



CLERMONT AUVERGNE INP
27 rue Roche Genès – Campus des Cézeaux
63178 - Aubière Cedex

Marché public de fournitures

Acquisition d'une cellule de fabrication hybride pour Sigma Clermont au sein de Clermont Auvergne INP

Marché n°: 202606SIG1PFDD

Appel d'offres ouvert

Lot 1 “Acquisition d'un centre de fabrication additive 5 axes DED-LW”

**Cahier des Clauses Techniques Particulières
(C.C.T.P.)**

SYNTHÈSE DU CONTRAT

	Marché public de fournitures <u>Objet</u> : Acquisition d'une cellule de fabrication hybride pour Sigma Clermont au sein de Clermont Auvergne INP
	<u>Acheteur</u> : CLERMONT AUVERGNE INP 27 rue Roche Genès – Campus des Cézeaux 63178 - Aubière Cedex
	Le marché inclut des considérations environnementales.
	Le marché n'inclut pas de considérations sociales.
	Marché passé en appel d'offres ouvert, en application des articles R2124-1, R2124-2 et R2161-2 à R2161-5 du code de la commande publique. CCAG applicable au marché public : CCAG Fournitures Courantes et Services.
	_____
	Le marché est divisé en 2 lots.
	La durée de chaque lot est définie au sein du présent document.
	La forme du prix de chaque lot est définie au sein du présent document.
	En cas de variation des prix, celle-ci est définie pour chaque lot au sein du présent document.
	<u>Tranches</u> : Le marché n'est pas divisé en tranches. <u>Prestations similaires</u> : Le présent document indique, pour chaque lot, la possibilité de recourir à des prestations similaires.
	Le marché n'est pas réservé à une profession particulière.

SOMMAIRE

ARTICLE 1.	DESCRIPTION DU MARCHÉ	4
ARTICLE 2.	LOT 1 “ACQUISITION D'UN CENTRE DE FABRICATION ADDITIVE 5 AXES DED-LW”	4

ARTICLE 1. DESCRIPTION DU MARCHÉ

Objet des fournitures :

Acquisition d'une cellule de fabrication hybride pour Sigma Clermont au sein de Clermont Auvergne INP.

Le marché est divisé en lots comme suit :

Lot 1 : Acquisition d'un centre de fabrication additive 5 axes DED-LW

Lot 2 : Acquisition d'une machine d'usinage à 5 axes

ARTICLE 2. LOT 1 "ACQUISITION D'UN CENTRE DE FABRICATION ADDITIVE 5 AXES DED-LW"

1. Besoin

Dans le cadre de France 2030, Clermont Auvergne INP / Sigma Clermont porte le projet Compétences et Métiers d'avenir PF_DD (Procédés de Fabrication Décarbonés et Durables). Ce projet a pour but d'instrumenter des cellules expérimentales de fabrication, pour suivre en continu leurs consommations énergétiques afin de définir les meilleures pratiques, en tenant compte des critères environnementaux.

Le Centre de Transfert de Technologie souhaite mettre en place une cellule de fabrication hybride composée d'une machine expérimentale de fabrication additive métallique multiaxes déployant une technologie DED Laser fil (DED-LW) et d'un centre de fraisage à 5 axes. L'objet du présent marché est l'acquisition de ces deux moyens production.

La machine de fabrication additive servira à la production de pièces brutes qui seront ensuite reprises en usinage, à différents moments de la production, sur le centre d'usinage associé. Elle sera également instrumentée afin d'étudier les consommations d'énergies liées aux opérations de fabrication additive ainsi que l'ensemble des paramètres nécessaires au développement d'activités de recherche autour du DED-LW. Cette machine doit intégrer les dernières innovations techniques. La tête d'impression doit notamment être présente dans l'industrie et ne doit être ni un outil pédagogique, ni une machine prototype. Elle devra permettre une grande flexibilité pour la réalisation de très petites séries de pièces et des changements de production rapides.

Le centre de fraisage servira à la reprise d'usinage des pièces obtenues en fabrication additive, il sera aussi instrumenté afin d'étudier les différentes consommations d'énergies liées aux opérations d'usinage.

Les actions de formation et de recherche prévues à ce jour sur cet équipement, concernent la formation initiale des élèves Ingénieurs et de Bachelor de SIGMA, accueillis sur le plateau technique du Centre de Transfert de Technologie et les activités de recherche conduites dans le cadre de l'Institut Pascal. Cette machine servira aussi bien aux travaux pratiques qu'à la réalisation de pièces prototypes dans le cadre de projets d'étudiants ou de recherche.

Les utilisateurs seront donc des étudiants de formation Ingénieur ou Bachelor, les enseignants, les techniciens et ingénieurs de la plateforme, des chercheurs et des doctorants.

2. Caractéristiques techniques de la fourniture

L'offre de base porte sur tout ou partie des lots présentés, dont les caractéristiques sont détaillées aux paragraphes suivants. Cette offre pourra être complétée par toute option permettant d'améliorer les performances du système dans l'objectif de la mise en place d'une cellule de fabrication hybride.

Les fournisseurs pourront répondre sur l'un des lots présentés ou les deux dans la mesure de leurs capacités.

ALOTISSEMENT

Le marché est formé de deux lots.

Les classifications conformes au vocabulaire commun des marchés européens (CPV) et à la nomenclature NACRES pour chaque lot sont les suivants :

Lots	Désignation	Classification principale CPV	Classification NACRES
1	CENTRE DE FABRICATION ADDITIVE 5 AXES DED-LW	42611000-2	RA.11
2	MACHINE D'USINAGE A 5 AXES	42612000-9	RA.11

LOT 1 CENTRE DE FABRICATION ADDITIVE 5 AXES DED-LW

3. Caractéristiques techniques de la fourniture

3.1 Conception générale DED-LW 5 axes :

La machine, de conception cartésienne, doit comprendre la tête d'impression obligatoirement placée verticalement sur l'axe Z et une table rainurée. Les mouvements de rotations A (ou B) et C devront impérativement être réalisés par la table, et la translation Z par la tête. Les deux autres translations X et Y pourront être effectuées toutes les deux par la tête ou un par la table et l'autre par la tête. Une architecture différente pourra être proposée si elle est justifiée. Une structure de type robot anthropomorphe n'est pas acceptée. L'offre devra préciser la cinématique retenue pour la machine.

La machine devra être capable de produire en 5 axes continu. Ses caractéristiques sont détaillées dans les paragraphes qui suivent.

La rigidité de l'ensemble, la simplicité de mise en place d'une instrumentation, la qualité générale de fabrication, le volume de travail, l'espace des orientations admissibles de la pièce par rapport à la tête d'impression, les vitesses d'avance atteignables, et la simplicité de programmation des mouvements sont des critères particuliers d'évaluation.

3.2 Sécurité :

La fourniture devra être conforme aux directives européennes CE spécifiques à la sécurité des moyens de production de ce type et être utilisable dans un établissement d'enseignement de l'Education Nationale (article R233-73, R233-83 du code du travail et décret 92-767 du Journal Officiel de la République Française).

Les modes de fonctionnement en fabrication additive avec le laser forte puissance (enceinte machine fermée et verrouillée) et en réglage avec le dispositif de pointeur laser (portes ouvertes) devront être conformes à une classification de Classe 1 au sens de la norme EN 60825-1. Les opérations de maintenance peuvent éventuellement être exclues de cette obligation.

La cellule devra être équipée d'autant de boutons d'arrêt d'urgence que jugé nécessaire. Le déclenchement d'un arrêt d'urgence ne devra pas couper l'arrivée d'air comprimé protégeant les optiques de la tête, de sorte que celle-ci reste protégée après l'AU.

3.3 Capacités techniques :

La solution doit présenter des caractéristiques visées les plus proches des caractéristiques maximales attendues, et satisfaire nécessairement toutes les caractéristiques minimales imposées.

3.3.1 **Architecture machine**

	Minimum imposé	Maximum
Cinématique	5 axes, tête d'impression verticale	5 axes, tête d'impression verticale
Volume de travail X Y Z	X950 Y850 Z800 mm	
Courses A / C ou B / C selon configuration	Amplitude mini A ou B 150° C 360° ou N tours	A ou B 240° C N tours
Distance tête d'impression - Table	Imposé 0 mm	
Vitesse rapide X, Y, Z	5 m/min	Souhaité 15 m/min
Plage de vitesse travail X, Y, Z	De 0,5 à 5 m/min	De 0,5 à une vitesse supérieure à 5 m/min
Accélération axes X, Y, Z	5 m/s ²	
Vitesses A / C ou B / C selon configuration	15 trs / min	Souhaité supérieur à 30
Type de table	Rainurée	
Dimensions table	Diamètre 850 x 750 mm	
Charge maxi	300 kg	400 kg
Précision	< 0.1 mm	Souhaité < 0.01 mm

Cinématique :

- La tête d'impression doit être capable de produire une pièce directement au niveau de la table. La distance entre le bas de la tête d'impression et la table doit donc être au moins nulle quand la tête est au plus bas.
- La machine doit être capable de réaliser des mouvements précis et non saccadés pour des vitesses de travail comprises entre une vitesse quasi-nulle ($<0.5\text{m/min}$) et 5m/min
- La table de fabrication doit être rainurée. L'entre-axe et les dimensions des rainures seront précisés à la commande.
- La table doit pouvoir être démontée et remontée simplement, avec un positionnement répétable (préciser l'incertitude de repositionnement).

La machine devra impérativement être équipée d'une manivelle déportée de déplacement des axes permettant à un opérateur de déplacer manuellement les axes de la machine tout ayant la tête d'impression en visuel, porte ouverte. Cette manivelle (flex pendant) devra être doté d'un bouton d'AU.

Un bouton d'arrêt d'urgence devra être présent sur un poste utilisateur attenant à la cellule (bouton d'arrêt d'urgence déporté, minimum 2 mètres). Le poste utilisateur en question n'est pas inclus dans l'offre initiale.

Position de maintenance et de rangement

- La machine devra disposer d'une position de maintenance, dans laquelle la tête d'impression vient se placer dans une position et orientation qui permettent à un opérateur de réaliser en toute sécurité les diverses opérations de maintenance de la tête. On souhaite ainsi que la tête vienne se placer à hauteur d'homme au niveau d'une porte ou d'une trappe d'accès. Cette position peut se trouver en dehors de l'espace de travail.
- La machine devra disposer d'une position de rangement pour la tête d'impression. Dans cette position, la tête se trouve en dehors de l'espace de travail pour éviter que celle-ci ne puisse être détériorée par les diverses opérations d'entretien (exemple : nettoyage de la table) ou de chargement/déchargement de pièces.

Cartérisation :

- La machine devra être cartérisée pour assurer la sécurité des personnels et des équipements situés à l'extérieur de la cellule. Une attention particulière devra être portée au laser et aux projections de métal fondu.
- La machine doit être équipée d'une caméra d'ambiance permettant d'observer l'ensemble du volume de travail. Les images produites par cette caméra doivent pouvoir être visualisées en temps réel sur un ordinateur situé à l'extérieur de l'enceinte. Cette caméra pourra, en option, être pilotable à distance en rotation et en zoom.
 - La caméra ne doit pas être endommagée pendant le fonctionnement de la machine.
 - La résolution effective et la fréquence d'acquisition de la caméra doivent être compatibles avec le temps de réaction nécessaire au déclenchement d'un arrêt d'urgence.
 - L'offre devra préciser la résolution effective et la fréquence d'acquisition de la caméra envisagée. Si un logiciel est nécessaire au bon fonctionnement de cette caméra, celui-ci doit être inclus dans l'offre.
 - L'offre devra préciser les spécifications de l'ordinateur externe qui servira, entre autres (voir la suite du document), à la visualisation des images de cette caméra.
 - Cette exigence de caméra pour l'observation du volume de travail devient une option si le carter est équipé de baies vitrées sécurisées permettant l'observation direct du volume de travail (voir option)
- La cartérisation doit permettre l'accès aisé pour le chargement et le déchargement de la machine avec une girafe ou un chariot élévateur.
- La cartérisation doit intégrer une porte permettant les opérations de maintenance et d'installation de différents éléments dans la cellule. En production (hors démonstration), cette porte devra être

sécurisée pour empêcher une production porte ouverte. En revanche, la machine devra disposer d'un mode démonstration fonctionnant porte ouverte, avec vitesses bridées et utilisation d'un laser pointeur (voir exigence 2.3.2).

- La cartérisation doit intégrer des sorties de câbles. Pour permettre l'installation ultérieure de divers capteurs à l'intérieur de la machine, le carter doit être équipé de perçages permettant la sortie de faisceaux de câbles sur les différentes faces de la cellule (souhaité 1 perçage par face et 1 perçage sur le toit). Le diamètre des perçages pour le passage des câbles sera de 50 mm minimum. Ces passages de câbles ne devront pas compromettre la sécurité de l'ensemble.
- La cellule doit être équipée d'un éclairage permettant une bonne visualisation de l'espace de travail, à l'œil ou par caméra, sans ombre portée.

La cellule devra travailler sans palettisation automatique et proposer une conception à architecture ouverte afin de permettre l'ajout de capteurs ou d'éléments de renfort de la structure.

3.3.2 Tête d'impression et accessoires

Le système de fabrication additive DED-LW devra.

- Fonctionner avec un fil d'apport de diamètre 1,2 mm (autre diamètre en option).
- Avoir un apport d'énergie laser coaxiale au fil, souhaitée uniformément ou quasi-uniformément répartie.
- Permettre la production de pièces avec des matériaux de type : aluminium (par exemple 2219), acier (par exemple H11), inox (par exemple 316L) et superalliage (par exemple IN718).
- La production de ces matériaux devra se faire sous forme de cordons réguliers, dont la largeur sera comprise entre 1 et 5 mm, pour une vitesse d'avance comprise entre 0.3 et 2 m/min.
- Disposer d'un système d'inertage local par flux de gaz neutre.
- Les optiques et autres éléments sensibles de la tête devront être protégés des fumées et projections causées par la production (exemple : par flux d'air comprimé).
- Intégrer un système de refroidissement de la tête et tout élément nécessitant un refroidissement actif. La machine ne doit pas nécessiter de temps de pause pendant la production pour le refroidissement de ses composants.
- Être équipée de lasers visibles de faible puissance (Classe 1) pour réaliser des réglages et des démonstrations (exemple : pointeur laser rouge). Les tâches de ce laser devront correspondre aux tâches des lasers principaux. Ces lasers de démonstration doivent pouvoir être allumés porte ouverte en toute sécurité.
- Intégrer un dévidoir de fil.
 - Ce dévidoir devra nécessairement être équipé d'un dispositif assurant la répétabilité du positionnement du fil par rapport à la pièce au cours de la production.
 - Le système de contrôle de positionnement du fil à privilégier est un système de contrôle en effort pour le pilotage du dévidage du fil. Si ce système n'est pas présent dans l'offre initiale, il peut être proposé en option.
 - Ce système de contrôle doit pouvoir être changé ultérieurement, si l'on souhaite installer une autre technologie.
 - Si des systèmes d'entraînement (par exemple, type galets) sont spécifiques à certains matériaux, le préciser et les chiffrer en option.
- Intégrer une caméra de contrôle visuel du bain de fusion.
 - Cette caméra devra permettre de visualiser la zone de production autour du bain de fusion, sans être perturbée par les rayonnements du laser et du bain de fusion (par exemple avec un filtre de type caméra de soudage).
 - Cette caméra devra permettre une visualisation de ces images, avec un délai compatible avec le déclenchement manuel d'un arrêt d'urgence.
 - La résolution effective permettra d'observer finement le bain de fusion à une fréquence de 60 Hz ou supérieur.
 - L'offre devra préciser, pour la ou les caméras envisagées, la résolution et la fréquence

- correspondante.
- Si un logiciel spécifique est nécessaire au bon fonctionnement de cette caméra, il doit être inclus dans l'offre.
- La visualisation des images de cette caméra se fera sur le même ordinateur externe que la caméra d'ambiance. L'offre précisera les spécifications requises pour cet ordinateur.
- Disposer d'un système de contrôle en temps réel de la puissance laser en cours de production, à partir de mesures issues de la fabrication, par un logiciel intégré.

La cellule doit être prééquipée pour accueillir par la suite un système d'inertage localisé autour de la pièce (de type cloche). Aucun inertage de l'ensemble de l'enceinte n'est requis.

La tête d'impression doit être compatible avec un redresseur de fil.

3.3.3 Gaz et ventilation

- L'offre devra préciser les caractéristiques (débit d'aspiration, dépression, caractéristique de raccordement, taille de gaine, etc.) nécessaires pour l'évacuation et la filtration des gaz et fumées générés pendant la production.
- Un système autonome d'évacuation et de filtration des gaz et fumées générés pendant la production doit être proposé. Il devra être précisé si le rejet est prévu en intérieur ou en extérieur. Un rejet en extérieur en façade devra être privilégié.
- La cellule devra disposer d'un système d'inertage par flux de gaz par bouteille déportée à l'extérieur de machine. Le déclenchement et l'arrêt du flux de gaz doivent être pilotée par une électrovanne activable directement dans le code machine.
- Les circuits de gaz neutre et d'air comprimé devront être équipés chacun d'un débitmètre et d'un baromètre permettant la mesure des flux de gaz, ainsi que d'un robinet permettant d'ajuster le débit de ces flux.
- L'intérieur de la cellule doit être équipée d'un capteur permettant de prévenir le risque d'hypoxie (vis-à-vis des gaz d'inertage).

3.4 Commande Numérique :

La Commande Numérique devra être de marque Siemens dernière génération.
Elle devra.

- Intégrer des programmes paramétrés (permettant la prise en compte de variables).
- Intégrer une interpolation linéaire, circulaire, hélicoïdale des 5 axes.
- Intégrer une interpolation polynomiale des 5 axes.
- Intégrer une indexation de la table. ;
- Permettre la communication extérieure par carte Ethernet.
- Permettre le traitement de programmes de grande taille (programme minimal traitable : 5 Mo / 50000 lignes), avec fonction de lissage.
- Disposer d'un Look Ahead, suivi de trajectoires ou similaire.
- Disposer d'un port USB pour le chargement de code.
- Préciser toutes les fonctions disponibles avec les commandes correspondantes.
- Proposer une offre de CPU et de mémoire vive qui soient compatibles avec des opérations de fabrication additive exigeantes comprenant des programmes ayant des points très resserrés.
- Proposer une offre de mémoire interne compatible avec le stockage de plusieurs codes volumineux. Taille minimale du disque dur 500 Go, souhaitée 1 To.
- Présenter un message de diagnostic détaillé sur l'état de la machine en clair en français ou éventuellement en anglais. La documentation fournie devra faire le lien entre les erreurs affichées et les actions correctives correspondantes.
- Permettre l'entrée de données. La CN devra pouvoir être alimentée par une entrée de données extérieures pour la régulation de procédés (type correction de trajectoires à la volée).

- Intégrer un module de sortie électrique analogique, programmable directement dans le code, pour la synchronisation d'éléments externes (type capteur). Minimum : module avec 4 sorties programmables.

La Commande Numérique devra intégrer les fonctions suivantes (à la disposition du programmeur) et chacune d'elle devra être détaillée dans la documentation.

- Les fonctions élémentaires (par exemple de type M..) suivantes devront être intégrées.
 - Général
 - Initialisation et réinitialisation de chaque composante de la machine.
 - Acquiescement des erreurs de chaque composante.
 - Lecture de l'état et des erreurs remontées par chaque composante.
 - Lecture de l'état des différents capteurs liés à la production (capteur de sécurité, AU, porte fermée, état des électrovannes, etc.).
 - Instruction de temps d'attente (type Wait).
 - Instruction pour modifier la jauge outil en dynamique.
 - Allumage / extinction des lumières de la cellule.
 - Déclenchement et arrêt des enregistrements vidéos des caméras
 - Déclenchement, définition de valeur et arrêt des signaux programmables du module de sortie.
 - Toute instruction permettant la synchronisation entre les composants de la cellule.
 - Toutes les instructions de mouvement, incluant les différents modes de pilotage (position du TCP dans le repère pièce, position du TCP dans le repère machine, pilotage axe par axe).
 - Tête d'impression
 - Définition de la puissance laser de production.
 - Activation / désactivation de la régulation en temps réel de la puissance laser.
 - Allumage et arrêt du laser de production.
 - Allumage et arrêt du laser de démonstration.
 - Dévideur de fil
 - Définition de la vitesse de dévidage du fil.
 - Définition de la longueur de positionnement du fil.
 - Définition de la longueur de rétractation du fil.
 - Définition du pilotage en effort du positionnement du fil (si applicable).
 - Positionnement du fil.
 - Déclenchement et arrêt du dévidage du fil.
 - Rétractation du fil.
 - Ventilation et gaz
 - Déclenchement et arrêt de l'extraction des fumées.
 - Déclenchement et arrêt du flux d'air comprimé.
 - Déclenchement et arrêt du flux de gaz neutre.
 - Déclenchement et arrêt du ou des systèmes de refroidissement.
 - Toute autre instruction jugée nécessaire ou utile à l'industrialisation du procédé.
- Les fonctions groupées suivantes devront être intégrées et intégrées sous forme de sous-programme modifiable.
 - Initialisation de la cellule
 - Il s'agit de la première instruction après la mise sous tension. À l'issue de cette instruction, la cellule est pleinement fonctionnelle. Cela inclut l'acquiescement des erreurs, l'initialisation des différentes composantes, etc.
 - Cette fonction, où une autre similaire, doit également permettre de réinitialiser la cellule après un arrêt d'urgence.
 - Préparation de la production

- À l'issue de cette instruction, la cellule est prête à produire. Cela inclut la vérification des éléments de sécurité (porte fermée, pas d'AU, etc.) l'allumage des systèmes de refroidissement, de l'extraction de fumée, le laser est prêt à tirer, etc. Le flux d'air pour la protection de la tête est démarré. Si la tête d'impression était dans sa position de rangement, elle se déplace pour entrer dans l'espace de travail, à un point de départ défini.
- Départ cordon
 - Cette instruction permet de lancer la production une fois la tête correctement positionnée sur sa trajectoire. Cela inclut l'activation des flux de gaz neutre, une temporisation pour laisser le temps au gaz d'arriver, le positionnement du fil, puis la séquence de déclenchement du laser, du dévidage et du mouvement de la tête pour commencer la production d'un cordon, etc. À partir de cette instruction, le cordon est produit de façon continue le long de la trajectoire définie.
- Fin cordon
 - Cette instruction permet d'arrêter la production au moment souhaité. Cela inclut l'arrêt du dévidage, la rétractation du fil et l'arrêt laser, etc. Après un temps d'attente (réglable), le flux de gaz neutre est coupé, ou non, sur instruction dans le code. Les instructions départ et fin cordon s'enchainent pour produire la pièce.
- Fin production
 - Cette instruction permet d'arrêter tous les systèmes de production à la fin de la fabrication d'une pièce. Cela inclut le déplacement de la tête vers son point d'origine, la désactivation du flux d'air comprimé, la mise hors tension du laser, etc. Après une temporisation, l'extraction de fumée est également coupée, ainsi que le refroidissement. À l'issue de cette instruction, un opérateur peut ouvrir la porte en toute sécurité.
- Extinction cellule
 - Cette instruction permet l'extinction de tous les éléments de la cellule avant sa possible mise hors tension.
- Fonction de rangement
 - Cette instruction permet de déplacer la tête dans sa zone de rangement à partir de toute position.
- Fonction de maintenance
 - Cette instruction doit permettre l'intervention en toute sécurité d'un opérateur, avec la tête se plaçant en position de maintenance depuis toute position.
- Fonction de position de travail
 - Cette instruction permet de placer la tête à une position définie dans l'espace de travail depuis n'importe quelle position.
- Toute autre fonction groupée jugée nécessaire ou utile à l'industrialisation du procédé.

3.5 Collecte de données

La cellule doit permettre.

- La collecte des données issues de ces différents organes.
 - Pour le TCP et chaque axe de la machine : Positions, vitesses et accélérations.
 - Pour la fabrication additive : puissance laser réelle, vitesse du fil et couple du dévideur.
 - Tout autre donnée jugée pertinente.
- La visualisation des données sur la Commande Numérique.
- L'envoi de ces données vers l'extérieur (préciser le protocole de communication).
- La visualisation en temps réel (compatible avec la réaction pour le déclenchement d'un AU manuel) du flux des caméras et leur enregistrement sur l'ordinateur externe (ordinateur non inclut dans l'offre initiale).

3.6 Programmation

- La Commande Numérique devra accepter les programmes en code ISO issus de la FAO moyennant l'utilisation d'un Post-processeur adapté pour le passage APT vers ISO.
- L'offre devra préciser le type de fichier importable (dxf, step, etc.) dans l'hypothèse d'un slicer intégré à la CN.
- La machine doit être programmable soit par des coordonnées de position et d'orientation exprimées dans le repère pièce, soit par les coordonnées des axes de déplacement réel.

Post Processeur

- Un post-processeur dédié aux déplacements de la tête d'impression (uniquement les translations sur les 3 axes) devra être fourni. Ce post-processeur doit permettre la modification en temps réel de la jauge outil (z) pour adapter, si nécessaire, la hauteur de travail à partir d'une donnée d'entrée définie par l'utilisateur (potentiomètre, valeur ou flèche au clavier, etc.). En préciser les modalités.

3.7 Protocole de communication

L'offre devra préciser le type de connexions et les protocoles utilisés, en particulier :

- Pour le chargement et déchargement de programmes,
- l'export des données machines,
- les opérations de sauvegarde,
- et la communication avec des machines tierces (ModBus, Profinet, OPCUA, etc.)

3.8 Implantation machine

L'offre devra préciser.

- Les besoins en raccordement électrique (type d'alimentation, puissance, dimensionnement câble, etc.).
- Les besoins en raccordement air comprimé et autres fluides.
- Les besoins pour l'évacuation des fumées et des gaz (voir section 2.3.3).
- L'installation permettant l'accueil et l'utilisation de la bouteille de gaz neutre.
- Les spécifications de génie civil.
- Le plan d'implantation de la machine et de ses organes, en particulier :
 - o la surface hors tout,
 - o et la surface au sol des points d'appui de la machine.
- Si des interfaces spécifiques sont nécessaires entre la dalle et la machine, en particulier pour la prise en compte des vibrations, cela devra être précisé.

Les alimentations électriques (380 V triphasé) et pneumatiques (6 bar max.) sont disponibles pour l'implantation machine.

3.9 Garantie

Garantie 1 an pièces, main d'œuvre et déplacement compris

3.10 Documentation minimale

La documentation sera fournie en 2 exemplaires en français (éventuellement en anglais) et inclura :

- la notice de programmation du directeur de Commande Numérique,
- le manuel opérateur du directeur de Commande Numérique,
- le manuel opérateur spécifique à la machine et à ces différents composants (tête, dévideur de fil, etc.),

- le plan de câblage électrique,
- les principaux plans mécaniques permettant d'assurer la maintenance et les réglages,
- et le manuel de maintenance.

3.11 Consommables

L'offre précisera une liste des éléments fusibles ou d'usure de la machine, éléments qu'il peut être nécessaire de changer régulièrement (vitre d'optique, buse, etc) ainsi que leurs prix indicatifs au moment de la soumission de l'offre.

4. Prestations supplémentaires éventuelles facultatives (PSE)

- 1) Tout capteur et caméra pouvant être intégrés et utilisés dans la machine sans perturber son fonctionnement.
- 2) Surfaces vitrées sécurisées permettant l'observation de la zone de travail depuis l'extérieur de la machine par une personne sans équipement de protection. La surface vitrée est souhaitée entre de 0,25 m² et 1 m². Si plusieurs surfaces vitrées sont envisagées, en préciser les dimensions et les emplacements.
- 3) Caméra d'ambiance. La caméra d'ambiance permettant de visualiser l'intérieur de la machine pourra être pilotable à distance en rotation et en zoom. Si un logiciel est nécessaire, celui-ci doit être chiffré dans l'option.
- 4) Goulottes de câble. Ces goulottes permettront l'intégration de nouveaux éléments dans la machine en facilitant le guidage des câbles vers les perçages prévus dans le carter (2.3.1). Sont souhaités, à minima : un passage prévu depuis la tête d'impression et un passage depuis la table.
- 5) Prises air et électrique. L'intérieur de la cellule pourra comporter une arrivée d'air comprimé standard avec réglage de pression et au minimum 3 prises 230V standards, pour l'alimentation d'éléments supplémentaires placés dans la cellule (exemple : capteur).
- 6) Gaz neutre. Proposer un dispositif permettant de régler le débit de gaz neutre par une instruction dans le code.
- 7) Un redresseur de fil compatible avec la tête d'impression.
- 8) Hot Wire. La tête d'impression pourra être équipée d'un système électrique de préchauffage du fil (effet Joule ou induction) pour faciliter sa mise en fusion par le laser. Ce système devra être intégré à la Commande Numérique et ses fonctions de pilotage implémentées, en particulier :
 - Définition de l'ampérage (effet joule) / de la puissance (induction).
 - Déclenchement/arrêt du préchauffage.
- 9) Multi-fil. La tête d'impression pourra disposer d'une technologie multifils (au moins 2) permettant un changement de matériau pendant la fabrication d'une pièce.
- 10) Diamètre fil. L'offre pourra proposer des éléments permettant d'adapter la machine pour la production à partir de fil de différents diamètres. Seul le diamètre 1,2 mm est imposé.
- 11) Contrôle en effort. S'il n'est pas présent dans l'offre initiale, un système de dévidage du fil pilotable soit en position soit en effort pourra être proposé.
- 12) Matériaux. Proposer et chiffrer les éléments spécifiques à chaque type de matériaux (par exemple des galets d'entraînement).
- 13) Anticollision. Tout système de sécurité permettant d'éviter des collisions entre la tête et la scène de fabrication.
- 14) Coupe fil. La machine pourra proposer un système automatique de coupe fil, présent dans l'espace de travail et intégré à la CN, pour permettre à la tête d'impression de venir automatiquement couper l'excédent de fil entre deux phases de production.
- 15) Prise d'origine de pièce. La cellule pourra être équipée d'un système de prise d'origine de pièce par contact, montable sur la tête d'impression.

- 16) TCP. La cellule pourra être équipée d'un système d'identification du TCP laser de la tête d'impression.
- 17) Palpeur. La tête peut être munie d'un emplacement pouvant accueillir un palpeur type Blum ou Renishaw communiquant avec la CN, pour une prise d'origine pièce précise ou autre mesure. La CN sera alors équipée de cycles de palpées automatiques pour différentes géométries (plan, cylindre, etc.)
- 18) Protocole de communication. Un protocole de communication OPC-UA pour la récupération des données CN est préféré pour collecter les données de la Commande Numérique en temps réel à des fins d'analyses de performances.
- 19) Jumeau Numérique. Un modèle 3D de type STEP ou idéalement Jumeau Numérique, permettant de simuler les courses machines.
- 20) Logiciel de FAO intégrant le procédé DED-LW. Un ou plusieurs postes de programmation déportés, permettant la création de programmes de production. Préciser le prix annuel de la licence par poste.
- 21) Maintenance préventive. Proposer un plan de maintenance préventive / entretien sur 3 ou 5 ans selon les formules disponibles.
- 22) Extension de garantie. Une extension de garantie pièces, déplacements et main d'œuvre de 12 mois.
- 23) Formation. Formation programmeurs sur site ou chez le fournisseur et formation maintenance niveau 1 sur site ou chez le fournisseur.
- 24) Mémoire. Disques durs et mémoires de la commande numérique à la taille maximale possible.
- 25) Mesure. Instrumentation nécessaire au monitoring énergétique des différents éléments constitutifs de la machine (composant par composant et axe par axe pour la machine). Les données devront être transmises au format OPC-UA. Le fournisseur devra indiquer si l'intégration de cette PSE est nécessairement conduite en usine ou peut être réalisée a posteriori sur site.
- 26) Consommables. L'offre pourra proposer des pièces de rechange pour l'ensemble des consommables et éléments fusibles de la cellule : vitre d'optique, buse, guide de fil, galet d'entraînement, etc.
- 27) Tout système améliorant la précision de positionnement des axes de translation et de rotation.
- 28) Tout système améliorant le suivi de profil des axes de translation et de rotation.
- 29) Toute autre option disponible ou installée en série sur la machine.

5. Données environnementales

L'offre devra préciser si le fournisseur est engagé dans une démarche de type RSE (Responsabilité Sociétale et Environnementale) et si un bilan RSE existe, le fournir.

Il devra être également précisé le pays final d'assemblage de l'équipement.

Par ailleurs il devra être clairement indiqué.

- Si le matériel fourni contient des éléments réemployés / recyclés / upcyclés.
- Les consommations moyennes en fonctionnement (puissance électrique / fluides).
- Les innovations technologiques visant à limiter l'impact carbone.
- Les innovations technologiques visant à limiter la consommation d'énergie.

Dans la mesure du possible, l'offre devra aussi indiquer tous les éléments permettant d'évaluer les impacts environnementaux du matériel :

- ACV (Analyse du Cycle de Vie) - ISO 14040/14044,
- FDES / FEPD (Déclaration Environnementale Produit - ISO 14025,
- BOM (Bill of Materials) - Nomenclature matière / liste des composants, ou tout autre élément permettant d'évaluer cet impact.

6. Délais de livraison et d'installation :

Délai de livraison et mise en service clairement indiqué sur l'offre, au plus tard le 1^{er} avril 2027.

Adresse de livraison : 26 avenue Blaise Pascal, SIGMA Clermont, pôle Mécanique, 63170 Aubière.

7. Maintenance

Indiquer clairement sur l'offre.

- Délai moyen d'intervention.
- Coûts d'intervention (déplacement, heure technicien...).
- Coûts de remplacement indicatif des principaux organes de la machine (tête d'impression en particulier).
- Assistance téléphonique.
- Adresse du correspondant.
- Coût annuel du contrat de maintenance et son détail.

8. Protocole de réception :

- Machine transportée, déchargée, mise en place et mise en service par le fournisseur.
- Manutention à définir en collaboration avec le fournisseur.
- Essai de bon fonctionnement de tous les dispositifs de sécurité et de reprise du travail.
- Procès-verbal de métrologie de la machine selon les normes en vigueur, similairement à un centre d'usinage.
- Essai de fonctionnement en Fabrication Additive.
- Le fournisseur proposera, en accord avec le client, une pièce de validation fabriquée en 3 axes avec utilisation du post-processeur et une pièce de validation fabriquée en 5 axes continus. En cas de désaccord, le client proposera sa propre pièce de validation. Des essais de bon fonctionnement seront réalisés notamment pour vérifier les procédures d'arrêts d'urgence et de reprise de travail. Les consommables nécessaires à cette mise en route pour la réception seront fournis par le fournisseur (fil, gaz, etc).
- L'ensemble des équipements auxiliaires seront testés en configuration de travail.
- Aucune formation à la programmation n'est imposée (en option). Par contre une formation à la conduite de la machine, ainsi qu'au suivi, contrôle et à la maintenance des organes essentiels (tête de dépose, axes de déplacements, etc.) devra être assurée à la livraison à la machine et budgétée.

9. Réponse attendue :

La proposition doit comporter.

- Caractéristiques et prix de la machine définie ci-avant.
- PSE proposées ou disponibles et leur prix.
- Offre de garantie.
- Délai de mise à disposition précisé clairement.

A _____, le ____ / ____ / ____
Le Représentant désigné de la Société
(Nom, signature et cachet commercial)

A _____, le ____ / ____ / ____
Le Représentant légal de l'acheteur
(Nom, signature et cachet commercial)