



r

Acheteur public : CNRS Délégation Régionale Hauts-de-France

Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)

Numéro de la consultation :

Objet de la consultation : Acquisition, livraison, installation et mise en service d'un système de séchage par CO₂ à l'état supercritique pour la réalisation des composants micro-nanoélectronique du type MEMS/NEMS pour le laboratoire IEMN

Procédure de passation : Appel d'offres ouvert



Table de matière

1.	Contexte et objet de l'achat	3
2.	Livraison	3
3.	Sécurité d'utilisation de l'équipement	5
4.	Sécheur	5
4.1.	La chambre de séchage	5
4.2.	Procédés. Modes de fonctionnement	6
4.3.	Gaz process	6
5.	L'interface Homme – Machine. Logiciel du réacteur	6
6.	Pieces détachées et consommables	7
7.	Réception	7
8.	Formation	8
9.	Garanties & SAV	8
10.	Documents à fournir	8
11.	Aspect Environnemental	9
12.	Rappel des prestations supplémentaires éventuelles	9



1. Objet du lot et contexte d'achat

L'Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie (I.E.M.N.) est une unité mixte de recherche UMR8520 entre le C.N.R.S et les établissements d'enseignement supérieur: l'Université de Lille (ULille), l'Université Polytechnique Hauts-de-France (UPHF), l'Ecole d'Ingénieurs JUNIA-ISEN et l'Ecole Centrale de Lille (ECL). Le laboratoire compte environ 450 personnes. Les équipements technologiques du laboratoire sont regroupés dans la Centrale de Micro- NanoFabrication (CMNF) constituée d'une salle blanche de 1600 m² (ISO6). Ils permettent de mettre en œuvre les procédés de fabrication complets des systèmes micro/nanoélectroniques. La centrale fait partie du réseau RENATECH qui regroupe cinq plateformes technologiques académiques françaises.

Dans le cadre de ces nombreux projets de recherche, l'IEMN travaille depuis 30 ans sur l'élaboration des composants micro/nano- électronique à base du Silicium : MEMS, NEMS, MOEMS. Cette activité est en croissance constante. La fabrication de ce type de composants implique l'utilisation de la technique de séchage des MEMS/NEMS par CO₂ à l'état supercritique, notamment après l'étape de la libération des structures suspendues, réalisées par la gravure humide, afin d'éviter les phénomènes de striction.

Actuellement l'IEMN ne possède plus de réacteur de sécheur supercritique par CO₂. Par conséquent, l'IEMN souhaite acquérir un nouveau réacteur.

2. Livraison

L'équipement est à livrer à l'adresse suivante :

IEMN

Cité Scientifique

Avenue Poincaré

CS 60069

59652 Villeneuve d'Ascq Cedex

France

La livraison s'effectue au rez-de-chaussée. Le déchargement du camion est à la charge du candidat.



L'IEMN possède un quai de déchargement avec un seuil de 10 cm de hauteur environ par rapport au niveau de sol. Le titulaire doit prévoir les moyens adaptés : camion équipé d'un hayon, transpalettes ou chariot élévateur du type « Fenwick ».

Avant la livraison, le candidat pourra effectuer les visites de pré-installation, dont les dates et fréquences seront définies en accord avec l'IEMN. Il déterminera les moyens à mettre en œuvre pour le déchargement de l'équipement et de ses accessoires ainsi que le transfert vers les locaux prévus pour accueillir l'équipement.

L'équipement est à installer dans la salle blanche située au rez-de-chaussée de l'IEMN.

La salle blanche est de qualité ISO6.

L'équipement de séchage sera installé entièrement en salle blanche, la bouteille de LCO₂ (CO₂ liquide) sera placée dans une armoire à gaz en doigt gris adjacente à la salle (12m -15m).

Le candidat remet à l'appui de son offre un document d'installation qui détaille *a minima* :

- Encombrement de l'équipement : dimensions en mm, plan coté ;
- Environnement requis : empoussièrement, hygrométrie, vibrations, extractions à prévoir, etc. ;
- Nature du sol : résistance requise par rapport à la masse de la machine, planéité ;
- Electricité : tension, puissance, caractéristiques du transformateur d'alimentation si fourni par le titulaire ;
- Pneumatique (air comprimé : pression (7 bars maximum disponibles dans les locaux), qualité) ;
- Fluides : type, pression, débit, température, besoins en eau de refroidissement ;
- Gaz : type, pression, qualité ;
- Contre-indications d'installation, nuisances apportées par l'équipement.

Le candidat doit remettre à l'IEMN le document d'installation définitif au plus tard 1 mois à compter de la notification du marché. En effet, avant la livraison de l'équipement sur site par le candidat, l'IEMN réalise les travaux nécessaires de pré-raccordement de l'équipement sur la base du document d'installation définitif remis par le candidat. À l'issue de l'installation de l'équipement par le candidat dans le local dédié, l'IEMN effectue le raccordement final des servitudes (gaz, eau et alimentation électrique générale).



3. Sécurité d'utilisation de l'équipement

L'équipement de séchage doit être sécurisé afin d'éviter tout incident ou accident lié à :

- L'utilisation de gaz présentant un quelconque danger ;
- L'utilisation de haute pression.

L'équipement doit avoir une certification CE, être conforme aux normes électriques CEE et CEM et être aux normes françaises. L'appareil doit pouvoir être connecté au réseau électrique monophasé (230 V 50 Hz) ou triphasé (400V 50 Hz) ; si l'équipement n'est pas équipé pour ces tensions, le candidat doit fournir le transformateur adapté. Le régime de neutre est neutre à la terre.

4. Sécheur

L'équipement de séchage par CO₂ supercritique devra obligatoirement être neuf et capable de traiter des substrats de taille variable, depuis le morceau de quelques dizaines de mm² jusqu'au wafer 6 pouces, et jusqu'à 5 wafers par cycle de séchage. L'équipement sera fourni avec tous les kits et accessoires nécessaires à la réalisation de ces conditions.

Une attention particulière sera portée à la volonté d'obtenir une machine basse consommation de CO₂. Pour cela, en cas d'utilisation de substrats pour des tailles inférieures à la taille nominale de la chambre, des inserts seront fournis afin de limiter la consommation de CO₂.

4.1. La chambre de séchage

L'IEMN privilégiera un réacteur dépourvu du sas d'introduction. L'échantillon sera placé directement dans la chambre de séchage.

L'équipement devra comporter une chambre sous pression intégrée sur un cabinet.

L'équipement recherché doit être compatible avec les contraintes de faible contamination requises pour une salle blanche du type microélectronique. L'équipement devra contenir un système de filtration permettant d'éliminer au moins 99% des particules de plus de 0,5 µm avant que le CO₂ liquide entre dans la chambre où l'échantillon est présent.

En complément, la conception de la chambre devra filtrer dans le CO₂ circulant les particules de 100 nanomètres ou de dimension inférieure.



L'équipement devra offrir un mode de remplissage permettant de limiter le mouvement et le retournement d'échantillons dans la chambre. Ces échantillons très fragiles sont par exemple des membranes nanométriques, ou des nanofils.

Le matériau de la chambre doit être compatible avec la pression et le CO₂.

Le système de fermeture du couvercle doit assurer l'étanchéité de la chambre. Le système de fermeture/ouverture doit être suffisamment robuste afin d'éviter toute déformation lors de plusieurs cycles de fermeture/ouverture par jour et supporter la température de chauffage de la chambre.

L'échantillon dans la chambre de séchage sera placé de préférence sur un support adapté aux différentes tailles d'échantillons (des morceaux au wafer complet de 150 mm) et amovible afin qu'il puisse être facilement nettoyé. Le candidat décrira les recommandations de nettoyage.

L'équipement doit pouvoir effectuer le séchage sur plusieurs wafers de 150 mm de diamètre en un seul 'run'.

Les supports de wafers devront être compatibles avec une immersion dans une solution d'acide fluorhydrique 1% à 50%.

Le candidat décrira en détail les divers éléments de l'équipement (liste non exhaustive, tout élément supplémentaire jugé utile par le candidat doit être mentionné) :

- le système de chauffage des parois de la chambre ;
- la gamme des températures nécessaires pour les procédés ;
- le moyen de mesure de la température de la chambre (thermocouple, optique, etc.) ;
- la gamme de pression nécessaire pour les procédés ;
- le moyen de mesure de la pression de la chambre ainsi que sa précision ;
- le système d'injection du CO₂ et de purge/ventilation.

Compte tenu de la place disponible dans la salle blanche de l'IEMN, chacune des dimensions du cabinet devra respecter les contraintes suivantes :

- largeur inférieure à 100 cm ;
- profondeur inférieure à 100 cm ;
- hauteur inférieure à 150cm.



4.2. Procédés. Modes de fonctionnement

Le réacteur doit pouvoir fonctionner avec différents modes de séchage : automatique ou recette personnalisée.

Le contrôle de la température et de la pression sera fait *via* un écran.

4.3. Gaz process

L'IEMN raccordera le réacteur à une bouteille de CO₂. La bouteille doit être installée à l'intérieur d'une armoire à gaz dans le doigt gris. Celle-ci se situe à environ 12 mètres de l'implantation du sécheur. Le tuyau de connexion du gaz CO₂ sera proposé avec l'équipement. Le candidat nous conseillera sur le format/taille/type de bouteille CO₂, ainsi que sur la pureté du gaz.

Afin de surveiller la quantité de CO₂ liquide (LCO₂) restant dans la bouteille, une balance avec affichage numérique sera également proposée avec l'équipement.

5. L'interface Homme - Machine

L'interface devra :

- Proposer l'Anglais et /ou le Français comme langue d'interface ;
- Piloter et afficher en temps réel toutes les valeurs de consignes et mesurer de façon numérique ou analogique (pression, températures, temps de séchage, etc.) ;
- Donner la possibilité de modifier des recettes ;
- Enregistrer automatiquement tous les paramètres des procédés ;
- Accéder à l'historique des procédés précédents.

La mise à jour de l'interface de contrôle et de pilotage se fera à titre gracieux au moins pendant la période de garantie.



6. Pièces détachées, consommables

Le candidat donnera la liste des pièces consommables avec leurs prix et les fréquences de leurs remplacements. Cette liste peut être proposée sous forme du kit de consommables annuel (PSE n°1 facultative).

7. Réception

La réception finale de l'équipement aura lieu après la livraison, installation et connexion du réacteur à l'IEMN en présence du représentant du titulaire et le personnel de l'IEMN.

Les paramètres suivants seront contrôlés :

- Régularisation/stabilisation des températures (bouteille LCO₂, enceinte, jauges, etc.) ;
- Régularisation/stabilisation de la pression du CO₂ ;
- Tests des différents modes de séchage sans échantillon ;
- Test de l'interface Homme – Machine ;
- Test des boutons d'arrêt d'urgence ;
- Arrêt/démarrage de l'équipement ;
- Tests de séchage sans échantillon ;
- Tests de séchage avec échantillons (wafer Silicium).

Concernant les tests de séchage avec échantillons (wafer Silicium) : ce wafer aura une dimension de au moins 3 pouces. Il comportera des micro-poutres en silicium de dimensions (Longueur L, Largeur W, épaisseur T) :

- (L/W/T) = (200/5/0.2) μm ;
- (L/W/T) = (100/5/0.2) μm ;
- (L/W/T) = (100/10/0.2) μm .

Ces poutres auront été préalablement définies par lithographie et gravées par le laboratoire IEMN de telle sorte qu'elles soient encastrées-libres après leur libération. Elles reposent sur un oxyde de silicium d'épaisseur 2 microns. Le jour de la réception, l'IEMN procédera à la gravure de l'oxyde, puis au séchage supercritique au moyen de l'équipement, puis à une analyse par Microscope Electronique à Balayage (MEB). Le critère de réussite n'est qu'aucune de ces poutres ne soit collée au substrat à l'issue du procédé effectué sur l'équipement.



À l'issue de tous ces tests, le représentant du titulaire établira le rapport détaillé contenant les paramètres contrôlés (consignes et mesures), les graphiques et les photos présentant les résultats de séchage, les conclusions et les recommandations.

Si lors de la visite de réception, les tests ne sont pas concluants, une deuxième visite sera effectuée dans un délai maximum de 15 jours après la première visite. En cas de contre-visite, les frais de déplacement et de séjour seront pris en charge par le titulaire.

8. Formation

La formation des utilisateurs de IEMN aura lieu après la réception définitive, d'une durée minimum de 1 jour pour 5 personnes maximum. Elle portera sur l'utilisation de l'équipement, procédés de séchages et sur sa maintenance de base.

9. Garanties & SAV

La période de garantie débute après la réception finale de l'équipement et la formation du personnel de IEMN. La période de garantie devra être d'une durée minimum de deux ans.

Elle comprendra la main d'œuvre, les frais de déplacement et de séjour. La garantie couvrira la totalité de l'équipement et de ses accessoires à compter de la date de la réception finale. Toutes les pièces défectueuses devront être remplacées à titre gracieux pendant la période de garantie.

Pendant la garantie, le temps de réponse du support à distance (téléphone, mail, etc.) devra être inférieur à 48h et le temps d'intervention sur site de l'IEMN devra être inférieur à 5 jours ouvrés. Hors garantie, le temps d'intervention sur site devra être de 7 jours ouvrés maximum.

Afin d'apprécier la qualité de service, le candidat devra mentionner le nombre d'ingénieurs '*field engineers*' dont il dispose pour la maintenance du réacteur ainsi que leurs localisations. Il décrira aussi le service R&D (Recherche et Développement) mis à disposition pour la mise au point des procédés de séchage. Le candidat garantira l'accompagnement de l'IEMN pour le développement des recettes de séchage.

Le candidat proposera également en PSE facultative un contrat de maintenance qui pourra succéder à la période de garantie. Le contrat inclura la maintenance préventive annuelle, le kit des pièces pour la "Préventive Maintenance" la main d'œuvre et les frais de déplacement. Le candidat estimera dans son dossier de candidature le nombre des visites « curatives » en cas de pannes à l'issue de la période de garantie. Le contrat sera proposé pour une durée d'un (1) et deux (2) ans (cf. PSE n°2, PSE n°3).



10. Documents à fournir

Le titulaire fournit en français et/ou en anglais les documentations suivantes :

- Documentation technique de l'équipement ;
- Consignes de sécurité ;
- Plans mécaniques ;
- Schémas électriques ;
- Les supports de formation à l'utilisation et à la maintenance.

11. Aspect Environnemental

Le candidat doit fournir les données concernant la consommation électrique, indiquer la présence des options de gestion de consommation électrique (par exemple, la possibilité de mettre l'équipement en mode « Energy save » ou « Green » quand celui-ci n'est pas utilisé).

Le titulaire nous informera sur la possibilité de récupération/retraitement des pièces consommables.

12. Rappel des prestations supplémentaires éventuelles

Dans le cadre de la présente consultation, les prestations éventuelles suivantes (PSE) sont demandées :

- **PSE n°1** (facultative) : kit de consommables annuel ;
- **PSE n°2** (facultative) : Contrat de maintenance d'une (1) année à l'issue de la période de garantie ;
- **PSE n°3** (facultative) : Contrat de maintenance de deux (2) années à l'issue de la période de garantie.

La réponse aux PSE est facultative.