

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

Acquisition d'une imprimante 3D de thermoplastiques à haute
performance

M26.0009

INSA LYON
Pôle Achats
Direction des Affaires Financières
20 Avenue Albert Einstein
69621 VILLEURBANNE cedex
marches.public@insa-lyon.fr

TABLE DES MATIERES

ARTICLE 1- PREAMBULE	3
ARTICLE 2-DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU MARCHÉ	3
ARTICLE 3 – CONTENU DE LA PRESTATION	4
ARTICLE 4 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES.....	4
ARTICLE 5 - LOGICIEL POUR PILOTER L'EQUIPEMENT	7
ARTICLE 6- NORMES	7
ARTICLE 7- PÉRIPHÉRIQUES ET ACCESSOIRES AU FONCTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT	8
ARTICLE 8- FORMATION.....	8
ARTICLE 9 – GESTION DES INTERVENTIONS URGENTES ET DES PANNES.....	8
ARTICLE 10 –COMPTE-RENDU D'INTERVENTION	9
ARTICLE 11 - PRESTATIONS SUPPLÉMENTAIRES ÉVENTUELLES FACULTATIVES (PSE)	9

ARTICLE 1- PREAMBULE

Le présent marché a pour objet d'équiper la plateforme Plastronique du laboratoire AMPERE d'une imprimante 3D dédiée aux Thermoplastiques à Haute Performance (THP) neuve.

Pour garantir des impressions de qualité — tant sur le plan des propriétés mécaniques que de la porosité et de l'état de surface des pièces — il sera indispensable de maîtriser la mise en forme de ces matériaux à haute température. Cela impliquera un contrôle rigoureux des températures de l'enceinte de fabrication, du plateau de construction et du système d'extrusion.

Une seule méthode d'impression 3D sera considérée pour les THP : l'extrusion par fil.

Dans le cadre de ce projet, deux critères d'évaluation majeurs seront retenus pour les pièces brutes (sans post-traitement) :

- La porosité de surface, définie comme la porosité volumique moyenne mesurée sur deux épaisseurs de peau (0,5 mm et 1 mm) ;
- La rugosité de surface.

Le candidat devra obligatoirement démontrer la qualité de fabrication concernant les critères « porosité de surface » et « rugosité de surface » en fabriquant trois échantillons d'une pièce test dans les matériaux THP référencés dans la liste 1 du présent CCTP'' (cf. article 3.5 du règlement de consultation). Les échantillons feront l'objet d'une caractérisation par le laboratoire AMPERE de la rugosité de surface par sonde optique confocale, ainsi qu'à des coupes micrographiques pour évaluer la porosité de surface par microscopie numérique 3D.

ARTICLE 2-DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU MARCHÉ

Le présent marché a pour objet l'acquisition, l'installation, la mise en service, la garantie, la formation et le service après-vente d'une imprimante 3D de thermoplastiques à haute performance neuve.

Lieu d'exécution :

INSA Lyon

Campus Lyon Tech La Doua
20 avenue Albert Einstein
69621 Villeurbanne Cedex

Lieu de livraison :

INSA Lyon

Laboratoire AMPERE
Bâtiment Vinci 3^{ème} étage
21 avenue Jean Capelle
69100 VILLEURBANNE

ARTICLE 3 – CONTENU DE LA PRESTATION

La prestation doit comprendre :

- La fourniture du matériel
- L'emballage, le transport et la livraison du matériel
- L'installation et la mise en service sur site
- La réalisation des tests de bon fonctionnement et des tests souhaités par le laboratoire AMPERE
- La remise de la documentation
- Les formations des utilisateurs sur site

Le coût de chacun de ces postes doit être détaillé dans l'annexe financière (Décomposition du Prix Global et Forfaitaire – DPGF).

Un guide de pré-installation spécifiant les exigences techniques à remplir au niveau du laboratoire devra être joint à la proposition technique et commerciale. Il comprendra notamment les informations suivantes : dimensions et poids de la machine ainsi que d'éventuels équipements annexes, alimentation électrique (voltage, ampérage, puissance, type de prise...) et autres contraintes (éventuellement extraction et filtrage de l'air de l'enceinte, air comprimé, eau ...), etc.

ARTICLE 4 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

L'imprimante 3D doit respecter les caractéristiques ci-dessous.

1- Le volume de l'enceinte de travail souhaité est le suivant :

- Au moins 400x350x400 mm selon les axes XYZ axe Z vertical

2- Les températures de mise en forme doivent être les suivantes :

- Température du système d'extrusion des thermoplastiques : au moins 450°C
- Température de l'enceinte de fabrication : au moins 200°C
- Température du plateau de construction : au moins 200°C

3- Thermoplastiques à mettre en œuvre :

3.1- L'imprimante doit permettre de travailler obligatoirement avec les matériaux suivants (Liste 1) :

- Polymère technique (pour prendre en main la machine) :
 - Polyamide avec fibres de carbone courtes (PA CF) et son matériau support,
- Thermoplastiques à Haute Performance THP (constituant le cœur du projet) :
 - Poly (Ether imide) PEI de nom commercial ULTEM 9085 et son matériau support,
 - Poly (Ether cétone cétone) avec fibres de carbone courtes (PEKK CF) et son matériau support.

Pour les matériaux de la Liste 1, en utilisant les moyens de démonstration de son choix, le candidat fournira les éléments d'information concernant :

- L'état de surface et la porosité de surface des pièces,
- La précision, la répétabilité de fabrication et la fiabilité de la machine.

Le candidat doit spécifier les diversités des matériaux possibles (bruts, chargés, etc.) de la Liste 1, La conformité aux différentes normes devra aussi être précisée : tenue au feu et autres normes (militaires, aéronautiques, spatiales, ferroviaires, ou médicales etc.). Il donnera les éléments d'information opérationnels (charge initiale de matériaux, profils d'impression validés par le fournisseur, etc.).

La machine sera livrée avec un PA CF, un ULTEM 9085 et un PEKK CF.

3.2- Gamme annexe de thermoplastiques à haute performance

Le candidat indiquera également les THP qui pourront être imprimés avec cet équipement parmi les matériaux de la Liste 2 ci-dessous :

Liste 2 :

- Poly (Ether imide) PEI de nom commercial ULTEM 1010 et son matériau support
- Polysulfone (PSU), Polyéther sulfone (PES), Polyphénylsulfone (PPSU) et matériaux supports
- Sulfure de polyphénylène PPS et son matériau support
- Poly (Aryl éther cétone) PAEK de nom commercial VICTREX AM 200
- Autres PAEK, Poly (Ether cétone cétone) PEKK, Poly (Ether éther cétone) PEEK et matériaux supports
- Autres thermoplastiques à haute performance

Le candidat doit spécifier les diversités des matériaux possibles (bruts, chargés, etc.) de la Liste 2, La conformité aux différentes normes devra aussi être précisée. Il donnera les éléments d'information opérationnels (charge initiale de matériaux, profils d'impression validés par le fournisseur, caractérisation des pièces imprimées etc.).

L'INSA choisit les THP de la Liste 2 qu'il souhaite mettre en œuvre à la livraison de la machine.

3.3- Gamme annexe pour l'impression de thermoplastiques avec des renforts longs

Dans la liste 3, le candidat indiquera les THP qui pourront être imprimés **avec des renforts longs** (longueur supérieure à 1 mm) en continu pendant la fabrication de la pièce. Il précisera la nature des renforts longs (carbone, verre, autre nature).

Le candidat précisera les diversités possibles des matériaux, La conformité aux différentes normes devra aussi être précisée : tenue au feu et autres normes (militaires, aéronautiques, spatiales, ferroviaires, ou médicales etc.). Il donnera les éléments d'information opérationnels (charge initiale de matériaux, profils d'impression validés par le fournisseur, etc.).

L'INSA choisira les THP à renforts longs de la Liste 3 qu'il souhaite mettre en œuvre à la livraison de la machine.

3.4- Capacité à mettre en œuvre des thermoplastiques à haute performance non propriétaires

Le candidat doit préciser s'il est possible de mettre en œuvre des THP provenant de fournisseurs tiers. Il communiquera précisément les possibilités techniques, ainsi que les modalités pour ce faire (ouverture des logiciels par exemple).

3.5- Charges de départ et autres informations nécessaires

Pour les matériaux de toutes les listes, il conviendra d'indiquer :

- S'il s'agit d'un THP brut (non chargé) ou s'il contient des charges (carbone, verre, retardateur de feu, renforts longs, autres charges à préciser). Les spécifications du matériau seront fournies ainsi que le profil d'impression.
- S'il s'agit d'un matériau propriétaire (à acheter obligatoirement chez le fournisseur) ou si un fournisseur tiers est possible.
- Les prix avec les conditionnements (prix dégressifs par quantité). Le diamètre des filaments sera renseigné.

Le candidat devra proposer dans son offre pour les THP de la liste 1 :

- Une charge de départ minimale pour mettre en route la machine et maîtriser son fonctionnement
- Une charge de départ plus conséquente correspondant à 3 mois de fonctionnement.

La durée de vie des matériaux en considérant soit un stockage dans la machine, soit un stockage extérieur à la machine (mais adapté) doit être précisée dans l'offre du candidat.

L'imprimante 3D de thermoplastiques à haute performance devra être opérationnelle dès sa livraison avec tous les matériaux commandés.

4- Performance globale de l'équipement et autres éléments d'appréciation, soit notamment :

- Nombre de têtes d'extrusion (indiquer si elles sont indépendantes ou interdépendantes) ;
- Quantité de filaments intégrés dans la machine (nombre de bobines, volume de matière, etc.)
- Contrôle de l'hygrométrie des filaments ;
- Possibilité de changement automatique de fil en cas d'épuisement de la bobine de fil en cours d'utilisation dans l'impression ;
- Méthode d'enlèvement de la pièce sur le plateau de fabrication ;
- Calibration de la machine (horizontalité du plateau, entrefer entre la buse d'extraction et le plateau, alignement des buses, etc....) ;
- Capteurs et caméras permettant de suivre le déroulement de l'impression (températures, tension du filament, écrasement du filament, détection d'incidents divers, etc.) ;
- Modes de détection de défaillances et fautes ;
- Archivage des données de fabrication.

Les modalités d'enlèvement des pièces de la machine et de finition doivent être précisées dans l'offre (Mode de détachement de la pièce de son plateau support, enlèvement des supports par voie mécanique ou chimique, possibilité de contrôler le refroidissement de la pièce dans l'enceinte de travail après l'impression, nécessité d'une étuve extérieure, matériels de finition et post-traitements avec information sur les procédures à suivre).

ARTICLE 5 - LOGICIEL POUR PILOTER L'EQUIPEMENT

Le logiciel d'acquisition et de traitement des données doit être implantable sur un nombre de PC suffisants sans surcoût de licence additionnelle et téléchargeable gratuitement sur le site du constructeur. De même, les mises à jour devront être proposés par le constructeur pendant la durée de la garantie.

Le logiciel doit permettre :

- **Le pilotage de la machine**, avec au moins les fonctions suivantes : découpe en tranches des fichiers CAO (formats à définir), réparation des fichiers d'entrée, orientation des pièces parcoures d'impression et remplissage, génération des supports et création automatique des supports, placement des pièces sur le plateau, autres options d'impression, estimations du temps d'impression et de la quantité de matière à consommer, etc. Le candidat devra indiquer la compatibilité de la machine avec des logiciels ouverts non propriétaires (Simplify3D, Orca Slicer, PrusaSlicer, etc.) et la possibilité d'intervention au niveau matériel le plus bas, c'est-à-dire le parcours d'outil, par exemple au niveau du G-Code.
- **L'archivage** et l'analyse des données de fabrication de chaque pièce (protocoles d'impression, paramètres réels de fabrication, compte-rendu des incidents de fabrication, etc.). Le logiciel d'analyse doit permettre la comparaison aisée des résultats d'une série de fabrication.
- Eventuellement, **la simulation** des pièces ou du procédé de fabrication. Soit notamment :
 - Simulation des propriétés mécaniques des pièces ;
 - Simulation de la porosité des pièces (prévision de la présence des pores et de leurs dimensions) et stratégies de correction à mettre en place ;
- Eventuellement, le **paramétrage de la machine de manière non conventionnelle**. Soit notamment :
 - Amélioration des états de surface des pièces, par exemple par repassage ou « ironing » des surfaces extérieures ;
 - Tranchage numérique par découpe non planaire, etc.

ARTICLE 6- NORMES

L'équipement proposé doit être conforme aux normes européennes en vigueur.

ARTICLE 7- PÉRIPHÉRIQUES ET ACCESSOIRES AU FONCTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT

Est exclu de l'offre du candidat l'ordinateur.

Le candidat doit fournir la liste des accessoires fournis avec l'imprimante 3D ou ainsi que la liste des pièces optionnelles :

- Kit contenant les accessoires de base nécessaire au fonctionnement de l'imprimante 3D (brosses, gants, colle, petits outillages etc.)
- En option : Etuve,
- En option : Cuve pour l'enlèvement des supports par dissolution chimique....

ARTICLE 8- FORMATION

Le Titulaire doit prévoir au moins deux journées complètes de formation sur site pour 4 personnes permettant de :

- Maîtriser tous les risques liés au fonctionnement et à la maintenance de l'équipement (risques électriques, manutention, etc...),
- Utiliser l'équipement et le logiciel,
- Étalonner et régler l'appareil,
- Utiliser les accessoires et les périphériques

La formation doit être accompagnée d'un document technique détaillé du type mode opératoire ou manuel opératoire en français et en anglais.

Tous les documents de formation devront être remis au minimum en deux exemplaires en version papier et numérique.

Cette formation sera effectuée à l'issue de la mise en service de l'équipement. Les dates précises de la formation seront déterminées en concertation avec le responsable de l'équipement.

ARTICLE 9 – GESTION DES INTERVENTIONS URGENTES ET DES PANNES

Le titulaire doit disposer d'un service après-vente (SAV) qui sera ouvert du lundi au vendredi de 8h à 17h, jours fériés exclus.

Le Titulaire indique dans son offre les coordonnées de son service SAV : un numéro de ligne direct à contacter en cas de panne sur un équipement et permettant d'établir un premier diagnostic est mis à disposition des services prescripteurs.

Toute intervention relative à une panne ou au remplacement non prévu au contrat d'une pièce défectueuse, doit faire l'objet d'un devis préalable par le Titulaire et d'un bon de commande par l'Acheteur.

Le Titulaire indique dans son offre les délais d'intervention pour une intervention relative à une panne et une intervention en urgence.

ARTICLE 10 –COMPTE-RENDU D'INTERVENTION

L'ensemble des interventions donnera lieu à l'établissement par le titulaire du marché d'un rapport d'intervention, à l'occasion duquel des propositions d'interventions supplémentaires seront faites, si nécessaire.

Par la suite, le titulaire formule ses propositions d'intervention (liste des travaux, temps d'intervention et d'immobilisation, etc.) en indiquant les conséquences que pourraient entraîner une décision négative de l'Acheteur.

Il donne tout conseil qu'il juge utile sur l'utilisation des équipements et les améliorations à apporter.

ARTICLE 11 - PRESTATIONS SUPPLÉMENTAIRES ÉVENTUELLES FACULTATIVES (PSE)

L'INSA Lyon se réserve le droit de commander ou non, lors de la signature du contrat, une ou des prestation(s) supplémentaire(s) éventuelle(s) (PSE) en rapport direct avec l'objet du marché.

Le CCTP comporte quatre PSE facultatives.

Les soumissionnaires peuvent répondre dans leur offre à quatre PSE dites « facultatives ».

PSE 1 facultative : Acquisition d'un kit de pièces de rechange et pièces détachées comportant notamment : plateaux de fabrication, buses, blocs thermiques, têtes d'extrusion, filtres, capteurs, etc.

PSE 2 facultative : Pour l'ULTEM 1010 de la Liste 2, acquisition d'un stock de filaments et supports de filament correspondant à 3 mois de fonctionnement. Pour les filaments, ce fonctionnement correspond à 1080 h de fabrication de cubes 100x100x100 mm avec un taux de remplissage de 50% et une épaisseur de couche de 0,25 mm, tandis que pour les supports de filaments, cela correspond à un volume égal à 30% du volume des filaments.

PSE 3 facultative : Pour le VICTREX AM 200 de la Liste 2, acquisition d'un stock de filaments et supports de filament correspondant à 3 mois de fonctionnement. Pour les filaments, ce fonctionnement correspond à 1080 h de fabrication de cubes 100x100x100 mm avec un taux de remplissage de 50% et une épaisseur de couche de 0,25 mm, tandis que pour les supports de filaments, cela correspond à un volume égal à 30% du volume des filaments.

PSE 4 facultative : Pour le renfort long de carbone de la Liste 3, acquisition d'un stock de renfort de carbone correspondant à 3 mois de fonctionnement. Celui-ci correspond à 1080 h de fabrication de cubes 100x100x100 mm en PA CF de la liste 1 avec un taux de remplissage de 50% et une épaisseur de couche de 0,25 mm Le volume de renfort long de carbone correspond à 10% du volume du PA CF.