



# **CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES**

## Objet du marché

**ACQUISITION, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE D'UN SYSTEME  
D'ALIGNEMENT ET D'INSOLATION SANS MASQUE POUR LE CENTRE DE  
NANOSCIENCES ET DE NANOTECHNOLOGIES**

## Table des matières

<b>I</b>	<b>- INTRODUCTION : PRESENTATION DU PROJET .....</b>	<b>3</b>
	PREAMBULE.....	3
	1 CONTEXTE GENERAL – ENJEUX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES .....	3
	2 UTILISATION DU MATERIEL.....	4
<b>II</b>	<b>- DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT A FOURNIR.....</b>	<b>4</b>
	CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'EQUIPEMENT.....	4
	<i>Tableau des caractéristiques obligatoires</i> .....	4
	<i>Tableau des Performances obligatoires</i> .....	6
<b>III</b>	<b>- TESTS EN USINE.....</b>	<b>6</b>
<b>IV</b>	<b>- AUTRES MODALITES .....</b>	<b>7</b>
	1. DOCUMENTATION .....	7
	2. MODALITES DE LIVRAISON, RECEPTION, INSTALLATION.....	7
	2.1. <i>Livraison</i> .....	7
	2.2. <i>Installation</i> .....	8
	3. FORMATION .....	8
	4. ADMISSION.....	9
	5. MESURES DE SECURITE ET RESPECT DE LA LEGISLATION EN VIGUEUR.....	9
	5.1. <i>Conception</i> .....	9
	5.2. <i>Sécurité générale</i> .....	9
	5.3. <i>Installation de l'équipement</i> .....	9
<b>V</b>	<b>I - INFORMATIONS DIVERSES .....</b>	<b>10</b>
<b>VI</b>	<b>- Annexes.....</b>	<b>10</b>

# I - INTRODUCTION : PRESENTATION DU PROJET

## PREAMBULE

Le **Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)**, résultant de la fusion de l'IEF d'Orsay et du LPN de Marcoussis en 2016, est désormais installé sur le plateau de Saclay. Sa vocation première est l'avancement coordonné de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée, tant pour les recherches internes au laboratoire que pour celles développées en partenariat avec d'autres laboratoires publics ou privés, en s'appuyant sur l'exploitation et le développement de ses compétences technologiques.

Nœud francilien du réseau national des grandes centrales de technologie, le C2N doit sans cesse renouveler ses anciens équipements pour rester compétitif dans le domaine des nanotechnologies. Ces équipements seront ouverts non seulement aux personnels du C2N mais aussi à toute la communauté scientifique française.

## 1 CONTEXTE GENERAL – ENJEUX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

La Centrale de Technologie du C2N sur le site de Palaiseau, dispose d'un ensemble de salles propres de plus de 2900 m<sup>2</sup>, où convergent plus de 300 utilisateurs de machines de dépôts, d'épitaxie, de lithographie, de microscopie et de gravure. Parmi les nombreux équipements de ce laboratoire, se trouve dans la salle blanche et plus précisément dans **l'espace formation universitaire et permanente en micro-nanotechnologies (d'une surface de 170 m<sup>2</sup>) un équipement de gravure plasma, pris en charge par la ressource gravure sèche. Pour rappel, le C2N est largement impliqué dans les filières de la L3 au Master de l'Université Paris-Saclay, qu'il s'agisse des formations universitaires (UFR, IUT) ou des écoles d'ingénieur (ENS, Centrale Supélec, Polytech Paris-Saclay)**

Dans le cadre du réseau national de centrales de technologie RENATECH, une des principales missions du C2N est de doter la région Ile de France, de moyens de nanofabrication de niveau international aussi bien en termes de technicité que de par leur caractère innovant. Les avancées scientifiques actuelles en nanophysique, sciences de l'ingénieur, chimie ou biologie demandent des moyens d'élaboration toujours plus sophistiqués. Parmi toutes les techniques de lithographie disponibles, une des techniques les plus versatiles et des plus rapide pour la réalisation de structures à l'échelle sub-micrométrique est la lithographie laser. **La formation des nouvelles générations de techniciens/ingénieurs/chercheurs sur ces équipements les plus récent est nécessaire et c'est ce qui justifie cet investissement à vocation pédagogique.**

Les équipements les plus récents, dénommés « aligneur et insolation sans masque », apportent non seulement une amélioration en termes de résolution (moins de 600 nm en lignes isolées), que de vitesse d'écriture (jusqu'à 1100mm<sup>2</sup>/min) ou encore de facilité l'utilisation avec des logiciels conviviaux ouvrant ainsi l'accès au plus grand nombre. A titre d'exemple, le nouvel aligneur sans masque de l'Université de Besançon est utilisé par plus de 50 personnes (étudiants, post-doctorants, chercheurs et ingénieurs).

Certains systèmes de lithographie offrent également la possibilité d'écrire suivant la troisième dimension (déplacement en Z variable sur 10 mm), permettant ainsi l'écriture sur des échantillons de forme non-planaire ou la création de structure 3D dans un matériau photosensible. Cette innovation technique apporte une ouverture pour de nouveaux champs d'applications.

Ce nouvel « aligneur et insolation sans masque », équipé de toutes ces différentes fonctionnalités permettra de renforcer l'offre en lithographie du C2N.

Cet équipement permettra d'offrir à une vaste communauté un accès à l'écriture directe de grande qualité. La combinaison des compétences pointues des ingénieurs du C2N en lithographie optique et de l'expertise technologique du laboratoire offriront aux utilisateurs un support précieux aux projets scientifiques de la communauté nationale.

## **2 UTILISATION DU MATERIEL**

Le système d'alignement et d'insolation sans masque aura une double vocation.

D'une part, il sera exploité pour la formation et la réalisation de séance de Travaux Pratique afin de (i) former à la technique elle-même et sa mise en œuvre mais également (ii) pour l'écriture directe de niveaux de lithographie pour la réalisation de dispositifs afin d'initier les personnes formées aux procédés de micro-fabrication et la caractérisation des dispositifs ainsi élaborés. La finesse d'écriture, la précision d'alignement et la vitesse d'écriture ouvrent à la réalisation de structures jusque-là non réalisable dans la zone dédiée à la formation.

D'autre part, il permettra la réalisation de composants variés pour le C2N, les laboratoires académiques et les industriels. Cet équipement sera principalement utilisé pour le prototypage de dispositifs sur des échantillons de tailles, formes, d'épaisseurs et de matériaux très variés. Les substrats utilisés pourront être rigides ou flexibles, opaques ou transparents (tranches de Si, Saphir, verre, LNO, Kapton, ...)

Les objectifs attendus pour ces équipements sont :

- Résolution inférieure ou égale à 0,8 micromètres (2micron en UV actuellement au C2N).
- Vitesse d'écriture d'au minimum de 10mm<sup>2</sup>/min pour une résolution inférieure ou égale à 1 µm

## **II - DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT A FOURNIR**

Le matériel à fournir est un appareil neuf d'alignement et d'insolation en écriture directe possédant les spécifications détaillées dans les paragraphes suivants (tous les composants de l'équipement seront neufs).

En tranche optionnelle, il est demandé de chiffrer un coût annule de maintenance préventive de l'équipement.

### **CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'EQUIPEMENT**

Ci-dessous, figurent deux tableaux où sont décrites les caractéristiques auxquelles devront obligatoirement répondre l'équipement proposé.

#### *TABLEAU DES CARACTERISTIQUES OBLIGATOIRES*

	Dénomination	Détails
1	Zone d'écriture	Écriture de motifs sur l'ensemble de la surface d'un substrat jusqu'à 100 mm de côté sans déplacement manuel du substrat.
2	Géométrie admissible des échantillons	L'équipement doit accepter des géométries variées d'échantillons telles que : -Masque carrés de 5 pouces -Substrat circulaire standard (1 à 4 pouces) -Substrat de 5x5mm de côté -Substrat d'épaisseurs pouvant aller jusqu'à 12 mm.
3	Focalisation automatique	Pour des échantillons plans, le système doit pouvoir mesurer automatiquement, sur la zone d'écriture, la hauteur de travail. Le système doit permettre l'écriture sur des échantillons dont la surface varie en hauteur (en Z) jusqu'à 150µm de manière à compenser les variations de hauteur de l'échantillon et ce quel que soit la nature du matériau
4	Écriture directe	Le système doit permettre l'écriture dans des résines photosensibles classiques de 1µm d'épaisseur jusqu'à des épaisseurs pouvant atteindre 150µm (exemple, AZ4562, NLOF2070 et SU8-2100) Le système devra permettre la fabrication de dispositifs en niveaux de gris jusqu'à 128 niveaux de gris Dans le cas des composants non planaires dont les différences de hauteurs peuvent atteindre 150µm il devra être possible de pouvoir faire une lithographie à distance variable de la surface et ceci sans rajout de marques à la surface du l'échantillon Il devra être possible d'ajouter des motifs de moins de 100µm sur des substrats déjà lithographiés pour compléter ou corriger le motif existant sans marques d'alignement ni préparation de nouveau fichier gds
5	Positionnement	L'équipement sera doté d'un système de mesure de positionnement non destructeur permettant les alignements et repositionnements avec une précision plus petite ou égale à 500nm
6	Systèmes d'imageries	Le système de vision doit permettre de trouver facilement les éléments d'alignement, grands et petits (1µm). Le système d'imagerie devra permettre d'aligner 2 niveaux en face avant avec une précision plus petite ou égale à 500 nm (ou mieux) .
7	Logiciel	Un ordinateur sera fourni et équipé du logiciel de préparation qui devra lire le format GDS et être un outil

		<p>facile à prendre en main avec une interface graphique conviviale. Il devra également permettre un mode d'ajout et de positionnement visuel de motifs simples (rectangle, lettre chiffre...).</p> <p>Il sera multi-utilisateur et permettra également la gestion de différents niveaux d'accès</p> <p>Le logiciel d'installation de l'interface informatique sera à fournir avec l'équipement (CD, clef usb...)</p> <p>Les modifications software (upgrade, nouvelles versions, correction de bugs...) seront installées gratuitement pendant au moins 2 ans</p>
--	--	--

#### TABLEAU DES PERFORMANCES OBLIGATOIRES

Le tableau ci-dessous rassemble toutes les performances auxquelles l'équipement devra obligatoirement répondre à minima.

	Dénomination	Détails
1	Performance résolution	L'équipement devra être à même d'écrire des motifs de taille inférieure ou égale à 0,8 $\mu\text{m}$ .
2	Performance intervalles	L'équipement devra pouvoir écrire deux motifs avec un intervalle inférieur ou égal à 1 $\mu\text{m}$ .
3	Performance vitesse d'écriture	La vitesse d'écriture de l'équipement devra être supérieure ou égale à 10 $\text{mm}^2$ par min pour une résolution inférieure ou égale à 1 $\mu\text{m}$ .
4	Performance alignement en face avant	L'équipement devra pouvoir aligner deux motifs de la face avant avec une précision inférieure ou égale à 1 $\mu\text{m}$ .
5	Performance source	La durée de vie de la source lumineuse sera au minimum de 10000 heures de fonctionnement à 8W.

### III - TESTS

L'objectif de ces tests est de vérifier que les performances obligatoires sont bien atteintes (excepté la durée de vie). Les tests suivants seront réalisés lors de la phase de sélection :

- 1 Un test d'écriture lié à la résolution et à l'alignement des motifs. Ce test sera réalisé sur substrat silicium de diamètre 2 pouces enduit de résine AZ1512 de 1,2 $\mu\text{m}$  d'épaisseur avec alignement consistant en l'écriture d'un second niveau sur l'empreinte d'un premier
- 2 Un 2<sup>nd</sup> test d'écriture lié à la résolution des motifs. Ce test sera réalisé sur substrat silicium de

diamètre 2 pouces enduit de résine S1805 de 0,5 µm d'épaisseur.

- 3 Un test d'écriture sur une résine épaisse SU8 pour valider l'usage de cette résine sur un échantillon 2 pouces silicium.

Pour ces tests, les échantillons avec la résine et les fichiers d'insolation seront fournis par le C2N. L'ensemble de ces tests seront consignés sur un procès-verbal et donneront lieu à une note prise en compte dans le choix final.

## IV- AUTRES MODALITES

### 1. DOCUMENTATION

Les documentations techniques suivantes devront être fournies à la livraison :

- Notice d'utilisation.
- Guide de maintenance.

Tous les documents associés à l'équipement seront fournis par le fabricant en langue française : notice d'instruction, documentation technique, etc. La notice d'utilisation devra permettre à l'utilisateur d'utiliser sa machine compte tenu des conditions définies par le constructeur et de prendre les mesures nécessaires pour que la mise en service, l'utilisation, la manutention, l'installation, le montage, le démontage, le réglage et la maintenance puissent s'effectuer sans risque.

Elle précise notamment les limites d'utilisation et les contre-indications d'emploi. Elle doit comprendre les plans et schémas nécessaires pour que toutes les opérations de mise en service, d'entretien, de vérification et de réparation puissent s'effectuer de façon sûre. Elle doit si nécessaire donner des informations telles que des instructions d'apprentissage, les caractéristiques des outils, les prescriptions de montage pour diminuer le bruit et les vibrations...

### 2. MODALITES DE LIVRAISON, RECEPTION, INSTALLATION, MISE EN SERVICE

#### • LIVRAISON

L'équipement sera livré par le titulaire au plus tard **9 mois** après la notification du marché. Les frais d'expédition et d'assurance seront à la charge du titulaire.

L'équipement est destiné à être installé dans les salles propres du C2N, salles d'une superficie de 2900 m<sup>2</sup> et situées au rez-de-chaussée haut du bâtiment, à l'adresse 10 Boulevard thomas Gobert, 91120 PALAISEAU.

Le déchargement du camion de livraison sera à la charge du Titulaire et comme il n'y a pas de quai de déchargement, celui-ci devra prévoir les moyens adaptés (ex : camion avec hayon, chariot élévateur...). Il devra également prévoir tous les moyens de levage nécessaires à la manutention de l'équipement.

Pour accéder au RDC haut, le Titulaire pourra utiliser un monte-charge, situé à une dizaine de mètres de l'extérieur. Les caractéristiques de ce monte-charge sont : cabine lxhxp=1,8 m X 2,4 m X 2,55 m, portes lxp=1,8 m X 2,4 m, charge nominale 2500 kg.

Le C2N ne pourra pas être rendu responsable si les dimensions de l'équipement ne permettent pas sa mise en place jusqu'à l'emplacement désigné.

- *INSTALLATION, MISE EN SERVICE*

L'équipement sera installé et mis en service par le titulaire au plus tard **10 mois** après la notification du marché. Le délai maximum d'installation et de mise en service est de 1 mois à compter de la date de livraison de l'équipement sur site.

L'implantation de l'équipement doit avoir lieu en Salle Blanche du C2N, dans la zone Enseignement dédiée à la lithographie UV des salles blanches du C2N, comme indiqué en **Annexe**. Le titulaire pourra effectuer une visite de **pré-installation** définie en accord avec le C2N. Le titulaire fera les contrôles nécessaires afin de vérifier que les locaux destinés à accueillir l'équipement sont adaptés et conformes aux prescriptions pour l'installation qui seront à fournir avec l'offre (surfaces au sol, fluides d'alimentation, raccordements aux fluides et à l'électricité ...). Les paramètres de régulation de la salle sont : Température :  $21 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  et Hygrométrie : 35 à 50%HR.

Dans l'ensemble des salles un faux plancher d'un mètre (1m) de profondeur pourra être utilisé pour le passage des câbles, tuyaux de pompage et refroidissement ainsi que pour l'installation de chemins de câbles. Le titulaire devra s'assurer que la longueur des câbles reliant les différents éléments est suffisante pour l'installation de l'équipement au C2N. De l'air comprimé ( $\leq 8$  bars) ainsi que de l'azote ( $\leq 6$  bars) sont disponibles. Le Titulaire fournira, préalablement à la livraison, la liste des besoins nécessaires pour prévoir des modifications éventuelles. En cas d'omissions ou d'erreurs de la part du titulaire sur ses attentes nécessaires sur l'installation des équipements transmissent dans son offre, les travaux d'adaptation seront à sa charge.

### 3. FORMATION

La formation des utilisateurs du C2N doit être assurée à la suite de l'installation et de la mise en service de l'équipement dans un délai maximum de 1 mois. Cette formation aura pour objectif l'acquisition des connaissances relatives aux procédures élémentaires d'utilisation, de maintenances élémentaires et de sécurité du matériel.

Cette formation à la charge du titulaire sera effectuée à l'issue de la mise en service de l'instrument sur le site de l'installation. Elle comprendra l'apprentissage des logiciels de pilotage et de traitement des données ainsi que des maintenances de base pour les personnels en charge de l'équipement.

Cette formation sera prévue pour 5 personnes qui devront être autonomes sur l'équipement à son issue.

A l'issue de la mise en service et formation, un procès-Verbal sera établi par le C2N

### 4. ADMISSION

L'admission définitive de l'équipement est effectuée après formation des personnels du C2N et à l'issue des opérations de vérification sur le l'équipement dans un délai de 1 mois.

Les tests de performances de l'équipement décrits au paragraphe Tests seront de nouveau réalisés lors de cette étape d'admission sur le site du C2N Palaiseau.

Un procès-verbal d'admission sera prononcé après formation des personnels du C2N et à l'issue des



opérations de vérification si l'équipement répond aux critères de réception.

Le C2N organisera une vérification de la conformité réglementaire de l'équipement par un organisme habilité. Les modifications éventuellement nécessaires pour mettre l'équipement en conformité seront à la charge du titulaire.

## **5. MESURES DE SECURITE ET RESPECT DE LA LEGISLATION EN VIGUEUR**

### **• CONCEPTION**

La garantie attendue sur cet équipement doit être de 24 mois minimum à partir de la date de la validation indiquée sur la décision d'admission des prestations (formulaire CERFA EXE3).

L'équipement sera conforme à la réglementation en vigueur, et notamment à la directive Machines 2006/42/CE.

La conformité à la réglementation sera attestée par le constructeur à l'aide de la déclaration CE de conformité et du marquage CE apposé sur la machine.

Le titulaire prendra entre autres toutes les mesures nécessaires pour réduire les risques à la conception de l'équipement (principe de la sécurité intrinsèque), et intégrera les protections nécessaires à la sécurité des personnes en termes de protection collective. Tous les risques seront symbolisés par des pictogrammes conformes à la norme ISO EN7010. Tous les organes de commande seront identifiés en anglais. Des consignes sous forme de pictogrammes conformes seront apposés sur l'équipement et rappelleront la nécessité du port d'équipements de protection individuelle lorsque c'est nécessaire.

L'équipement devra être conçu de façon à faciliter les opérations de maintenance, de nettoyage, de réglage, de dépannage, de montage et de démontage d'outils ou de parties d'équipements. Le principe d'accessibilité de tous les éléments constitutifs sera respecté, et la conception de l'équipement devra tenir compte des principes élémentaires ergonomiques.

### **• SECURITE GENERALE**

Le Titulaire devra participer à l'évaluation des risques dans le cadre de la rédaction du plan de prévention et/ou du protocole de chargement/déchargement. Il s'engage à respecter l'ensemble des dispositions et des mesures de prévention définies dans ces documents de sécurité.

### **• INSTALLATION DE L'EQUIPEMENT**

Afin d'assurer l'application de la législation en vigueur quant aux normes de sécurité, un plan de prévention Hygiène et Sécurité sera défini, préalablement à la livraison des équipements. Il sera rédigé par le C2N en collaboration avec un représentant dûment habilité du titulaire.

Le plan de prévention précisera les modalités d'installation de l'équipement, les mesures de prévention à appliquer et les habilitations ou certifications obligatoires à présenter au C2N le cas échéant.

Le titulaire devra assurer une protection des locaux lors des travaux d'installation :

- Dans les zones à forte densité et régularité de circulation.
- À chaque lieu où des charges particulièrement importantes devront être manutentionnées (chemin d'accès jusqu'au point de livraison).
- Aux endroits particulièrement exposés (vitres, angles très vifs, marches d'escalier, sols fragiles, etc.).

Il sera demandé au titulaire de ne pas provoquer le moindre dégât immobilier.

Pendant l'exécution des opérations, le titulaire prendra les précautions nécessaires pour ne pas causer de dégradations aux matériaux et ouvrages qui ne seraient pas de sa prestation.

Une aspiration à la source de toutes les poussières générées devra être effectuée par le titulaire (perçage, découpe par exemple), de même que le nettoyage du chantier.

Un état des lieux sera dressé avec le titulaire préalablement au démarrage de ses prestations, dans le cadre de son intervention, puis un état des lieux contradictoire sera réalisé après les opérations d'installation des équipements.

## 6 - GARANTIES

La garantie attendue sur cet équipement doit être de 24 mois à partir de la date de la validation indiquée sur la décision d'admission des prestations (formulaire CERFA EXE3). Les modalités minimales de cette garantie sont les suivantes : Assistance, dépannage et remplacement des pièces cause de la panne pendant les deux années de garanties.

La société doit disposer d'un service après-vente (SAV) avec des ingénieurs spécialistes de l'équipement livré.

## VI - INFORMATIONS DIVERSES

L'alimentation électrique au C2N est 240V/50Hz monophasé ou 410/240V : 50Hz triphasé neutre (schéma TNS).

## VI - ANNEXES

Annexe : Plan d'implantation de l'équipement prévu en salle blanche zone enseignement lithographique du site C2N 10 Bd thomas GOBERT, 91120 PALAISEAU :

