



Acheteur public : CNRS Délégation Régionale Hauts-de-France

Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)

Numéro de la consultation : [202614](#)

Objet de la consultation : [Acquisition, livraison, installation et mise en service d'une machine de micro-usinage laser](#)

Procédure de passation : [Appel d'offres ouvert \(AOO\)](#)



Table des matières

Table des matières	2
1. Contexte et objet de l'achat	3
2. Livraison	4
3. Sécurité d'utilisation de l'équipement	5
4. Généralités	5
5. Source laser impulsionnel.....	6
6. Machine d'intégration du laser	7
a) Enceinte du système	7
b) Composants optiques et système de déflection de faisceau	7
c) Platine XY, axe Z et déplacement de l'échantillon	8
d) Système de visualisation	8
e) Champ de vision infini (iFOV)	9
f) Conditionnement du faisceau laser	9
g) Collection et extraction des fumées	9
h) Système matériel et logiciel intégré de commande	10
7. Pièces détachées et consommables	11
8. Réception.....	11
9. Formation.....	12
10. Planning.....	13
11. Garanties & SAV	13
12. Aspect Environnemental.....	14
13. Rappel des prestations supplémentaires éventuelles	14
ANNEXE. Sécurité Informatique du système d'exploitation	15



1. Contexte et objet de l'achat

L'Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) est une unité mixte de recherche UMR8520 entre le CNRS 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 (ISO5 à 7) et de 250 m² de salle dédiée au packaging. 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-électroniques. L'intégration des composants est une étape clé pour assurer leur fonctionnalité et permettre l'obtention d'un premier niveau de prototypage opérationnel.

Issu du projet EQUIPEX LEAF (PIA 2012–2020), le micro-usinage laser s'est imposé à l'IEMN comme une technologie clé pour l'intégration de systèmes électroniques multifonctionnels. Les deux machines acquises à cette occasion ont permis de faire du micro-usinage laser une technique désormais indispensable, mobilisée par 17 des 22 groupes du laboratoire pour des fonctions critiques d'encapsulation et de packaging. Cette utilisation intensive, renforcée par de nombreuses sollicitations académiques et industrielles, atteste de la pertinence et de l'impact de ces équipements. Après plus de dix années de fonctionnement, les sources laser atteignent toutefois leur limite de durée de vie technologique. Leur renouvellement est indispensable pour maintenir le niveau d'excellence de la plateforme. Les nouvelles générations de sources laser, plus puissantes et plus flexibles, ouvrent la voie à des procédés de micro-usinage plus rapides, plus précis et plus sophistiqués. Ce renouvellement est également essentiel pour sanctuariser un savoir-faire unique développé par l'IEMN au sein du réseau RENATECH depuis plus de dix ans. Il s'inscrit enfin en parfaite cohérence avec l'engagement de l'IEMN dans le projet ciblé Packaging du PEPR Électronique et la création du réseau ReNaPack, adossé à l'agence de programme ASIC et fortement connecté aux industriels. Cet investissement structurant garantira la pérennité et l'attractivité des



capacités de recherche et d'innovation au service des communautés scientifique et industrielle.

Par conséquent, l'IEMN souhaite remplacer la source laser nanoseconde d'une des machine de micro-usinage (E-SERIES) par une source femtoseconde émettant dans l'infrarouge, autour de 1030 nm et de forte puissance moyenne (environ 50 W). Cette mise à niveau inclut le remplacement complet du chemin optique et le développement d'une nouvelle interface de communication entre la source et le logiciel pour piloter la machine. Cette mise à niveau peut se traduire par l'acquisition d'une nouvelle machine équivalente.

2. Livraison

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

IEMN
Cité Scientifique
Avenue Poincaré
CS 60069
59652 Villeneuve d'Ascq Cedex
France

Les livraisons s'effectuent au rez-de-chaussée. Le déchargement des camions est à la charge du candidat.

L'IEMN possède un quai de déchargement avec un seuil de 60 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 » si besoin.

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 et du transfert vers les locaux prévus pour accueillir l'équipement.

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

Un document d'installation provisoire sera remis avec l'offre détaillant les éléments suivants (liste non exhaustive) :



- 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. Si l'équipement n'est pas compatible avec le réseau français, le Titulaire fournira un transformateur d'adaptation, dont il détaillera les caractéristiques.
- Contre-indications d'installation, nuisances apportées par l'équipement.

Le fournisseur fournira un document précisant les instructions et les équipements permettant de réaliser un déménagement de la machine en toute sûreté à l'intérieur du laboratoire.

3. Sécurité d'utilisation de l'équipement

La source laser et son intégration doit être sécurisée afin d'éviter tout incident ou accident lié aux risques lasers et d'incendie.

Les éléments de sécurité (les interlocks ou d'autres éléments) doivent être décrits en détail dans l'offre technique.

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 transformateur adapté devra être fourni. Le régime de neutre est neutre à la terre (TT).

4. Généralités

L'amélioration de la machine d'ablation laser a pour objectif de structurer la matière à l'échelle micrométrique à l'aide d'un faisceau laser. L'utilisation d'impulsions laser ultra-brèves (femtosecondes) permet de s'affranchir des effets de dégradation thermique particulièrement critiques sur des matériaux à faible température de fusion tels que les substrats de matériaux organiques/plastiques. Il est attendu d'être capable de réaliser les opérations suivantes : ablation photo-thermique de couches minces, micro-usinage, micro-perçage, découpe de précision.

Sans que la liste soit exhaustive, l'équipement devra être capable de réaliser les opérations de structuration de surface ou de volume précitées sur des matériaux inorganiques et organiques aussi divers que :

- métaux (Au, Ni, Cr, Ti, Pt, Mo, Cu, Ir, acier inoxydable etc...) ;

- semiconducteurs (Si, Ge, alliages SiGe, GaAs, GaN, AlGaAs, InGaAs, ZnO, etc ...) et toutes combinaisons d'alliages classiques, en couches minces ou en super-réseaux ;
- diélectriques inorganiques (SiO_x , Si_xN_y , HfO_x , Al_xO_y etc...) ;
- matériaux carbonés (graphène, nanotube de carbone...) ;
- plastiques et élastomères (PI type Kapton, PEN, PTFE, PDMS, SU8 etc..).

Il devra également permettre la découpe de substrat de semiconducteurs dont l'épaisseur peut varier de quelques microns à 1 mm.

Il en ressort que pour des raisons pratiques incluant la faisabilité technique et le coût, il est envisagé soit de mettre à niveau le système de micro-usinage existant, soit d'acquérir un nouvel équipement de micro-structuration par faisceau laser impulsif.

5. Source laser impulsif

Pour des raisons d'encombrement et de facilité de maintenance, les sources lasers devront être des sources à l'état solide, excluant donc les lasers à excimères.

La source laser doit répondre aux besoins suivants :

- Le faisceau doit être de type Gaussien ;
- La qualité de faisceau : M^2 doit être inférieure à 1.2 ;
- L'astigmatisme doit être inférieure à 30 % ;
- La taille du faisceau en sortie de la tête laser doit être entre 3 et 5 mm ;
- La longueur d'onde fondamentale doit se situer dans l'infrarouge à une longueur d'onde dans l'intervalle 1000-1050nm ;
- Les impulsions doivent pouvoir être réduites à une durée inférieure 600 fs ;
- La puissance moyenne des impulsions ramenée au taux de répétition doit être de 50 W minimum dans une gamme dont la fréquence de répétition est autour de 200 kHz +/- 100 kHz ;
- La durée des impulsions doit pouvoir être variable (du régime picoseconde au régime femtoseconde) ;
- Le taux de répétition doit varier entre 1 kHz et 40 MHz ;
- La génération d'impulsion doit être à la demande (à partir d'une impulsion unique) ;
- Les impulsions doivent pouvoir être générées en rafales (burst) à la fréquence du GHz (dont l'énergie cumulée des impulsions correspondent à l'énergie d'une unique impulsion) ;
- Le travail à basse cadence avec des impulsions très énergétiques doit être possible ;
- L'enveloppe des rafales doit pouvoir être modifiée pour avoir une énergie constante et/ou modulable ;

- Le laser, intégré dans l'enceinte pour usinage, doit pouvoir être contrôlé à distance ;
- La présence d'un obturateur mécanique (shutter) en commande directe à bouton poussoir est requise ;
- Le refroidissement du laser doit se faire par un chiller air/eau obligatoirement ;
- L'équipement doit disposer d'une aide visuelle pour l'alignement (pointeur laser visible aligné sur la source IR).

Tous les paramètres de la source laser devront être sélectionnables par programmation logicielle en particulier la fréquence de répétition, la gestion du nombre d'impulsions ainsi que la mise en forme de l'enveloppe des rafales.

6. Machine d'intégration du laser

La liste décrit le besoin technique :

a) Enceinte du système

L'équipement devra être fourni sous la forme d'une enceinte. Celle-ci devra pouvoir être isolée selon les spécifications des lasers de classe 1 permettant de travailler sans lunettes de sécurité. Le système devra inclure un bâti massif en granit équipé de dispositifs anti-vibration. Il devra également être équipé de roulettes verrouillables ou escamotables pour assurer des déplacements et positionnements aisés.

b) Composants optiques et système de déflexion de faisceau

- Les composants du chemin optique (lentilles, montures, polariseurs) devront être fixés de manière permanente et ne devront pas nécessiter d'opérations d'alignement par l'utilisateur après calibration initiale. Elles devront être adaptées à la longueur d'onde de 1030 nm et résister aux fluences de 50 W ;
- La taille du spot laser au niveau de l'échantillon à traiter devra être inférieure à 30 μm dans l'infrarouge. La capacité d'avoir un système permettant de varier cette taille de spot automatiquement sera apprécié ;
- Le système sera équipé d'un galvanomètre à commande et encodage numérique permettant la déflexion du faisceau dans le plan X-Y de l'échantillon sur un champ d'au moins 40x40 mm² avec une erreur de positionnement de $\pm 2 \mu\text{m}$ selon les 3 axes, une résolution inférieure à 1 μm et une vitesse maximum de balayage supérieure à 1 m/s.
- L'ensemble du système optique devra être compensé pour obtenir un faisceau vertical sur la zone de balayage du galvanomètre (objectifs télécentriques) adapté à la longueur d'onde avec une distance de travail de l'ordre de 100 mm sous la lentille ;
- Le système devra être capable de gérer les impulsions à la demande : la sortie synchronisée doit être faite sur les miroirs galvanométriques et si possible sur la platine XY ;



- Le système sera équipé par défaut d'une polarisation circulaire, modifiable manuellement ou automatiquement afin de pouvoir la convertir en polarisation rectiligne ou elliptique (voir PSE n°4).

c) Platine XY, axe Z et déplacement de l'échantillon

L'équipement devra être doté d'une platine pouvant recevoir des échantillons dont la taille varie de $5 \times 5 \text{ mm}^2$ à $300 \times 300 \text{ mm}^2$. La platine devra être compatible avec un système de mesure de la puissance laser au niveau de l'échantillon.

La platine recevant l'échantillon devra permettre des déplacements X-Y-Z complémentaires à ceux de la déflexion par galvanomètre. Les déplacements X-Y permettront d'accéder à la surface entière de l'échantillon.

Les déplacements de platine X-Y devront être assurés par des moteurs linéaires encodés numériquement et pilotés par le système intégré de commande (PC). Les spécifications suivantes devront être atteintes par le système de déplacement de platine :

- Déplacements de platine de 300 mm minimum par axe X-Y afin d'obtenir une aire d'usage effective de $300 \times 300 \text{ mm}^2$ sans se heurter à des problèmes de centrage ;
- Résolution : moins de $1 \text{ }\mu\text{m}$;
- Répétabilité : moins de $0.5 \text{ }\mu\text{m}$;
- Vitesse de déplacement X-Y : au moins 200 mm/s ;
- Précision linéaire de positionnement : moins de $2.5 \text{ }\mu\text{m}$ par axe X ou Y ;

Les déplacements de l'axe Z devront atteindre les spécifications suivantes :

- Course de 300 mm ;
- Résolution de moins de $1 \text{ }\mu\text{m}$;
- Précision de moins de $5 \text{ }\mu\text{m}$.

d) Système de visualisation

Le système devra être équipé d'un système de visualisation par caméras de type CCD ou équivalent permettant de visualiser des marques d'alignement et de réaliser des mesures sur l'échantillon.

En outre, le système de visualisation devra offrir les fonctionnalités suivantes pour les opérations de micro-structuration à haute résolution :

- Visualisation de l'échantillon en empruntant le même chemin optique que le faisceau laser ;
- Visualisation de l'échantillon sur un champ minimum de $6 \times 4 \text{ mm}^2$ hors chemin optique ;

- Capacité d'avoir un dispositif de visualisation de type microscope vidéo sera apprécié, notamment si la capacité de zoom est suffisante pour visualiser et permettre un alignement sur des marques de $5 \times 5 \mu\text{m}^2$;
- Alignement automatique sur jeu de marques prédéfinies ;
- Déplacement de platine par pointage du marqueur de souris sur le champ visualisé ;
- Illumination à intensité contrôlée du champ d'observation ;
- Fonction permettant de générer automatiquement différents points de percussion en ajustant le focus par incréments prédéfinis selon la puissance. Une fonction de focalisation automatique supplémentaire sera appréciée.

e) Champ de vision infini (iFOV)

Le champ de vision IFOV permet la coordination de manière fluide entre le mouvement d'un scanner laser galvanométrique et d'une platine motorisée sur un champ d'usinage supérieur aux limites du champ de travail du scanner seul. Sa configuration doit être simple et ne nécessite qu'un seul paramètre : par exemple l'utilisateur peut choisir la part de travail effectuée par le scanner et celle effectuée par la platine.

f) Conditionnement du faisceau laser

Le système devra proposer un ou plusieurs modules permettant de contrôler précisément la taille des impacts laser sur la pièce ainsi que la puissance du laser émise à la tête. Ces modules doivent comprendre un élargisseur de faisceau ainsi qu'un atténuateur optique rapide ($< 1\text{sec}$) indépendant de la source laser et ajustable de 2 à 98% de la puissance émise à la tête laser. Ce module pourra être piloté automatiquement par le logiciel intégré de commande. Le système devra également intégrer un dispositif de mesure de la puissance laser.

De plus, le système proposé devra proposer d'intégrer une **analyse du faisceau au plan focal** quelle que soit la puissance du laser. Cette configuration permettra d'évaluer et de mesurer toutes les caractéristiques du faisceau : la position, la taille, l'ellipticité ainsi que la puissance. Cette configuration est cruciale afin de permettre un alignement optimal ainsi qu'une optimisation et un contrôle des processus laser.

g) Collection et extraction des fumées

Les opérations de structuration de matériaux par faisceau laser peuvent générer des fumées, débris et sous-produits volatiles. Le système devra être équipé d'une pipe locale de collection et d'extraction des fumées au niveau de l'échantillon et d'un système de filtrage.

h) Système matériel et logiciel intégré de commande

Les fonctions laser, optique et de déplacement de platine seront pilotées par un système intégré, matériel et logiciel, de commande. La partie matérielle de ce système sera constituée d'un ordinateur de type PC endurci, de qualité industrielle, sous un système d'exploitation Windows supporté au moins jusqu'en 2032. Il disposera de disques durs de type SSD en écriture redondante de type RAID ou équivalent. Il disposera également d'un second disque SSD physiquement distinct du premier permettant de séparer les données des utilisateurs du système PC. Il sera apprécié que l'ordinateur ou le système complet soit protégé contre les coupures de courant par un système onduleur compact type APC.

Sur le plan logiciel, le système intégré de commande sera capable de piloter l'ensemble des dispositifs et fonctions matérielles de la machine, à savoir, sans que la liste soit exhaustive :

- Laser (taux de répétition, puissance laser émise, nombre d'impulsions) ;
- La taille du faisceau, si elle est modulable ;
- La polarisation, si elle est modulable ;
- Mesure de puissance au niveau de l'échantillon ;
- Atténuateur optique ;
- Galvanomètres ;
- Platines de déplacement X-Y-Z ;
- Systèmes de visualisation, de mesure et d'alignement ;
- Détecteurs de mise au point automatique du laser (focus).

De plus, le système devra être en mesure de fournir à la demande, au minimum, les mesures physiques du faisceau : la puissance du laser, l'énergie par impulsion ainsi que la fluence.

Le système d'exploitation logiciel offrira les fonctionnalités de base suivantes :

- Gestion des utilisateurs avec accès par mot de passe ;
- Gestion des privilèges utilisateurs (administrateur, ingénieur, opérateur) ;
- Gestion multifenêtres (fenêtres de programmation, commande en ligne) ;
- Chargement, édition et sauvegarde de fichiers de recettes et de configuration ;
- Affichage en temps réel des images de caméra et possibilité d'enregistrer des films vidéo ;
- Affichage temps réel des paramètres liés au laser, aux déplacements de faisceau et de platine ;
- Enregistrement automatique de fichiers log ;
- Accès en mode de maintenance au contrôle manuel des fonctions matérielles listées ci-dessus et à la lecture de leurs paramètres mesurés ;
- Le système logiciel de commande sera doté d'une interface utilisateur permettant d'exécuter indifféremment des instructions de bas et de haut niveau ;



- Intégration d'un module CAD capable de lire et d'interpréter des motifs d'usinage codés au format DXF à minima. Possibilité de sélectionner un sous-groupe de motifs à traiter ;
- Les motifs géométriques à micro-structurer seront réalisés par pilotage automatique et coordonné des fonctions matérielles listées ci-dessus ;
- Fonctions d'alignement automatique et manuel ;
- Intégration d'un module de reconnaissance de forme pour l'alignement automatique ;
- Auto calibration de la position du spot laser ;
- Génération automatique de matrices d'optimisation : par voie logicielle, il devra être possible de générer automatiquement des matrices de tailles $n \times m$ contenant des motifs simples (ex : lignes, carrés, triangles, rectangles, cercles, disques, etc...). Un paramètre d'exposition sera varié selon la ligne tandis qu'un autre sera varié selon la colonne. Deux quelconques des paramètres d'exposition (ex : puissance, taux de répétition, vitesse de déplacement du faisceau, pas d'hachurage etc...) pourront être sélectionnés conjointement. Cette fonction logicielle permettra également d'engraver la légende de manière automatique (nom des paramètres sélectionnés, valeurs des paramètres par ligne et par colonne) afin d'identifier aisément les valeurs optimales des 2 paramètres lors des phases d'analyse en microscopie.

La mise à jour des logiciels de contrôle et de pilotage se fera à titre gracieux pendant au moins le temps de la garantie (1 an). La correction des bugs restera à la charge du titulaire du marché sur toute la période de fonctionnement de l'équipement.

7. Pièces détachées et consommables

Le candidat donnera la liste des pièces consommables avec leurs prix et les fréquences de remplacement. Il nous proposera les pièces détachées nécessaires à acquérir avec l'équipement (par exemple, objectifs, miroirs, lumières, etc).

8. Réception

Une recette préliminaire de la machine sera réalisée chez le fournisseur afin d'effectuer les tests de bon fonctionnement matériel et logiciel des équipements. Le fournisseur fournira un rapport (en français ou en anglais) sur le respect des spécifications listées dans ce document en décrivant les techniques et méthodes utilisées afin que l'utilisateur puisse procéder à une contre-vérification. Les mêmes tests seront reproduits sur le site de l'IEMN après installation.

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

Le contrôle sera effectué suivant différents tests de paramètres de la machine d'ablation laser.

En complément de ces tests fonctionnels, les procédés de micro-structuration suivants devront être démontrés chez le fournisseur et à l'IEMN :

1. Découpe sur substrat de Silicium de 800 μm d'épaisseur avec contrôle des flans de découpe ;
2. Découpe de verre de 1 mm d'épaisseur ;
3. Structuration de batteries de trous de diamètres variables (entre 50 et 200 μm) et de profondeur variable (entre 50 μm et 200 μm) ;
4. Etude des différents paramètres par plan d'expérience : focus, puissance, taux de répétition, vitesses de scan, nombres d'impulsions... ;
5. Essai de tirs contrôlés en rafales (10 impulsions à la fréquence de 33 kHz, 10 impulsions à 11 kHz, 100 impulsions à la fréquence du GHz...) avec mesure de la fluence, contrôle et ajustement de l'enveloppe des rafales, test de découpe et de perçage du silicium en rafale ;
6. Contrôle de la taille du faisceau ;
7. Réalisation de tests de lignes de différentes largeurs (de 30 μm à 500 μm), avec une orientation maîtrisée et alignée sur un chemin de découpe préexistant ;
8. Test d'autofocus ;
9. Test de puissance : Production de courbes de référence quantifiant la puissance moyenne mesurée au niveau de l'échantillon en fonction du taux de répétition ;
10. Arrêt automatique / arrêt d'urgence ;
11. Test de l'aspiration en cours d'usinage ;
12. Test d'impulsions à la demande à partir d'une impulsion espacée d'une distance voulue (de 1 μm à plusieurs mm) ;
13. Découpe/ gravure à partir d'un dessin complexe importé au format dxf ;
14. Contrôle de la polarisation ;
15. Essai sur différentes tailles d'échantillons ;
16. Mesures sur l'échantillon et correction de l'angle dans le plan d'usinage ;
17. Essai du logiciel sur PC externe.

Les tests sur procédés de micro-structuration devront également faire l'objet d'un rapport démontrant les performances en termes de résolution.

La recette de la machine sera validée à son installation finale sur le site de l'IEMN en présence des utilisateurs potentiels et du fournisseur.

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

9. Formation

La formation des utilisateurs de l'IEMN aura lieu après la réception définitive, d'une durée minimum de 2 jours pour au moins 2 personnes dans un délai ne dépassant pas 15 jours. Elle portera sur l'utilisation de l'équipement, de la maintenance de base, des ajustements et des réglages pourront être réalisés lors de la vérification.



10. Planning

Le fournisseur devra indiquer dans son offre les éléments de planning suivants :

- Temps nécessaire à la fabrication de la machine ;
- Date prévisionnelle d'inspection en usine par le groupe technique de l'IEMN avant transport ;
- Date prévisionnelle de transport et date de livraison sur le site de l'IEMN ;
- Planning d'installation sur le site de l'IEMN ;
- Date prévisionnelle des tests d'admission ;
- Date prévisionnelle de la formation ;

Après validation des tests préliminaires sur le site du fournisseur (cf. section 8), la date de réception de la machine devra faire l'objet d'un accord formel du groupe technique de l'IEMN.

11. Garanties & SAV

La période de garantie débute après la réception finale de l'équipement et la formation du personnel de l'IEMN. La période de garantie devra être d'une durée minimale d'un an.

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 et la formation. Toutes les pièces défectueuses devront être remplacées à titre gracieux pendant la période de garantie. Pendant et en dehors de la garantie, le temps de réponse du support à distance (téléphone, mail, etc.) devra être inférieur à 24h, de même pour le temps d'intervention par télémaintenance (TeamViewer, etc.) s'il a lieu et le temps d'intervention sur site de l'IEMN devra être inférieur à 5 jours ouvrés.

Documents à fournir :

Le titulaire fournira au plus tard lors de la livraison de l'équipement les documentations suivantes (en français et/ou en anglais) :

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



12. Aspect Environnemental

Le candidat doit préciser la consommation électrique de l'équipement, indiquer la présence des options de gestion de consommation électrique.

À titre d'information, le titulaire indiquera sa capacité de récupération/retraitement des consommables et des anciens équipements.

13. Rappel des prestations supplémentaires éventuelles

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

- **PSE n°1 (obligatoire) : 1 an de garantie supplémentaire**
- **PSE n°2 (facultative) : Système de précession** pour obtenir des flans droits, sans conicité autour de la découpe.
- **PSE n°3 (facultative) : Système de trépanation** Le chemin optique devra inclure un dispositif dédié au perçage de trous prenant la forme d'un système à prismes tournants permettant un déplacement hélicoïdal du spot laser. Le diamètre de perçage pourra être défini avec une résolution inférieure à 1µm. La vitesse de révolution devra être modulable jusqu'au moins 2000 tours/min. Ce dispositif devra pouvoir être combiné à l'utilisation du galvanomètre.
- **PSE n°4 (facultative) : Contrôle motorisé de la polarisation optique** : pour permettre le passage d'une polarisation circulaire à une polarisation linéaire (d'orientation contrôlable).
- **PSE n°5 (facultative) : Caméra supplémentaire en dehors de l'axe** de résolution supérieur à celle située dans le champ.
- **PSE n°6 (facultative) : Ajout d'une licence permettant d'utiliser le logiciel de pilotage hors ligne sur un autre ordinateur.** Il doit être possible avec cette licence supplémentaire d'accéder aux fonctions de paramétrages d'usinage adaptées au dessin du masque tout en laissant le système laser en libre accès.

La réponse à la PSE n°1 est obligatoire ; faute de réponse du soumissionnaire, l'offre sera éliminée.



ANNEXE. Sécurité Informatique du système d'exploitation