MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES ET DE SERVICES

Acquisition d'une imprimante 3D pour la fabrication à haute cadence d'objets architecturés multi-échelles par photopolymérisation biphotonique

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

Acheteur	CNRS Délégation Alsace
Bénéficiaire de l'achat	IS2M : Laboratoire MatLight 4.0
Contact technique	Dr Arnaud SPANGENBERG – 03 89 60 88 42 – arnaud.spangenberg@uha.fr
Contact administratif	Benoit HANSER -- benoit.hanser@uha.fr

1. Objet et contexte du marché

L'université de Haute Alsace (UHA) est reconnue pour son caractère pluridisciplinaire et un positionnement géographique au cœur de l'Europe. Aujourd'hui, l'UHA souhaite ouvrir un nouveau chapitre de sa jeune histoire en définissant pour la première fois une signature à travers le projet Mat-Light 4.0, lauréat de l'appel à projets PIA4 « excellence sous toutes ses formes ». Cette signature est construite à la fois sur une recherche d'excellence, point fort scientifique de l'université et répondant aux meilleurs standards internationaux, et sur une pédagogie innovante basée sur l'enseignement par projets/problèmes. L'UHA souhaite s'appuyer sur ces deux piliers d'excellence pour déployer une nouvelle stratégie dans le domaine de l'impression 3D à haute cadence et haute résolution. Au travers d'une plateforme de recherche avec des instruments de classe mondiale, l'UHA entend consolider son leadership dans le domaine de la photopolymérisation, ainsi que renforcer et dynamiser son réseau de collaborateurs académiques et industriels.

Le marché porte sur l'acquisition d'un équipement neuf permettant la fabrication de structures de formes 3D complexes aux échelles nanométrique, micrométrique, millimétrique et centimétrique, en mettant en jeu des réactions de photopolymérisation biphotonique. Ce document présente les caractéristiques techniques de cet équipement d'impression 3D par photopolymérisation biphotonique (2PP).

2. Caractéristiques principales

Dans le cadre de la plateforme de procédés photo-induits de l'UHA, différents usages sont envisagés allant de l'impression de pièces 3D à très haute résolution avec des résines commerciales, au développement de nouvelles résines photosensibles, par les chercheurs de l'UHA et ses partenaires, spécifiques à la technologie d'impression 3D par photopolymérisation biphotonique (2PP).

Dans ce contexte, l'UHA souhaite se doter d'une imprimante 3D par 2PP de dernière génération permettant d'accélérer la production de nouveaux matériaux architecturés. Une approche multi-échelles, allant de l'échelle moléculaire à l'échelle macroscopique en passant par l'échelle mésoscopique, est nécessaire. L'imprimante 3D est destinée à être installée dans les espaces Mat-Light 4.0 de l'UHA.

Si le système nécessite un environnement particulier (Luminosité, salle blanche, fluctuation de température, résistance de la dalle ou paillasse par rapport au poids de l'équipement…), le titulaire assurera à sa charge l'ensemble des adaptations ou autres travaux nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement.

Le présent marché comprend la fourniture, la livraison, l'installation, la formation à l'utilisation et la formation aux opérations de maintenance préventive et curative de premier niveau de l'équipement.

Cette imprimante devra être équipée des modules listés ci-dessous.

2.1 Caractéristiques du système d'impression

Le système devra comprendre :

1) Une source d'excitation de type laser pulsé femtoseconde avec une longueur d'onde d'émission au minimum de 780 nm et maximum de 820 nm, une puissance moyenne de sortie d'au moins 250 mW afin de permettre le recours aux photoamorceurs classiquement utilisés

en 2PP (BAPO, TPO, DETC…) et de faciliter la mise en forme de résines conçues par les chercheurs de l'UHA.

2) Un système opto-mécanique d'écriture permettant la fabrication d'objets 3D complexes à une vitesse d'au moins 100mm/s avec la résolution maximale. Le système proposé devra permettre la fabrication d'objet de l'échelle nanométrique à centimétrique. Il devra également proposer un mode permettant de faire de la fabrication multi-échelles sans changement d'objectif, c'est-à-dire en permettant la variation des dimensions du voxel au cours de la fabrication.

Le dispositif d'impression devra posséder les performances techniques suivantes :

- La résolution latérale d'une structure 3D, correspondant à la largeur d'une ligne selon les axes X ou Y sera inférieure à 300 nm. Si plusieurs configurations d'impression sont disponibles, cette résolution devra être spécifiée pour chaque configuration.
- La résolution axiale d'une structure 3D, correspondant à la hauteur d'une ligne selon l'axe Z sera inférieure à 800 nm. Si plusieurs configurations d'impression sont disponibles, cette résolution devra être spécifiée pour chaque configuration.
- La zone de fabrication accessible sera au minimum de 100 x 100 x 10 mm^3. La répétabilité des déplacements liée à l'utilisation des différents systèmes de déplacement (platines…) sera spécifiée et devra être inférieure à 200 nm.
- Le diamètre du champ de vision et les résolutions associées seront spécifiés selon la configuration d'impression. Pour la configuration à haute résolution, le diamètre du champ de vision sera d'au moins 250 µm. Pour la configuration présentant la moins bonne résolution, le diamètre du champ de vision sera d'au moins 3000 µm.

3) Le dispositif d'impression possèdera également un ou plusieurs systèmes de visualisation pour faciliter le positionnement de l'échantillon dans la chambre d'impression et pour permettre la fabrication sur un échantillon existant (type circuit fluidique) ou comprenant des structures déjà imprimées. Le système de visualisation permettra le suivi *in situ* de la fabrication avec la possibilité d'enregistrer un film du processus de fabrication. Pour le positionnement selon l'axe z, il comprendra notamment un système d'autofocus compatible avec des substrats transparents ou opaques, avec des résines fluorescentes ou non fluorescentes, une correction automatique de tilt pour assurer une impression de très grande précision et un alignement optimal du substrat dans le cas d'une fabrication sur une surface supérieure à 1 cm^2.

4) Le système devra être compatible avec une large gamme de résines. En particulier, le fournisseur devra proposer des résines commercialement disponibles et compatibles avec l'imprimante proposée, avec au moins une résine pour la haute résolution, une résine pour la fabrication de structure en verre, une résine pour la fabrication de structures 3D flexibles, et une résine pour la réalisation de structures biocompatibles et biodégradables. Enfin, le dispositif d'impression devra être compatible avec des résines non commerciales et faciliter leur développement et mise en œuvre (pas de dégradation accélérée de l'équipement au contact des résines).

L'encombrement du système d'impression sera également un point soumis à l'évaluation. Le dimensionnement de la machine et son poids doivent permettre d'intégrer ce nouvel équipement dans les espaces Mat-Light.

Pour information, les charges d'exploitation pour le sol sont de 10 kN/m^2. La machine sera installée dans une salle « non blanche » avec lumière ambiante.

2.2 Station de travail et licence des logiciels

L'équipement sera livré avec un ordinateur (station de travail) et le ou les logiciels pour l'acquisition des données et leur analyse (pilotage des éléments opto-mécaniques et impression des structures). En particulier, le logiciel devra permettre la préparation de l'objet à imprimer (positionnement de l'objet sur substrat, gestion des trajectoires, routine pour l'étude des paramètres de fabrication…). La licence logicielle sera, de préférence, perpétuelle et pourra être installée sur 3 ordinateurs au minimum. Les mises à jour logicielle seront assurées pendant une durée précisée par le fournisseur. A défaut, si la licence logicielle est par abonnement, une durée précisée par le fournisseur sera incluse dans le marché. Les données d'expérience (paramètres d'impression, données brutes de la machine d'analyse, etc) devront être facilement accessibles et pouvoir être exportées par l'utilisateur.

Le logiciel devra être facile d'utilisation (utilisation par un public non expert en programmation), l'interface ergonomique, et devra prévoir une procédure permettant de vérifier l'intégrité du système, dans les conditions prévues dans l'offre du titulaire.

Si l'ordinateur ou station de travail doit être obligatoirement branché sur réseau électrique ondulé, cela sera précisé par le fournisseur.

Enfin, la configuration de la station de travail (Stockage des données, mémoire vive, carte graphique …) devra permettre le calcul rapide des rendus 3D et des analyses, la visualisation du processus de fabrication (simulation), et la gestion de protocoles complexes.

2.3 Différents consommables et kit de démarrage

L'appareil sera livré avec un ensemble de consommables permettant une prise en main et un démarrage rapide par les utilisateurs. Au-delà du kit de démarrage classique attendu, le fournisseur livrera un ou plusieurs porte-échantillons compatible avec des substrats classiques de type lame et lamelle de verre, un porte-échantillon pour système multi-puits avec les boites multi-puits associées, ainsi que plusieurs résines prêtes à l'emploi. Le nombre de porte-échantillons fournis, de substrats associés livrés, le nombre et la quantité de résine prêtes à l'emploi et leurs caractéristiques d'usage cas d'usage pour les porte-échantillons, cas d'usage et propriétés des résines) devront être conformes à l'offre du titulaire.

- Un ou plusieurs porte-échantillons avec les substrats associés (lamelles de verre, …).
- Plusieurs résines commercialement disponibles chez le fournisseur. Afin d'assurer une appropriation rapide de l'équipement par les utilisateurs, la livraison d'au moins 3 résines présentant des propriétés distinctes : haute résolution, résine transparente et résine bio-compatible.
- Fabrication dans un système multi-puits : l'imprimante 3D livrée comprendra un système multi-puits avec porte-échantillon spécifique le cas échéant, pour tester en parallèle une résine ou plusieurs résines avec des conditions de fabrication différentes (slicing, puissance…). L'approche

multi-puits devra être conforme à l'offre du titulaire (compatibilité avec quelles configurations d'impression, nombre de puits disponibles, volume minimum et maximum engagé, module software éventuel spécifique…).

Les porte-échantillons moins classiques (wafer de silicium de dimension supérieure à 4 pouces, porte-échantillon permettant de chauffer le milieu, fabrication en bout de fibre optique...) seront chiffrés en option (Section 8.4 – Prestations supplémentaires).

3. Livraison

L'imprimante 3D à haute cadence par photopolymérisation biphotonique est destinée à être installée dans les espaces d'expérimentation de Mat-Light 4.0 de l'UHA. Le fournisseur assurera sous son entière responsabilité et à ses frais, le transport, l'installation et la mise en service de l'ensemble du matériel sur le site.

Les coûts de douane, d'expédition, de transport, d'assurance de transport et les taxes seront à la charge du fournisseur.

Une visite de pré-installation pourra être organisée avec la société titulaire.

Le délai de livraison est estimé à 16 semaines à compter de la date de notification du marché, et ne devra pas dépasser 24 semaines.

Le matériel sera livré à l'adresse indiquée, avec un préavis d'au moins une semaine, aux créneaux suivants : 9h-12h ou 14h-17h.

MatLight – Institut de Recherche Jean-Baptiste Donnet (IRJBD) – RDC, Bâtiment D – 3 bis, rue Alfred Werner – 68093 Mulhouse Cedex – Tél. : 03 89 33 68 59

4. Installation, mise en service et formation

L'installation et la mise en service seront effectuées par le titulaire du marché, sous sa responsabilité et au lieu d'implantation indiqué. Elles incluront l'ensemble des raccordements (électriques, ethernet si requis…) et la mise en place du système informatique. Si le système nécessite un environnement particulier (Luminosité, salle blanche, fluctuation de température, résistance de la dalle ou paillasse par rapport au poids de l'équipement…), le titulaire assurera à sa charge l'ensemble des adaptations ou autres travaux nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement.

Le titulaire fournira tout outillage spécifique, pièces et produits consommables nécessaires à l'installation ou à la mise en service du matériel.

Des tests de conformité et de performance du système seront réalisés au cours de la mise en service.

L'installation ne pourra avoir lieu que lorsque l'imprimante et l'ordinateur auront été livrés. Le fournisseur sera également responsable de l'installation de ces accessoires.

L'offre comprendra une formation sur site incluant la formation pour au moins 3 personnes aux différents logiciels, la mise en place des méthodes ainsi qu'une formation à la maintenance de premier niveau de l'appareil.

La formation initiale des utilisateurs sera effectuée par le titulaire du marché, sous sa responsabilité et au lieu d'implantation indiqué.

Nous souhaitons que la formation, pour au moins 3 personnes (et maximum 5), intègre :

- une description de l'appareillage et une formation aux opérations de maintenance régulière ;
- une formation sur l'évaluation des performances et de l'état du système ;
- une formation au logiciel de pilotage du système, d'acquisition et de traitement des données.

Une formation de perfectionnement de plusieurs jours sur site après quelques mois d'utilisation du système pourra être proposée en option (PSE).

Une documentation technique et d'utilisation des logiciels (sous format papier ou fichiers informatiques) sera incluse et de préférence en langue française.

5. Mise en service et admission

Mise en service :

Les essais réalisés lors de la mise en service en application de l'article 4 sont conduits en présence du prestataire et des utilisateurs désignés en tête du présent document.

Ils portent au minimum sur :

- la vérification de la résolution latérale et axiale, selon les protocoles définis à l'article 2.1 ;
- la vérification de la précision de repositionnement, du volume d'impression et de la vitesse d'impression, selon les protocoles définis à l'article 2.1 ;
- des essais de fabrication similaires à ceux présentés au règlement de la consultation permettant de vérifier la possibilité de mettre en place une routine ayant pour objectif d'investiguer l'impact des différents paramètres photoniques sur le résultat d'impression ;
- la mise en œuvre de la procédure de vérification de l'intégrité du système mentionnée à l'article 2.2 ;
- la vérification de la complétude des fournitures, des consommables et de la documentation.

Les résultats sont consignés dans un procès-verbal signé des deux parties, mentionnant, pour chaque exigence, la valeur mesurée et l'écart éventuel avec la valeur contractuelle.

Admission :

Par dérogation à l'article 28.1 du CCAG-FCS, les opérations de vérification démarrent à compter de la date de mise en service et de la fin de formation. L'utilisateur aura une période de deux semaines pour effectuer les opérations de vérification. A la fin des opérations de vérifications, un procès-verbal sera réalisé ; l'acheteur prononce l'admission, l'ajournement, la réfaction ou le rejet des prestations. En cas d'ajournement, le titulaire dispose de quinze jours pour présenter à nouveau les prestations mises au point ; les essais sont alors intégralement repris à ses frais.

Le point de départ des délais de garantie est la date de notification de la décision d'admission.

6. Garantie

Le matériel, les logiciels et les accessoires sont couverts par une garantie de douze (12) mois, pièces, main-d'œuvre, port et déplacements inclus, dont le point de départ est la date de notification de la décision d'admission.

Une durée de garantie supérieure pourra être proposée en option (PSE).

La garantie couvre le remplacement ou la remise en état de toute partie de la fourniture reconnue défectueuse, ainsi que les mises à jour correctives des logiciels. Toute immobilisation du matériel supérieure à cinq jours ouvrés proroge la durée de garantie d'autant.

7. Service après-vente - garantie

Pendant la durée de la garantie, le titulaire s'engage à respecter les conditions de service après-vente – garantie qu'il a décrites dans son offre. Le titulaire s'engage sur un délai de prise en compte de la demande n'excédant pas huit heures ouvrées et sur un délai de rétablissement n'excédant pas dix jours ouvrés à compter du signalement. Le titulaire indique la langue et les horaires de la hotline ainsi que la localisation des techniciens susceptibles d'intervenir sur le site.

Sur la base de son offre, le titulaire est engagé sur une durée de disponibilité des pièces détachées et des consommables critiques à compter de la date d'admission, ainsi que sur un préavis d'information en cas d'arrêt de commercialisation ou de fin de support du modèle ou du logiciel.

8. Prestations supplémentaires éventuelles facultatives

Le chiffrage de l'ensemble des prestations supplémentaires éventuelles est facultatif.

8.1 Extension de garantie – SAV de 1 an (PSE 1)

Le candidat pourra proposer une extension de SAV - garantie de 1 an (pièces, main-d'œuvre, port et déplacement) à compter de la fin de la garantie initiale pour une durée totale de 24 mois.

8.1 Extension de garantie de 2 ans (PSE 2)

Le candidat pourra proposer une extension de SAV - garantie de 2 ans (pièces, main-d'œuvre, port et déplacement) compter de la fin de la garantie initiale pour une durée totale de 36 mois.

8.2 Maintenance curative et préventive (PSE 3, 4, 5)

Le candidat détaillera et chiffrera trois propositions, pour des durées d'engagement de 1, 3 et 5 ans, pour :

- de la maintenance préventive ;
- de la maintenance curative (pièces, MO et déplacement).

Les dispositions relatives à la maintenance préventive et corrective prendront effet à compter de la fin de la période de garantie – Service après-vente ou de l'extension de garantie qui sera éventuellement retenue.

8.3 Formation de perfectionnement (PSE 6)

La formation de perfectionnement mentionnée à l'article 4 est chiffrée séparément.

8.4 Evolutions de l'imprimante (PSE 7, 8, 9 et 10)

Les évolutions possibles de la machine seront chiffrées et décrites, notamment concernant les points listés ci-après :

- PSE n°7 : Compatibilité de la machine livrée avec des porte-échantillons spécifiques comme des wafer de silicium de dimension supérieure à 4 pouces, un porte-échantillon permettant de chauffer le milieu.
- PSE n°8 : Système de contrôle de la température : la possibilité de contrôler la température au cours d'une fabrication est une option souhaitée à court ou moyen terme. Le dispositif sera chiffré et les caractéristiques techniques également. Il devra être précisé si un module ou logiciel spécifique est requis. Le cas échéant, ce dernier devra être chiffré.
- PSE n°9 : Unité de fabrication compatible avec des objets biologique : une des évolutions recherchées à plus long terme concerne la possibilité de fabriquer en présence d'objets biologiques (cellules, bactéries…). Le dispositif, si existant, sera décrit et chiffré. Il sera également spécifié si un logiciel ou module supplémentaire est nécessaire.
- PSE n°10 Fabrication en bout de fibre optique : une des évolutions recherchées à plus long terme concerne la fabrication d'éléments architecturés en bout de fibre optique. Le dispositif, si existant, sera décrit et chiffré. Il sera également spécifié si un logiciel ou module supplémentaire est nécessaire.

9. Dispositions relatives à l'environnement

Dans le cadre de l'exécution du marché, le titulaire prend les mesures nécessaires pour limiter les incidences environnementales directement liées au transport, à la livraison, à l'installation, à la mise en service et aux prestations exécutées au titre de la garantie - Service après-vente.

- **Organisation des transports et des interventions**

Le titulaire optimise l'organisation des transports et des déplacements nécessaires à l'exécution des prestations.

Sous réserve des contraintes techniques, des délais contractuels, de la sécurité des opérations et de la nécessité de ne pas prolonger l'indisponibilité de l'équipement, il regroupe :

- les livraisons de l'équipement, de ses accessoires et de ses consommables ;
- les visites préalables nécessaires à la préparation de l'installation ;
- les opérations d'installation, de mise en service et de formation ;
- les interventions de maintenance pouvant être réalisées conjointement.

Lorsque la nature du dysfonctionnement le permet, le titulaire privilégie un diagnostic préalable à distance afin de limiter les déplacements inutiles. Toute prise en main à distance demeure soumise aux conditions de sécurité informatique définies par le présent CCTP et ne peut être imposée au CNRS.

- **Emballages et déchets**

Le titulaire limite les emballages nécessaires au transport et à la protection de l'équipement. Il privilégie, lorsqu'ils sont compatibles avec les exigences de sécurité, de protection et de conservation du matériel, les emballages réemployables, recyclables ou intégrant des matières recyclées.

Le titulaire assure l'orientation des déchets vers les filières appropriées en privilégiant, conformément à la hiérarchie des modes de traitement des déchets, le réemploi, la réutilisation et la valorisation, notamment par recyclage, avant toute opération d'élimination.

Cette obligation s'applique également aux pièces, composants, fluides et consommables remplacés lors des interventions réalisées au titre de la garantie - service après vente lorsqu'ils doivent être repris par le titulaire.

- **Maintenance et durée de vie de l'équipement**

Les opérations de maintenance sont réalisées de manière à préserver les performances énergétiques et la durée de vie de l'équipement.

Lorsqu'une pièce ou un composant doit être remplacé, le titulaire examine prioritairement, sous réserve de la sécurité et des performances attendues, la possibilité de réparer le composant concerné ou de procéder à un échange standard plutôt qu'au remplacement d'un ensemble complet.

Les réglages ou paramétrages réalisés à l'occasion d'une intervention ne doivent pas entraîner une augmentation injustifiée de la consommation électrique ou des consommations de fluides par rapport aux performances initialement annoncées.

10. Propriété intellectuelle et données

Le titulaire concède à l'acheteur, pour la durée de vie de l'équipement, un droit d'utilisation des logiciels de pilotage, d'acquisition et de traitement, pour l'ensemble des utilisateurs de la plateforme, y compris dans le cadre de prestations réalisées pour des tiers académiques ou industriels.

Les données acquises sont et demeurent la propriété exclusive de l'acheteur. Le titulaire ne peut en faire aucun usage, ni les transférer, sans autorisation écrite préalable. Toute fonctionnalité impliquant une transmission de données vers un service distant du titulaire est signalée dans l'offre et soumise à l'accord exprès de l'acheteur.