



DELEGATION ALSACE
23, RUE DU LOESS – BP 20
67037 STRASBOURG CEDEX 02

***ACQUISITION, LIVRAISON, INSTALLATION, MISE EN SERVICE ET
FORMATION A L'UTILISATION D'UN ENSEMBLE D'IMPRIMANTES 3D
POUR MATERIAUX AVANCES, GARANTI 3 ANS***

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

1) Contexte de l'opération

Les équipements objet du présent appel d'offres rejoindront le parc des machines d'impression 3D présent sur le site de l'IPHC (au STM, Service Technique de Mécanique). ils renforceront la diversité des moyens de fabrication existants, afin de proposer de nouvelles solutions techniques en développement mécanique, pour répondre aux besoins exprimés au sein des projets de recherche.

L'intégration de ces machines, dans les processus de développement d'ensembles mécaniques du STM, conduira à l'approfondissement de l'expertise en réalisation d'ensembles mécaniques qui incluent des pièces produites par fabrication additive. Ici, il s'agit, en particulier, de favoriser l'évolution vers la fabrication de pièces en matériaux polymères chargés (chargé en fibre de carbone) et métalliques (production de pièces vertes et sous-traitance de déliantage et frittage pour l'obtention de pièces en acier inoxydable).

2) Description du besoin

Le présent CCTP a pour objet la fourniture, la livraison, l'installation, la mise en ordre de marche et la formation à l'utilisation de quatre technologies d'impression 3D suivantes, scindé en 2 lots :

Lot 1 : Polymère chargé carbone et 316L

- 1- (Machine 1) Une imprimante 3D professionnelle à matériau thermofusible polymère chargé avec renforcement en fibre continue : le matériau visé est du nylon chargé carbone avec renforcement par fibre continue en carbone, avec possibilité de matériaux antistatique ou ignifuge, et possibilité de renforcement en fibres continues verre ou kevlar.
- 2- (Machine 2) Une imprimante 3D professionnelle à matériaux thermofusibles.

Une des deux machines doit permettre de produire des pièces dites vertes : le matériau final visé est l'acier inoxydable 316L

Lot 2 : PEEK et Résine renforcée

1. (Machine 1) Une imprimante 3D professionnelle de pièces, avec extrusion à haute température : le matériau visé est le PEEK, voire PEEK chargé carbone.
2. (Machine 2) Une imprimante à résine chargée avec presse à injecter : (avec module d'YOUNG amélioré et tenue à la température), voire à caractère ignifuge.

a. Caractéristiques techniques communes à tous les lots

Les équipements devront répondre à toutes les normes de qualité et de sécurité en vigueur en Europe et en France.

Les titulaires garantissent que les machines fournies sont certifiées CE.

L'encombrement de toutes les machines au sol ne doit pas dépasser 1500 x 1500 mm. La hauteur des machines ne doit pas dépasser 2100 mm, pendant la phase de mise en place.

Toutes les machines doivent être pilotables à distance avec une connexion WIFI ou ETHERNET, compatibles avec les systèmes d'exploitation Windows et OS récents.

Le suivi à distance doit permettre de démarrer et d'arrêter une impression.

- *Pièces tests*

Conformément au protocole de test annexé au document de la consultation (Annexe), pour chaque lot, le candidat imprimera les pièces tests demandées pour chaque machine et matériau visés. L'analyse des défauts des pièces tests participera à l'évaluation des offres. Les fichiers des pièces à imprimer sont fournis au format STL et sont joints à cet appel d'offre.

- *Consommables (positions 5,6 et 7 des BPU)*

Les consommables (matériaux d'impression, filtres, etc.) ainsi que les pièces de rechange doivent rester disponibles pendant au moins dix ans après l'acquisition des machines. Ces consommables devront être fournis en quantité suffisante pour assurer un fonctionnement continu de chaque machine pendant au moins 3 000 heures d'impression, avec ou sans l'intervention des membres du service mécanique de l'IPHC.

Enfin, le marché comprend la fourniture des consommables et matériaux nécessaires à la mise en œuvre initiale des machines, permettant ainsi un démarrage immédiat de la production de pièces.

Tous les matériaux devront être adaptés aux spécifications des machines fournies et être accompagnés des fiches techniques et des certificats de conformité requis. Ces exigences visent à garantir une mise en service efficace, un accompagnement sur le long terme, et une anticipation proactive des besoins en maintenance et en consommables afin de maintenir un haut niveau de disponibilité et de performance des machines acquises.

- *Caractéristiques informatiques et des logiciels*

L'offre précisera les logiciels utilisés par chaque machine.

Les logiciels permettent l'utilisation de fichiers au format, a minima STL, voire OBJ, 3MF ou STEP.

Les logiciels sont à licence valable au moins 10 ans, de préférence libre.

Les machines devront pouvoir fonctionner, déconnectés du cloud ou d'ordinateur.

Les candidats proposeront de préférence une gestion d'impression déconnectée d'Internet.

La solution de gestion d'impression par cloud commercial devra impérativement respecter la qualification SecNumCloud (ou une qualification européenne d'un niveau au moins équivalent) et être immunisée contre toute réglementation extracommunautaire.

L'outil logiciel doit proposer, a minima, les outils suivants :

- Un outil de tranchage et de gestion des paramètres d'impression pour la préparation de l'impression
- Un outil de simulation du processus d'impression avec estimation des consommables, de la

quantité de matière utilisée et de la durée d'impression.

- Un outil de suivi des impressions : historique, droits d'accès (de préférence avec authentification à 2 facteurs).

Ces outils logiciels doivent, a minima, permettre :

- La gestion et l'édition du remplissage des pièces
L'édition et la gestion des structures supports ou structures de type Lattice (répétition contrôlée d'un motif 3D imposé).

Pour la machine à renforcement en fibre continue, l'édition, couche par couche (ou par lot de couches) pour imposer la dépose de fibre continue (en orientation et densité) sera appréciée.

b. Caractéristiques techniques spécifiques à chaque lot

Lot 1 : Polymère chargé carbone et 316L

Une des deux machines (1 ou 2) doit permettre l'impression de pièces vertes avec maîtrise de déliantage et frittage. Le matériau visé, pour la pièce obtenue à la fin du processus, est l'acier inoxydable 316L.

Chaque machine proposera, **en position 9 du BPU**, un kit (avec têtes d'impression spécifiques) dédié à l'impression 3D de pièces vertes. L'épaisseur des couches, après frittage, doit être inférieure à 200 µm. Le candidat doit proposer un déroulement fiable, pour les trois phases du processus de production de pièce en 316L : impression 3D de pièces vertes, déliantage et frittage.

Le candidat précisera la procédure de passage d'une impression de pièce verte à une impression standard et inversement. La facilité de mise en œuvre sera appréciée.

Machine 1 : Imprimante à polymère chargé, renforcé en fibre continue

La machine doit comporter un compartiment pour le conditionnement du matériau utilisé afin d'optimiser la qualité de l'impression.

Cette machine dispose d'une calibration active, d'un nivelage automatique du plateau et d'une inspection automatique pendant l'impression.

Le volume utile d'impression disponible doit être supérieur à 300 x 270 x 200 mm. La hauteur du volume utile doit être supérieure ou égale à 200 mm.

La machine doit permettre une utilisation avec des épaisseurs de couches comprises entre 100 µm et 250 µm.

Cette machine permet l'impression fiable de polymère chargé carbone, avec renforcement par inclusion de fibre continue carbone. Elle permet également d'autres matériaux chargés et fibres continues.

Le transfert des fichiers de pilotage devra pouvoir se faire en directe via une clé USB ou une carte mémoire. Toute autre possibilité plus efficace sera un plus.

Machine 2 : Imprimante à fil fondu

Cette machine doit permettre l'impression d'au moins 2 matériaux différents, lors d'une impression, en version standard, avec un protocole simplifié pour effectuer un changement de tête.

Elle doit disposer, a minima, d'une tête à double extrusion.

Elle doit maîtriser le conditionnement interne d'au moins 3 bobines de matière et le chargement automatique des filaments parmi ces bobines et un plateau d'impression avec revêtement, de préférence en PEI.

Le volume utile d'impression doit être supérieur à 250 x 240 x 200 mm.

La possibilité d'utilisation offline (déconnectée d'Internet) est exigée.

Le transfert des fichiers de pilotage pourra se faire en direct via une clé USB ou une carte mémoire. Toute autre possibilité plus efficace sera un plus.

La machine doit permettre l'impression 3D de pièces en ABS, PA ou autres thermofusibles dont le candidat indiquera la liste des matériaux pour lesquels le fabricant a programmé la machine proposée.

La machine doit pouvoir imprimer avec des buses de diamètre 0,3 à 0,6 mm et empiler des couches d'épaisseur 80 µm à 400 µm, en fonction de la buse utilisée.

Lot 2 : PEEK et Résine renforcée

Machine 1 : Imprimante de pièces en matériaux techniques, avec fusion à haute température

Cette machine doit permettre l'impression d'au moins 2 matériaux différents, lors d'une impression, en version standard, avec un protocole simplifié pour effectuer un changement de tête.

Cette machine permet l'impression de matériaux polyimides et l'utilisation fiable de filament en PEEK, voire ULTEM 9085 ou 1010.

Son volume utile d'impression doit être supérieur à 300 x 270 x 200.

Elle doit proposer des buses de diamètre 0,4 mm ou 0,5 mm.

L'épaisseur des couches doit être inférieure à 250 µm en conditions normales de service.

Cette machine doit disposer de 2 têtes d'impression, avec système de nettoyage des têtes, permettant d'extruder à une température allant au-delà de 400 °C, un plateau chauffé à plus de 180°C et une chambre d'impression dont la température peut dépasser 150°C.

La machine doit comporter un compartiment pour le conditionnement du matériau utilisé afin d'optimiser la qualité de l'impression.

La machine doit permettre l'utilisation et le fonctionnement offline (déconnectée d'Internet ou d'un ordinateur).

Le transfert des fichiers de pilotage doit se faire en directe via une clé USB ou une carte mémoire. Toute autre possibilité plus efficace sera un plus.

La possibilité d'arrêter la machine à distance sera appréciée.

La machine doit disposer d'un système de filtration avancé des gaz produits.

Elle doit disposer de capteurs de suivi de températures (notamment, température ambiante dans la

chambre d'impression, température du plateau, température d'extrusion, ...) et d'un capteur de fermeture de porte principale.

Le candidat proposera, en option, un kit (avec têtes d'impression spécifiques) dédié à l'impression 3D de pièces vertes. L'épaisseur des couches, après frittage, doit être inférieure à 200 µm.

Le candidat doit proposer un déroulement fiable, pour les trois phases du processus de production de pièce en 316L : impression 3D de pièces vertes, déliantage et frittage.

Le candidat précisera la procédure de passage d'une impression de pièce verte à une impression standard et inversement. La facilité de mise en œuvre sera appréciée.

Machine 2 : Imprimante à résine et presse à injection

Le volume utile d'impression doit être supérieur ou égale à 200 x 110 x 220 mm.

La résolution d'impression dans le plan doit être inférieure ou égale à 50 µm. Des valeurs inférieures seront mieux notées.

L'épaisseur des couches, en mode d'impression standard, doit être égale ou inférieure à 50 µm. Des valeurs inférieures seront mieux notées.

La vitesse d'impression doit être supérieur à 40 mm/h (vitesse de déplacement vertical, pendant impression). Des valeurs supérieures seront mieux notées.

La machine doit permettre une utilisation offline (déconnectée d'Internet).

Le transfert des fichiers de pilotage doit se faire en directe via une clé USB ou une carte mémoire. Toute autre possibilité plus efficace sera un plus.

Une attention particulière sera apportée à sa capacité à produire des pièces en matériaux composites ou ignifuges, ainsi que la disponibilité du détail de la composition chimique des matériaux utilisés.

Le candidat fournira au moins **trois bacs** et le matériel associé pour pouvoir gérer, de façon indépendante, trois résines différentes (**position 1 du BPU**).

Le candidat devra fournir l'équipement pour le lavage automatisé des pièces et l'équipement pour la post-polymérisation des pièces imprimées à une température supérieure ou égale à 40 °C.

Ces équipements doivent pouvoir traiter les pièces produites avec la machine d'impression proposée.

Le candidat doit proposer, en **position 20 du BPU**, la presse à injecter. Cette presse permet une chauffe de matière première à une température contrôlée supérieure ou égale à 300 °C, et doit disposer d'un volume d'injection supérieur à 35 cm³.

3) Livraison, Installation et formation

a. Livraison et installation (concernant tous les lots)

• Livraison

L'encombrement de toutes les machines au sol ne doit pas dépasser 1500 x 1500 mm. La hauteur des machines ne doit pas dépasser 2100 mm, pendant la phase de mise en place.

Les fournitures objets du présent marché doivent être livrées en DDP et installées à l'adresse suivante dans les meilleurs délais :

CNRS Délégation Alsace
IPHC, salle d'impression 3D du bâtiment 02
23 rue du Loess, 67200 Strasbourg

Le matériel devra être livré sur le campus du CNRS, dans le bâtiment 02 de l'IPHC, en salle d'impression 3D, au 1^{er} étage.

Les contraintes d'accès sont les suivantes :

- Livraison uniquement sur rendez-vous
- Enregistrement préalable à l'accueil à l'entrée et à la sortie, du personnel assurant la livraison et l'installation,
- Disponibilité d'un monte-charge ou ascenseur jusqu'à 500 kg,
- Chemin d'accès : hauteur des passages : 2.10 m et largeur 1.50 m disponible pour porte

Le candidat doit tenir compte dans son offre de tous les coûts éventuellement générés par la livraison et l'installation des fournitures (accès disponibles, contraintes, points de branchements, protections nécessaires ...).

Les risques afférents au transport et à la livraison des matériels sont à la charge du titulaire, y compris pour la reprise de l'existant.

Les coûts de douane, d'expédition, d'emballage, de transport, d'assurance de transport et les taxes éventuels jusqu'au lieu de livraison seront à la charge du titulaire.

Le stockage des matériels ainsi que les frais afférents jusqu'à installation finale sont à la charge du titulaire.

Le titulaire devra reprendre tous les emballages et assurera l'élimination ou la valorisation finale des déchets dans les filières appropriées.

Le titulaire livrera le matériel sur site avec les consommables nécessaires à la mise en ordre de marche et accompagnées des notices et mode d'emploi en français et/ou en anglais en version papier et/ou électronique.

Le candidat précisera dans son offre le délai maximal de livraison ainsi que le délai maximal nécessaire pour l'installation de l'ensemble du matériel.

Au moment de la livraison, la documentation suivante devra être fournie par le titulaire de chaque lot du marché, en langue française ou à défaut en anglais :

- Manuel d'utilisation, de maintenance et de nettoyage des machines ;
- Liste des matériaux
- Liste des pièces de rechange ;
- Certificats CE

- **Installation du matériel**

La date d'installation sera déterminée conjointement entre le titulaire et le Laboratoire

Elle doit intervenir dans un délai maximum de 15 jours à compter de la livraison.

Le titulaire procédera à une mise en service complète de l'appareil. A l'issue de la mise en service, le titulaire remettra au Laboratoire un document indiquant la date de mise en ordre de marche effective. Ce document, valant PV d'installation, devra être signé par un représentant du titulaire, ainsi que par la personne responsable du groupe de recherche Laboratoire. Une copie du document signé devra être remise au Laboratoire.

- b. Formation à l'utilisation et à la maintenance des instruments (concerne tous les lots)**

Le titulaire devra assurer une formation sur site de 8 à 10 personnes, dans un délai maximal de 1 mois suivant l'installation des équipements.

La formation devra porter sur l'utilisation courante de l'équipement et la maintenance préventive, le diagnostic et le dépannage de 1^{er} niveau.

A l'issue de chaque formation, le titulaire délivrera un récépissé attestant de la réalisation de la formation des utilisateurs.

Le titulaire livrera un guide complet en format papier et/ou électronique, en Anglais et/ou en Français, reprenant les points évoqués lors de la formation et ce pour chaque matériel livré.

- **Formation initiale (Position 1 et 2 des BPU)**

Cette formation fait partie des opérations qui permettront la réception des machines à l'IPHC.

La première formation est une formation initiale et aura lieu à la mise en route. Elle aura une durée minimale de 1 jour en présentiel par machine et équipements associés. Elle sera à l'attention de 8-10 personnes.

La livraison pourra être accompagnée de cette formation dont le but est d'expliquer aux opérateurs la conduite et la maintenance des machines. Elle doit inclure les éléments suivants :

- Présentation des différents équipements et logiciels
- Fonctionnement et utilisation des CTA
- Changement des filtres et mesures de sécurité adhoc
- Explication des bonnes pratiques de conception et de mise en œuvre des machines livrées.

Au cours de cette formation, le titulaire procède, avec l'aide des futurs utilisateurs, à la réalisation de la pièce test d'épreuve (de l'utilisation des logiciels à la prise en main des pièces imprimées), avec chaque machine, permettant d'illustrer la plupart des géométries réalisables avec chaque machine.

La réalisation de pièces test d'épreuve fait partie du processus de vérification de l'équipement.

- **Formation approfondie (Position 15 du BPU 1 et Position 17 du BPU 2)**

Le candidat proposera une formation approfondie additionnelle (incluant un rappel), complémentaire

à la formation de base. Elle aura lieu durant la période de garantie. Elle aura une durée de 2 jours en présentiel. Elle sera à l'attention d'env. 10 personnes.

Son contenu sera précisé ultérieurement et concernera tout point évoqué pendant l'utilisation sur site et important pour l'exploitation des machines.

Cette formation approfondie pourrait ne pas faire partie de la commande.

4) Admission des prestations (concerne tous les lots)

Les opérations de vérifications démarrent à la mise en service du matériel ou le cas échéant à la fin de la formation initiale des utilisateurs de l'instrument si celle-ci est postérieure à la mise en service et seront effectuées par le CNRS conformément à l'article 27 et suivant du CCAG-FCS applicable.

Par dérogation à l'article 28.2. du CCAG-FCS, le délai imparti pour procéder aux opérations de vérification est de **1 mois maximum**. Passé ce délai, la décision d'admission des fournitures ou des services est réputée acquise.

À l'issue des opérations de vérification, une décision écrite d'admission, d'ajournement ou de rejet est prise par le CNRS dans les conditions de l'article 30 du CCAG-FCS.

5) Garantie et Service après-vente (SAV), concernant tous les lots

Les équipements objet des positions 1 et 2 des BPU font l'objet d'une garantie de **3 ans**. Le point de départ de la garantie est la date d'admission des prestations.

Pendant toute la période de garantie, le titulaire a une obligation de résultat concernant la remise en état de fonctionnement opérationnel de l'instrument en conformité avec les performances techniques et fonctionnelles prévues initialement.

Sont inclus au minimum dans cette garantie :

- Pièces, main-d'œuvre et déplacement, y compris l'échange standard, sans surcout et illimité des pièces défectueuses
- Le conditionnement, l'emballage et le transport des équipements nécessaires en cas d'échange ou de remise en état dans les locaux du titulaire.
- Les mises à jour mineures et majeures (mise à jour et changement de version), sans surcout, des logiciels, ainsi que la documentation technique concernant les modifications apportées.
- La durée de l'accès gratuit à un service offrant la possibilité de contacter un technicien/réparateur qualifié par téléphone (appel non surtaxé) ou par mail au minimum, tous les jours ouvrés de 9h à 17h heure française devra être indiquée.

En cas de panne/dysfonctionnement, le titulaire interviendra :

- soit via le conseil par téléphone, par mail,
- soit sur place via un technicien,
- soit en organisant le retour de l'équipement pour réparation.

Le délai d'intervention dont dispose le titulaire est de **5 jours ouvrés maximum** à compter de la

demande d'intervention du CNRS.

Le délai dont dispose le titulaire pour effectuer une mise au point ou une réparation qui lui est demandée est celui qui est fixé par décision du CNRS, après consultation du titulaire. Ce délai ne peut être supérieur à 30 jours calendaires.

Si une réparation ne peut être effectuée dans ce délai, le titulaire devra indiquer au CNRS ses délais de réparation et proposer une solution de dépannage temporaire, ou un mode de fonctionnement dégradé, dans les plus brefs délais.

Le titulaire précisera, le cas échéant, les éventuelles possibilités et modalités de prêt d'un appareil en cas d'indisponibilité prolongée.

6) Prestations additionnelles

Le marché prévoit des prestations additionnelles à chiffrage obligatoire pour chaque lot ainsi que des prestations additionnelles à chiffrage facultatif communes à tous les lots.

Ces prestations sont listées dans le bordereau de prix unitaire (BPU) correspondant à chaque lot.

Ces prestations additionnelles pourront être commandées par le CNRS pendant toute la durée de l'accord cadre.