détailler les caractéristiques de l'enceinte. L'offre devra préciser si l'ouverture des portes de l'enceinte est manuelle ou automatique.

L'offre devra préciser si la chambre est équipée de ports (passages de câbles...) pour la réalisation d'expériences *in situ*.

Le système proposé devra respecter les normes européennes et françaises en vigueur.

Les certificats de conformités à ces normes devront être fournis avec l'offre, en particulier celui concernant la norme CE et celui concernant la norme française NFC 74-100.

Système de visualisation optique

L'offre devra comprendre un système de microscope(s) optiques / caméra(s) optique(s) intégré(s) pour l'observation et le positionnement de l'échantillon dans la chambre. L'offre devra décrire les possibilités offertes en standard en matière d'acquisition d'images optiques, de grossissement. L'offre devra préciser s'il est possible de faire des assemblages d'image pour obtenir une seule image composite de grande surface (mosaïques). L'offre devra décrire

les possibilités offertes en matière d'interactivité avec l'analyse XRF (analyse ponctuelle, cartographies X, enchaînement automatique d'analyses...).

Générateur haute tension

L'offre doit proposer un générateur haute tension (HT) fonctionnant sous 230 V, 50 Hz, d'une puissance minimale permettant de faire fonctionner la source de rayons X au maximum de sa puissance d'utilisation recommandée.

L'offre doit préciser la gamme de tension et de courant utilisable. Il devra être possible de changer la tension et le courant. Tous ces paramètres devront être accessibles et configurables par logiciel.

Source de rayons X

La source de rayons X sera de type micro foyer avec une anode en Rh.

Puissance minimale de 30 W.

Tension réglable jusqu'au moins 50 kV.

Courant réglable.

Dans tous les cas, l'offre devra préciser les caractéristiques de cette source.

L'offre comprendra également une offre pour le renouvellement de cette source de rayons X (voir le paragraphe PSE facultatives).

Optique rayons X avant et résolution spatiale

L'équipement devra à minima être équipé d'une optique avant de type polycapillaire. L'offre devra fournir ses caractéristiques.

L'offre devra indiquer la dimension minimale du faisceau à la distance focale. Cette dimension minimale devra être $\leq 20 \mu\text{m}$.

L'offre précisera s'il est possible de faire varier la taille de spot. Si oui, l'offre devra expliquer le principe et indiquer l'amplitude correspondante. Nous attacherons de l'importance à la possibilité de moduler la taille du spot de façon à enchaîner du fast screening et du high résolution screening.

Evolution technique possible :

L'offre devra préciser s'il est possible a posteriori de changer de type de polycapillaire (correspondant à une autre taille de spot) et expliquera les modalités de ce changement si celui-ci est possible.

Filtres primaires

L'offre devra préciser si l'équipement est doté de filtres primaires. Dans l'affirmative, l'offre fournira un tableau récapitulatif des différents filtres disponibles et leurs caractéristiques. Elle devra également indiquer le nombre de positions ou le nombre maximum de filtres qui peuvent être montés. Le changement des filtres devra être automatique et programmable.

Le soumissionnaire proposera une configuration de filtres primaires permettant d'optimiser les conditions d'analyse sur une gamme allant du Carbone à l'Uranium.

L'offre précisera s'il est possible de rajouter/modifier un filtre primaire a posteriori et si cette intervention peut être faite par le client lui-même ou par le service après-vente chez le client.

Chambre objet

L'offre devra indiquer :

- Les dimensions de la chambre échantillon en mm.
- Les différents modes de fonctionnement de la chambre: sous air, sous vide, sous He... L'équipement devra pouvoir fonctionner sous air, sous vide et sous He. L'offre devra préciser la pression dans la chambre sous vide (en absence d'échantillon).
- La nature du système de pompage. La ou les pompes seront de type sèche. L'offre devra indiquer le temps nécessaire pour pomper la chambre (hors échantillon) en vue de faire une mesure sous vide.

Platine motorisée

L'instrument devra être équipé d'une platine motorisée X, Y et Z.

L'offre devra décrire les caractéristiques de cette platine en termes de débattement en X, Y et Z, de précision de déplacement et de vitesses de déplacement (en mm/s).

La charge maximale admissible par la platine sera ≥ 6 kg.

L'offre devra préciser la taille maximale des échantillons admissibles sur la platine en X, Y et Z.

La surface maximale de cartographie en X et Y devra être en automatique ≥ 150 mm x 150 mm.

L'offre devra indiquer les vitesses d'acquisitions en cartographie en ms/pixel.

Porte échantillon

L'offre devra décrire les porte échantillons fournis en standard avec le système.

Détecteur

L'équipement devra pouvoir accueillir a minima deux détecteurs.

Ces détecteurs seront de type SDD (Silicon Drift Detector) avec chacun une surface minimale de détection ≥ 60 mm².

Ils devront couvrir une gamme d'analyse allant du Carbone à l'Uranium.

L'offre de base comporte un (1) détecteur de type SDD. Un détecteur SDD supplémentaire sera chiffré en PSE obligatoire. L'offre précisera la position de ce second détecteur.

L'offre devra indiquer pour un détecteur la valeur de l'angle solide de collecte correspondant exprimé en stéradians pour un échantillon à plat. L'angle solide sera calculé en prenant en compte la distance entre le point de coïncidence et le plan du détecteur SDD (fournir un plan).

L'offre précisera si des sécurités sont présentes sur ce détecteur afin d'éviter une collision.

Le détecteur sera équipé d'une fenêtre ultra-mince à éléments légers pour une détection à partir du carbone. La nature du matériau constituant la fenêtre du détecteur ainsi que son épaisseur seront indiquées ainsi que la transmission garantie sur chaque élément du carbone au fluor.

L'offre devra indiquer la résolution garantie en eV à 10 000 cps/s sur la raie K α du manganèse et au plus fort taux de comptage admissible en mode sous vide à 50 kV. L'offre devra indiquer également les résolutions sur le carbone et le fluor.

Efficacité : l'offre devra indiquer la valeur garantie à l'installation du rapport d'intensité des raies K α /L α du Cu pur à 50 kV.

L'offre devra préciser les contraintes en matière de fonctionnement comme par exemple le temps nécessaire après la mise en froid pour que l'appareil soit opérationnel.

L'offre devra préciser s'il est possible de modifier la distance d'insertion du détecteur dans la chambre.

Evolution technique possible :

L'offre indiquera s'il est possible d'ajouter a posteriori sur l'équipement des détecteurs SDD supplémentaires. L'offre précisera si cette opération peut être réalisée sur site ou si elle nécessite un retour chez le fournisseur.

Analyseur

L'offre devra indiquer la nature de la chaîne de traitement des signaux provenant du détecteur (numérique ou analogique), le nombre de canaux et les caractéristiques du convertisseur analogique numérique et les largeurs de canaux disponibles.

L'offre devra détailler le nombre de constantes de temps, leurs valeurs et leurs gammes de fonctionnement.

Pour chaque constante de temps, l'offre devra inclure la fourniture des courbes montrant l'évolution du taux de comptage en sortie (Output count rate) en fonction du taux de comptage en entrée (Input count rate).

L'offre devra indiquer le taux de comptage à l'entrée (Input count rate) et le temps mort associé correspondant au taux de comptage maximum en sortie (Output count rate) pour un fonctionnement optimal de l'analyseur et ce pour chaque constante de temps. Nous attacherons une importance particulière aux capacités du système à traiter des forts taux de comptage.

De même, l'offre devra également fournir des données sur l'évolution de la résolution de la raie Kalpha du manganèse en fonction de la constante de temps et du taux de comptage en entrée (Input count rate).

L'offre devra préciser la procédure de calibration automatique du système. Il sera demandé de fournir des données sur les variations de la position en énergie des raies (shift de raie) en fonction du taux de comptage.

Poste informatique

L'offre devra proposer un ordinateur PC **avec les caractéristiques minimales suivantes** :

- Système d'exploitation : Windows 11 version française (ou à défaut anglaise).
- Une carte vidéo dédiée avec au minimum 4Go RAM dédiée, et a minima 2 sorties vidéo compatibles avec les entrées vidéo du ou des écrans ci-dessous.
- A minima, un écran plat de taille minimale de 24 pouces.
- Deux disque(s) dur(s) : 1 disque SSD d'une capacité minimum de 1To pour le système et 1 deuxième disque dur d'une capacité minimum de 4To pour le stockage
- Au minimum 2 cartes réseau Gbits
- Microprocesseur avec au moins quatre cœurs physiques
- Mémoire RAM : a minima 16 Go,
- Un clavier AZERTY avec pavé numérique et une souris

Dans tous les cas, l'offre devra détailler la configuration du matériel informatique proposé (processeur, capacités mémoires, carte(s) graphique(s), périphériques, nombre et taille des écrans, cartes réseau...).

Logiciels et modes d'analyse

L'offre devra détailler l'ensemble des logiciels d'acquisition et de traitement disponibles en standard sur le système.

Nous attacherons la plus grande importance à la convivialité d'accès aux différentes fonctions et à la facilité de sauvegarde des données.

A minima, le système devra comporter :

a) Acquisition d'images optiques

L'offre devra détailler les possibilités en standard du système en matière d'acquisition d'images optiques et en matière d'interactivité avec l'analyse chimique (analyse ponctuelle, cartographies, enchaînement automatique d'analyses...).

Les images devront être exportables individuellement. L'offre devra détailler les différents formats de fichiers disponibles (de type BMP, TIFF ou JPEG...).

b) Analyse qualitative

L'offre devra comprendre à minima les fonctionnalités suivantes :

- identification automatique et manuelle des raies caractéristiques via un tableau périodique

- déconvolution des spectres

- identification des pics somme et si possible des pics d'échappement. L'offre devra préciser si ces artefacts peuvent être pris en compte et corrigés dans les logiciels de traitement. Dans ce cas, l'offre précisera les procédures de correction.

- outils d'annotations de spectre

Les spectres devront être exportables. L'offre devra détailler les différents formats de fichiers disponibles en format image (de type BMP, TIFF ou JPEG) et en format tableur (de type EMSA, ASCII).

c) Analyse quantitative

L'offre devra détailler les possibilités en standard du système en matière d'analyse quantitative.

Il est souhaitable que l'enchaînement des étapes suivantes soit transparent et automatisé :

- soustraction du fond continu. L'offre devra indiquer la (ou les) méthode employée pour la soustraction du fond continu.

- déconvolution des pics. L'offre devra indiquer la (ou les) méthode employée pour la déconvolution.

- calcul des rapports d'intensité et détermination des concentrations à l'aide d'un modèle. Dans tous les cas, l'offre devra préciser la nature du(des) modèle(s) proposé(s) et des standards utilisés (témoins modélisés, témoins réels...).

Nous serons amenés à analyser des échantillons de nature très variée pour lesquels il n'est pas sûr que nous ayons les étalons. Dans ces conditions, la majorité des analyses seront des analyses semi-quantitative (analyse semi-quantitative de base, analyse semi-quantitative assistée avec un étalon...).

L'offre doit comprendre un outil dédié à l'analyse des couches minces stratifiées et décrire en détail ses possibilités notamment en matière de mesures d'épaisseur de films, de détermination des compositions ou de la densité de ces couches.

L'offre devra notamment proposer une solution pour mesurer la densité de Pt en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ sur des couches minces sur membrane polymère (PTFE ou Nafion, ...) ou dans des couches minces composées de mélanges composites de noir de carbone avec présence de liant polymère actif supportant des nanoparticules catalytiques à base de Pt. L'analyse quantitative sera réalisée avec un étalonnage (calibration). L'offre devra décrire en détail cette calibration et plus généralement la solution proposée.

Les résultats devront être exportables dans des environnements de type Word ou Excel.

d) Cartographies X et profils

L'offre devra détailler les possibilités en standard du système pour l'acquisition de cartographies X (résolution maximale en pixels, informations qualitatives ...).

L'offre devra indiquer le(s) mode(s) d'acquisition des cartographies (déplacement pas à pas ou continu) ainsi que les possibilités d'affichage en direct.

L'offre devra indiquer la gamme de vitesses de balayage utilisable en ms par pixel ainsi que les surfaces maximales atteignables.

L'offre devra détailler les possibilités en standard du système en matière de superposition des résultats avec l'image optique.

L'offre devra indiquer les possibilités en matière d'assemblage de cartographies (stitching).

L'offre devra également indiquer les possibilités en matière de profils linéaires.

e) Images "spectrales"

L'offre devra détailler les possibilités d'acquérir des images "spectrales" (un spectre par pointé ou équivalent) : résolution en pixels, informations qualitatives, informations quantitatives...

L'offre devra indiquer le(s) mode(s) d'acquisition de ces images "spectrales " (déplacement pas à pas ou continu) ainsi que les possibilités d'affichage en direct.

L'offre devra détailler toutes les possibilités de traitement des images "spectrales".

L'offre devra notamment indiquer s'il est possible de réaliser des cartographies X brutes, des cartographies X avec soustraction du fond continu, des cartographies X d'intensité nette (après déconvolution des intensités) et des cartographies quantitatives. Pour chacun de ces modes, l'offre devra préciser si les résultats peuvent être affichés en direct lors de l'acquisition ou à défaut en post traitement.

L'offre devra proposer une solution pour réaliser des cartographies quantitatives de Pt sur des couches minces sur membrane polymère (PTFE ou Nafion, ...) ou dans des couches minces composées de mélanges composites de noir de carbone avec présence de liant polymère actif supportant des nanoparticules catalytiques à base de Pt. L'offre devra décrire en détail la solution proposée.

Les cartographies X obtenues dans les différents modes devront être exportables individuellement avec les légendes sous formats BMP, TIFF ou JPEG.

f) Format des données d'analyse

D'une manière générale, l'offre devra détailler les différents formats de fichiers de résultats disponibles (formats propriétaires, formats image, formats universels...).

L'offre précisera si le système comporte un module de rédaction de rapport permettant d'insérer facilement des images, des spectres et des commentaires.

Licences informatiques

Le poste informatique de pilotage devra comporter l'ensemble des logiciels (acquisition et traitement) avec les licences associées.

A cela s'ajoutera, au moins 2 jeux de licences supplémentaires pour des postes de traitement déportés des données.

L'offre précisera la nature des protections de licence (dongle USB, fichier de licence, licence réseau...).

Documentations

Le titulaire devra à minima fournir une documentation complète en français ou en anglais permettant de faire fonctionner l'appareil et ses logiciels de manière optimale (une description exhaustive du logiciel de pilotage et de traitement des données est demandée). Elle donnera les caractéristiques du matériel avec la liste complète des pièces détachées et leur référence ainsi que les procédures courantes d'installation et de maintenance.

4. Qualité du service après-vente

L'offre devra détailler les modalités du service après-vente (organisation du service, effectif, expertise du personnel, provenance des pièces détachées, ...) ainsi que le délai maximum de prise en charge en cas de demande d'intervention.

5. Développement durable : maintenance hardware & software, pièces détachées et consommables

D'une manière générale, le titulaire décrira les actions mises en œuvre pour un équipement plus durable.

Le Titulaire indiquera notamment la durée pendant laquelle il s'engage à remplacer les pièces détachées usagées, à pouvoir assurer la maintenance du système et à fournir les consommables correspondants. Cette durée ne devra pas être inférieure à 10 ans.

De même, le titulaire indiquera la durée pendant laquelle il s'engage à proposer des solutions software et hardware pour s'adapter aux évolutions informatiques et assurer la compatibilité du pilotage de l'équipement avec les versions ultérieures de système de pilotage de l'équipement.

6. Contraintes d'installation

Les contraintes d'installation du système devront figurer dans l'offre (documents de pré installation) : surface au sol, encombrement, poids de l'équipement, alimentations électriques, fluides... Elles devront faire l'objet d'un descriptif détaillé.

7. Lieu d'installation

Le titulaire devra s'assurer des lieux et condition d'accès pour la livraison.

L'équipement faisant l'objet du marché sera livré et installé à :

**Grenoble INP - CMTC
Bâtiment E Thermo
1260 rue de la piscine
38402 SAINT MARTIN D'HERES
FRANCE**

Heure d'ouverture du site d'installation : 9h-12h / 14h-18h

Il est précisé que le bâtiment est équipé d'un quai de déchargement (hauteur 80 cm). Un camion équipé d'un hayon est nécessaire pour le déchargement. L'équipement sera installé dans une salle du CTMC située au 1er étage à l'adresse 1260, rue de la piscine, 38402 Saint Martin d'Hères. Le bâtiment est équipé d'un monte-charge (charge maximale : 1500 kg ; dimensions : H : 198 cm, P : 223 cm, L : 140 cm).

8. Emballage – Transport – livraison

L'Équipement est emballé et transporté sous la responsabilité du Titulaire.

Tous les frais relatifs à l'emballage, le transport, le dédouanement, la livraison, le déchargement et l'installation sur site seront compris dans l'offre sous la forme d'un montant global et forfaitaire.

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.

Le personnel intervenant lors de la livraison de l'équipement devra respecter les procédures et le plan de prévention établi par le CMTC pour ce type d'opération.

9. Documents à remettre à la livraison

Le Titulaire remet à Grenoble INP-UGA à la livraison de l'Équipement, toute la documentation afférente : certificat de conformité CE, norme NFC74-100, notice de fonctionnement, notice d'utilisation avec plans et schémas électriques, manuel de maintenance, notice d'entretien, et instructions de sécurité et tous documents mentionnés dans le cahier des charges en langue française ou anglaise.

Les instructions de sécurité doivent être impérativement remises en langue française.

10. Formation

La formation des utilisateurs doit être incluse dans l'offre.

L'offre doit contenir :

- Une formation initiale sur le site du CMTC (bâtiment E, Thermo Phelma Campus, 1260 rue de la piscine à Saint Martin d'Hères) d'au moins 2 jours pour un groupe de 6 personnes à l'issue de la mise en service.
- Une formation complémentaire d'au moins 2 jours pour un groupe de 6 personnes dans une période fixée par Grenoble INP/CMTC; au plus tard dans l'année qui suit la réception définitive.
- L'offre de formation doit inclure un module consacré à l'analyse des couches minces par micro fluorescence X et à l'utilisation de l'outil dédié à l'analyse des couches minces stratifiées.
- Une assistance analytique et/ou une formation si mise à jour logiciel pendant la période de garantie.
- une assistance en informatique pendant la période de garantie.

Ces formations seront dispensées par un formateur attitré de l'équipementier.

11. Constatation de l'exécution des prestations

Les opérations de vérification sont effectuées par le représentant du pouvoir adjudicateur destinées à constater qu'elles répondent aux stipulations du marché.

Première étape: la vérification d'aptitude

Le titulaire devra démontrer la capacité de son Equipement à atteindre les spécifications sur lesquelles il s'engage. Il effectuera des tests en usine et fournira les résultats de performances garanties.

A la livraison des matériels, le titulaire fournira ces résultats et réalisera ces mêmes tests sur l'équipement une fois installé dans les locaux de Grenoble INP-UGA.

En particulier, des tests de cartographies quantitatives de Pt seront réalisés sur des couches minces sur membrane polymère (PTFE ou Nafion, ...) ou dans des couches minces composées de mélanges composites de noir de carbone avec présence de liant polymère actif supportant des nanoparticules catalytiques.

Deuxième étape : la vérification de service régulier

La vérification de service régulier a pour but de constater que le matériel et les logiciels fournis sont capables d'assurer un service régulier dans les conditions normales d'exploitation.

12. Garantie

Une garantie pièce et main d'œuvre incluant la maintenance et le support technique pour l'ensemble du matériel doit être incluse pour une durée de 12 mois à compter de l'admission du matériel, frais de déplacement de personnel inclus.

Pendant la période de garantie l'équipementier s'engage à intervenir dans un délai maximum de 7 jours ouvrés après réception d'un mail de la part de Grenoble INP-UGA.

Pour les logiciels inclus dans la proposition du soumissionnaire, celui-ci s'engage à fournir les mises à jour de ces logiciels (update et upgrade) durant la période de garantie sans facturation supplémentaire.

Le soumissionnaire précisera dans son mémoire technique les modalités d'organisation de son service après-vente (nombre et expertise des personnels, délai d'intervention maximum si plus favorable, provenance des pièces détachées...).

13. PSE Obligatoire

L'offre devra chiffrer l'ajout d'un second détecteur de type SDD (Silicon Drift Detector) avec une surface minimale de détection $\geq 60 \text{ mm}^2$. Ce second détecteur sera de même nature que le premier et devra couvrir une gamme d'analyse allant du Carbone à l'Uranium. Son fonctionnement devra être compatible avec la chaîne de mesures et permettra d'augmenter le signal collecté. L'offre devra préciser son implantation.

14. PSE Facultatifs

PSE 1 : L'offre devra chiffrer le changement d'une source micro foyer de rayons X avec son installation.

PSE 2 : En cas de bris de la fenêtre mince du détecteur SDD, l'offre devra chiffrer la réparation.

PSE 3 : l'offre devra chiffrer un (1) jeu de licences supplémentaires pour un poste de traitement déporté des données.

PSE 4 : L'offre devra inclure une proposition de contrat de maintenance préventive comprenant :

- une visite préventive annuelle sur site,
- les frais de déplacement, d'hébergement et de repas associés à la visite préventive,
- Les pièces d'usure (l'offre devra les détailler),
- La mise à jour des logiciels (updates),
- L'assistance par téléphone, par courrier électronique et par visioconférence avec connexion à distance à l'ordinateur de pilotage si besoin.

L'offre devra préciser :

- le contenu et la durée de la visite de maintenance préventive,
- ce qui est inclus ou exclu du contrat de maintenance (pièces détachées...).
- si le contrat de maintenance proposé comprend les mises à jour majeures des logiciels (Upgrade).
- si le contrat de maintenance proposé comprend la couverture de l'ensemble du poste informatique (PC et Hardware associé) ainsi que les mises à jour du système d'exploitation (mises à jour mineures et changement de version du système d'exploitation : exemple : Windows...)

L'offre de maintenance portera sur une période de 1 an.

15. Tableaux récapitulatifs

Échéancier du marché

La livraison de l'instrument par le titulaire devra impérativement être réalisée au plus tard à T0 + 120 jours (T0 étant la date de notification du marché subséquent).

Les délais maximums d'exécution des prestations sont fixés comme suit :

<u>Etapes</u>	<u>Délai maximum d'exécution du marché (T0 = date de notification)</u>	<u>Intervenants</u>	<u>Document exigés</u>
Livraison du matériel	T0 + 120 jours	Titulaire	Bon de livraison daté, signé et facture conforme
Installation et mise en service	Au plus tard à T0 + 127 jours	Titulaire	PV d'installation et de mise en service daté signé
Vérification d'aptitude	Au plus tard à T0 + 130 jours	Grenoble INP-UGA	Procès-verbal d'admission provisoire daté, signé
Admission	A l'issue des opérations de vérifications de service réguliers Au plus tard à T0 + 175 jours	Grenoble INP-UGA	Procès-verbal d'admission daté, signé
Formation initiale de 2 jours	Au plus tard à T0 + 135 jours	Titulaire	Attestation de formation
Formation complémentaire de 2 jours	Au plus tard dans l'année qui suit la réception définitive	Titulaire	Attestation de formation
Garantie	12 mois à compter de l'admission	Titulaire	

Échéancier de paiement

Offre de base

<u>Echéancier de paiement</u>	<u>Etape d'exécution du marché</u>	<u>Pourcentage</u>	<u>Date maximale à compter de la notification du marché (T0)</u>	<u>Intervenants</u>	<u>Document exigés</u>
Acompte	Livraison du matériel	50 %	T0 + 120 jours	Titulaire	Bon de livraison daté, signé et facture conforme
Acompte	Vérification d'aptitude	40 %	T0 + 130 jours	Grenoble INP-UGA	Procès-verbal d'admission provisoire daté, signé et facture conforme
Solde	Admission	10 %	T0 + 175 jours	Grenoble INP-UGA	Procès-verbal d'admission daté, signé et facture conforme

Critères

<u>Critères</u>	<u>Pondération</u>
1 - Valeur technique	40%
2 – Prix (Offre de base + PSE obligatoire)	40%
3 – SAV et développement durable	20%