



**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Délégation Centre Limousin Poitou Charente

**OBJET : Acquisition d'un bâti de dépôt de couches minces par  
pulvérisation magnétron**

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES  
(C.C.T.P.)**

**Procédure n° 2025-25**

## SOMMAIRE

1. Objet du marché.....	3
2. Caractéristiques de l'équipement .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3. Prestations supplémentaires éventuelles (PSE) facultatives.....	5
4. Garantie .....	6
5. Formation à l'utilisation de l'appareillage.....	6
6. Livraison, vérification et admission de l'équipement.....	6
6.1 Adresse de livraison .....	6
6.2 Livraison, installation et mise en service de l'équipement .....	6
6.3 Vérification de l'aptitude au bon fonctionnement des équipements (VABF).....	7
6.4 Vérification de services régulier des équipements (VSR).....	7

## 1. Objet du marché

Le marché a pour objet l'achat d'un **système sous vide destiné aux dépôts de couches minces par pulvérisation plasma magnétron**. Grâce à la présence de trois magnétrons, il permettra de faire des dépôts de plusieurs éléments simultanément ou de manière séquentielle sous argon ou gaz réactifs. Avec ce nouveau dispositif, il sera possible de faire varier les caractéristiques des films synthétisés dans de larges gammes et notamment de contrôler leur morphologie, microstructure et composition. Le bâti sera conçu pour s'intégrer dans une salle blanche ISO7 et respecter un encombrement limité. Le bâti sera accessible aux personnels du laboratoire GREMI, aux étudiants ingénieurs de Polytech Orléans et sera également accessible à l'extérieur via des prestations.

## 2. Caractéristique de l'équipement

### 2.2. Généralité, contexte :

Au laboratoire GREMI, nous avons actuellement 7 bûts de pulvérisation magnétron dont un se trouve en salle blanche. Les six premiers bûts sont dédiés à la synthèse de couches minces et nanomatériaux complexes et à la caractérisation des mécanismes physico-chimique du procédé plasma. Le 7<sup>ème</sup> bâti est installé en salle blanche ISO7 depuis 12 ans et a été « simplifié » pour uniquement déposer des couches minces métalliques ou multimétalliques (mono ou multicouche) dans des conditions « simples ». Il est mutualisé à l'ensemble du laboratoire et est accessible à Polytech. L'objet de la présente demande est de renouveler ce bâti sous vide composé de 3 magnétrons circulaires 4 pouces d'un porte échantillon de 6 pouces. Un **appareil neuf, reconditionné ou de démonstration pourra convenir**.

### 2.2 Caractéristiques principales

Le bâti faisant l'objet de cette demande permettra de déposer des couches minces inorganiques (métallique ou céramique) pour un très large champ d'applications. Il sera constitué d'une enceinte principale de dépôt équipée de 3 cathodes de 4 pouces circulaires et d'un porte échantillon de 6 pouces et de générateurs de puissance DC dans sa configuration de base.

- Enceinte principale de forme parallélépipédique capable d'atteindre  **$10^{-8}$  mbar** avec pompe turbomoléculaire et pompe sèche. Pompage via by-pass ou en direct.
- **3 magnétrons circulaires 4 pouces** confocaux placés sur la paroi supérieure de l'enceinte avec la tête des magnétrons dirigée vers le bas,
- polarisés par **3 générateurs DC**.
- **Porte échantillon rotatif de 6 pouces** de diamètre.
- 3 entrées de gaz avec débitmètre calibré: **Ar, N<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>**.
- Porte de visualisation avant avec hublot protégé. Paroi latérale et inférieure avec piquage CF de différentes tailles.

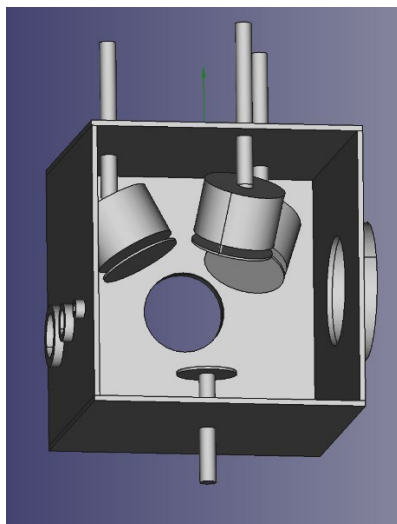


Figure 1 : Schéma de principe l'enceinte.

### 2.3. Caractéristiques détaillées de la « version de base »

#### *Enceinte parallélépipédique (de préférence)*

Cette enceinte (acier inoxydable 304L) de pulvérisation magnétron devra atteindre un vide de  **$10^{-8}$  mbar** en moins de 2 heures en partant de la pression atmosphérique et un vide de  $10^{-7}$  mbar en moins de 30 min grâce à un système de **pompage turbomoléculaire et pompe primaire sèche**. La pompe turbomoléculaire devra pouvoir être court-circuitée par un by-pass.

L'enceinte sera de forme rectangulaire et devra comporter une **large porte d'accès rapide** sur la paroi avant équipée d'un hublot et de son cache. Cette porte d'accès permettra un changement « aisé » des cibles sur les magnétrons et du substrat.

Le système devra comporter **deux jauges** différentes, une full range (combinée cathode froide / pirani par exemple) et une capacitive sur la gamme 0.0001 – 0.1 mbar. Cette dernière sera équipée d'une vanne d'isolement afin de la protéger des changements de pression rapide. Un contrôleur unique permettra la lecture de la pression dans l'enceinte.

Une **dizaine de piquages** (avec brides CF16, CF40 et CF63) sur les différentes parois de la chambre principale devront être présents pour des passages électriques ou autres éléments selon les besoins futurs.

Un liner intérieur pouvant être retiré facilement et nettoyé serait un plus.

Le tout devra être le **plus compact possible** afin de ne pas dépasser les 1.7m sur 1.2m de disponibles au sol.

#### *Gestion des gaz*

Les arrivées de gaz sur l'enceinte principale se feront via un passage d'un tube 6mm inox compatible aux raccords type swagelock. Le système devra être équipé de 3 débitmètres : Ar, N<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> (à priori 100, 20 et 20 sccm respectivement). La pression typique de dépôt sera comprise entre  $10^{-3}$  et  $10^{-2}$  mbar. Le dispositif devra pouvoir accueillir 2 lignes de gaz supplémentaires à l'avenir si nécessaire. Aucun système de régulation automatique de la pression est requis.

#### *Magnétrons*

Le système doit comporter trois magnétrons tournés vers le bas. Les magnétrons seront adaptés pour des cibles de taille **4 pouces à refroidissement par eau indirect**. Les cibles doivent pouvoir être changées sans coupure du circuit d'eau avec un système de clamping. La configuration magnétique des magnétrons doit être **équilibrée/balancée**. Un kit d'aimants non équilibrés devra être fourni. Les magnétrons devront être connectés électriquement via des fiches type N et pour le refroidissement via des tubes 6 mm souples. Deux magnétrons seront dédiés à des matériaux paramagnétique et un magnétron pourra accueillir des cibles magnétiques (par exemple du Nickel épaisseur 3 mm).

Chaque magnétron sera équipé d'un **cache individuel** contrôlé pneumatiquement ou manuellement permettant une pré-pulvérisation des cibles.

Ils devront également être adaptés aux équipements déjà en place: nous disposons d'un refroidissement par eau à 18°C avec un débit d'environ 6l/min et d'un départ en triphasé 32A avec vigi 30mA pour l'ensemble.

Le démontage de l'ensemble de la tête doit être aisé afin de faciliter les opérations de maintenance.

#### *Alimentations*

Le système devra avoir 3 **alimentations DC spécifiques et indépendantes pour les magnétrons (1 à 2 kW), à défaut au minimum 2**. Elles seront réglables en puissance, intensité ou courant selon besoin. Un pilotage par ordinateur serait apprécié. Les générateurs devront avoir un front panel de façon à être contrôlés sans ordinateur ci-besoin. (Logiciel fourni et/ou interface LABVIEW). Le fait de pouvoir pulsé ces générateurs pour la pulvérisation de cible céramique serait un plus.

#### *Porte échantillon 6 pouces*

Le système doit posséder un support pouvant accueillir des **substrats plans de 6 pouces** de diamètre. Le porte-échantillon doit pouvoir être animé d'un déplacement de quelques centimètres (<80mm) selon l'axe Z autour de la position centrale de focalisation des sources magnétrons. Ce déplacement pourra être réalisé au mieux sous vide (ou pire à la PA). Le porte échantillon doit pouvoir être **mis en rotation** selon l'axe Z de façon à avoir un dépôt homogène en épaisseur (tolérance 10% max sur 6 pouces) et composition. Un module électronique de contrôle et les différents câbles doivent être fournis pour la mise en rotation de la tête porte-échantillon (choix du mode de rotation, réglage de la vitesse, marche/arrêt).

Si exceptionnellement les magnétrons ne sont pas équipés de shutter/cache, un **dispositif de cache** doit être prévu pour protéger le substrat durant le pré-nettoyage de la surface des cibles magnétrons.

Les matériaux utilisés doivent être compatibles pour le vide secondaire.

L'ensemble des mouvements ou passages sous vide doit être compatible pour le vide secondaire (couplage magnétique par exemple).

### *Documentation*

Le fournisseur remettra la documentation au plus tard à la date de livraison de l'équipement. Si le document est rédigé dans une autre langue que le français, fournir obligatoirement une traduction en français ou en anglais. Elle comprendra au minimum le manuel d'installation et de maintenance ainsi que les plans détaillés 3D du système (version papier et numérique au format.stp (ou équivalent)).

### *Informatique et pilotage*

Aucun automate n'est requis. Cependant, les générateurs pourront être contrôlés par un ordinateur via un logiciel si nécessaire. La mesure de pression dans l'enceinte et les débits massiques de gaz pourront également être suivis via un logiciel approprié. L'ordinateur pourra être fourni. Le ou les logiciels de pilotage doivent être fournis et compatibles avec Windows 10 et 11. Toutes les données d'acquisition doivent pouvoir être exportées et visualisables sur les logiciels type Excel.

Pour l'ensemble du projet :

L'ensemble des modules électroniques ci-dessus doit être alimenté en 230V / 50Hz (compatible réseau électrique français).

## **3. Prestations supplémentaires éventuelles (PSE) obligatoire**

Des éléments supplémentaires seront ajoutés et budgétisés en option (non compris dans la version de base) notamment un système d'introduction d'échantillon, une polarisation RF/DC du porte substrat, un chauffage du substrat (jusqu'à 800°C), une micro-balance à quartz pour mesurer la vitesse de dépôt. **Bien qu'étant des prestations en option, le candidat est obligé de les chiffrer toutes et de les présenter toutes.**

**Prestations supplémentaires éventuelles N° 1 « porte échantillon chauffant » :** L'entreprise devra proposer un porte échantillon régulé en température jusqu'à 800°C sur un diamètre de 3 pouces minimale (au centre du porte échantillon de 6 pouces). L'équipement d'alimentation et contrôle devra être également fourni ainsi que les câbles. Le pilotage du chauffage pourra se faire manuellement (dispositif de type Eurotherm) et éventuellement via un ordinateur. Dans l'idéal, le chauffage devra pouvoir fonctionner en même temps que la rotation et la polarisation du porte substrat. Il devra être compatible avec une pression partielle d'oxygène de  $10^{-1}$  mbar.

**Prestation supplémentaire éventuelle N° 2 « polarisation » :** Le substrat pourra être polariser en DC ou RF pour notamment nettoyer la surface du substrat avant dépôt ou pour assister la croissance d'un bombardement ionique.

**Prestation supplémentaire éventuelle N° 3 « sas 4 pouces » :** L'entreprise devra proposer une solution de sas avec transfert d'échantillons de 4 pouces raccordé sur l'enceinte principale avec

transfert de substrat et vanne d'isolation permettant un transfert simple vers le porte substrat. Le sas devra avoir son propre système de pompage. L'ensemble du système devra toujours être compact, mais la canne pourra dépassée d'une dizaine de cm au-delà des 170 cm si nécessaires.

**Prestations supplémentaires éventuelles N° 4 « quartz »:** Une Microbalance à quartz devra être installée et fournie pour mesurer la vitesse de dépôt. Elle pourra être avancée au niveau du porte échantillon et sera rétractable pour la protéger lors des campagnes de dépôt. La microbalance sera de type Inficon ou équivalent afin de s'adapter au logiciel déjà présent au laboratoire (Inficon STM-2). Une dizaine de quartz de 6Mhz de remplacement devront également être fournis.

#### **4. Garantie**

Les fournitures doivent être garanties contre tout vice de fabrication, défaut de matière, à compter du jour de la réception.

Le titulaire s'engage à fournir tout au long de la durée du marché des produits conformes à son offre initiale.

La garantie couvre tout défaut de matériel ou logiciel dans le cadre d'une utilisation normale de l'instrument. Elle couvre également les écarts de performances aux spécifications annoncées par le fournisseur dans cette offre.

La durée de garantie de **l'équipement devra être de 2 ans minimum gratuite**, à compter de la vérification du service régulier(VSR).

Le soumissionnaire proposera au minimum une garantie de l'équipement deux années pièces et main d'œuvre.

Néanmoins, le prestataire peut proposer une garantie complémentaire « gratuite » supérieure dans son offre en le mentionnant dans le cadre de réponses économiques (CRE) dans les prestations supplémentaires éventuelles (PSE). Cette proposition sera valorisée lors de l'analyse des offres.

#### **5. Formation à l'utilisation de l'appareillage**

Sans objet.

#### **6. Livraison, vérification et admission de l'équipement**

##### **6.1 Adresse de livraison**

La procédure d'acheminement sera à la charge et sous la responsabilité du fournisseur. L'appareil sera livré au

GREMI  
14 rue d'Issoudun BP 6744  
45067 Orléans Cedex 2

##### **6.2 Livraison, installation et mise en service de l'équipement**

L'installateur s'engage à respecter les règles de bon usage et de sécurité en vigueur dans l'établissement d'accueil.

Le soumissionnaire précisera les délais de livraison, d'installation et de mise en service de ces équipements. **Le candidat devra donner son délai de livraison, dans la limite maximale de neuf mois à compter de la notification du marché.**

Le soumissionnaire installera le matériel dans les locaux du GREMI et vérifiera le bon fonctionnement de l'ensemble des appareillages. Le coût de l'installation devra être inclus dans l'offre. Tout le matériel nécessaire à l'installation devra être fourni.

Les risques afférents au transport et à la livraison des équipements sont à la charge du titulaire. La récupération des emballages relatifs aux matériels livrés est à la charge du titulaire.

Le titulaire est tenu de reprendre les emballages que les services prescripteurs ne souhaitent pas conserver (caisses volumineuses, gros cartons, emballages antichocs imposants...).

### **6.3 Vérification de l'aptitude au bon fonctionnement des équipements (VABF)**

La VABF a pour but de constater que le matériel livré présente les caractéristiques techniques qui le rende apte à remplir les fonctions précisées dans le cahier des charges et dans la réponse du titulaire.

Le CNRS vérifie les performances principales du matériel et procède le cas échéant, aux réglages nécessaires.

Il appartient au CNRS de prendre toutes les mesures nécessaires pour que les tests soient effectifs dans un délai de 15 jours maximum à compter de la date contractuelle de la livraison et de la réception.

### **6.4 Vérification de services régulier des équipements (VSR)**

La VSR a pour but de constater que l'ensemble des équipements livrés sont capables d'assurer un service régulier dans les conditions normales d'exploitation pour remplir les fonctions précisées dans le cahier des charges et dans la réponse du titulaire.

Cette vérification sera effectuée dans un délai de 30 jours maximum à compter de la vérification d'aptitude au bon fonctionnement.

Le titulaire doit prendre toutes les dispositions en matière d'emballage et de conditionnement pour que les fournitures soient correctement protégées des avaries. Il devra acheminer les fournitures livrées jusqu'au lieu d'installation indiqué sur le bon de commande.

### **6.5 Développement durable**

Dans le cadre des considérations environnementales, le titulaire devra présenter des emballages optimisés (volume, poids) et si possible fabriqués à partir de matériaux recyclables (carton PEFC...). Il sera apprécié de savoir réutilisés les caisses et emballages antichocs.