



**Etablissements et Organismes d'Enseignement Supérieur et de Recherche**

**SIGMA Clermont**

**Campus des Cézeaux**

**CS 20265**

**63178 AUBIERE CEDEX**

**Tél 04 73 28 80 08**

**Acquisition d'une machine de fabrication  
additive polymère  
pour la plateforme technologique  
du site méca de SIGMA Clermont**

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES**

**Numéro de consultation : 201919IRICE3ME**

**Procédure de passation : Appel d'offres ouvert**

## Table des matières

Article 1 - CLAUSES ADMINISTRATIVES .....	3
1.1 Objet du marché.....	3
1.2 Allotissement .....	3
1.3 Durée du marché .....	3
1.4 Lieu de livraison .....	3
1.5 Documents contractuels.....	3
L'OFFRE .....	3
1.6 Présentation de l'offre.....	3
1.7 Examen des offres .....	4
1.8 durée de validité des offres .....	4
1.9 Modalités d'exécution des prestations.....	4
Article 2 - CLAUSES TECHNIQUES .....	7

## Article 1 - CLAUSES ADMINISTRATIVES

### 1.1 Objet du marché

Le marché a pour objet :

**Acquisition d'une machine de fabrication additive polymère pour la plateforme technologique du site méca de SIGMA Clermont .**

### 1.2 Allotissement

Le marché n'est pas alloti.

### 1.3 Durée du marché

#### 1.3.1 Cadre général

Le marché public est conclu pour une durée de 36 mois.

La durée du marché court à compter de sa date de notification.

#### 1.3.2 Reconduction du marché

Le marché ne fait l'objet d'aucune reconduction.

### 1.4 Lieu de livraison

SIGMA Clermont

Campus des Cézeaux - CS 20265

63178 AUBIERE Cedex

Contact : Monsieur Nicolas BLANCHARD

L'adresse exacte de livraison sera mentionnée sur le bon de commande.

### 1.5 Documents contractuels

Le marché est constitué des éléments contractuels énumérés ci-dessous, par ordre de priorité :

- L'acte d'engagement (A.E.) et ses annexes
- Le bordereau des prix unitaires, annexe à l'Acte d'Engagement
- Le présent cahier des clauses administratives particulières (C.C.A.P.)
- Le présent cahier des clauses techniques particulières (C.C.T.P.)
- Le cahier des clauses administratives générales (C.C.A.G.) applicables aux marchés publics de fournitures courantes et services
- Le mémoire technique

## L'OFFRE

### 1.6 Présentation de l'offre

L'offre du soumissionnaire comporte les pièces suivantes :

- ◇ l'acte d'engagement (A.E.) et ses annexes : à compléter par les représentants qualifiés des entreprises ayant vocation à être titulaires du contrat
- ◇ Le bordereau des prix unitaires, annexe à l'Acte d'Engagement
- ◇ Le cahier des clauses administratives particulières (CCAP) ci-joint à accepter sans aucune modification daté et signé
- ◇ Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) ci-joint à accepter sans aucune modification daté et signé
- ◇ Un mémoire technique

## 1.7 Examen des offres

Les offres inappropriées, irrégulières ou inacceptables, sont éliminées.

Toutefois, l'acheteur peut autoriser tous les soumissionnaires concernés à régulariser les offres irrégulières dans un délai approprié, à condition qu'elles ne soient pas anormalement basses et que cette régularisation n'ait pas pour effet de modifier les caractéristiques substantielles des offres.

L'acheteur peut demander aux soumissionnaires de préciser la teneur de leur offre.

Cette demande ne peut ni aboutir à une négociation ni à une modification de l'offre.

### 1.7.1 Critères d'attribution des offres

Les critères d'attribution sont listés dans le tableau suivant :

Critères	Pondération
Volet technique	60%
Volet prix	30%
Volet services, maintenance et garantie	10%

## 1.8 durée de validité des offres

Les offres sont valables 120 jours à compter de la date limite de remise des offres.

## 1.9 Modalités d'exécution des prestations

### 1.9.1 Représentation des parties

#### 1.9.1.1 Représentation de l'acheteur

Dès la notification du marché, l'acheteur désigne une ou plusieurs personnes physiques, habilitées à le représenter auprès du titulaire, pour les besoins de l'exécution du marché. D'autres personnes physiques peuvent être habilitées par le pouvoir adjudicateur en cours d'exécution du marché.

L'acheteur notifie toute modification de(s) interlocuteur(s) désignés au titulaire.

#### 1.9.1.2 Représentation du titulaire

Le titulaire désigne une ou plusieurs personnes physiques, habilitées à le représenter auprès de l'acheteur, pour les besoins de l'exécution du marché.

Cet ou ces interlocuteurs sont désignés dans l'offre du titulaire.

Le titulaire s'engage à informer, sans délai, l'acheteur de toute modification d'interlocuteur désigné.

### 1.9.2 Conditions d'exécution

#### 1.9.2.1 Délais d'exécution

Les délais d'exécution sont fixés dans l'acte d'engagement (ou ATTR1).

Le point de départ du délai d'exécution est fixé par l'ordre de service soit le bon de commande.

Le pouvoir adjudicateur précise que le délai de garantie débute à partir de la mise en service de la machine et après la formation s'il y a lieu.

Lorsque le titulaire est mis dans l'impossibilité de respecter le délai contractuel, il doit formuler une demande expresse de report de délai exposant clairement les circonstances du retard prévu, la date de survenance du fait générateur et le délai supplémentaire demandé dans les conditions prévues au CCAG de référence.

- Prolongation des délais :

Une prolongation du délai d'exécution peut être accordée par le pouvoir adjudicateur dans les conditions de l'article 13.3 du C.C.A.G.-F.C.S.

### 1.9.2.2 Les exigences relatives aux prestations

Le titulaire est responsable de tout élément qui lui est confié. Il ne peut en disposer qu'aux fins prévues par le marché.

Le candidat doit avoir connaissance des exigences d'accès au site dans le cadre des missions lui incombant.

En cas de groupement d'opérateurs économiques, le co-traitant disposant d'une norme ou autre devra exécuter les tâches essentielles.

Lorsque le co-traitant en charge de la réalisation des tâches essentielles est défaillant, qu'il soit par exemple en liquidation judiciaire ou dans l'impossibilité d'accomplir sa tâche pour des raisons qui ne sont pas de son fait, la mission qui lui a été confiée pourra être prise en charge soit par un autre membre du groupement, soit par un sous-traitant après accord de l'acheteur.

### 1.9.3 Obligations du titulaire

#### 1.9.3.1 Obligation de conseil

Le titulaire a un devoir de conseil (ou d'alerte) s'il se rend compte, lors de ses interventions, de dysfonctionnements potentiels au titre de ses prestations.

Ce devoir de conseil est formel et fondé sur la production d'un rapport qui décrit les risques et menaces et propose des actions pour les réduire.

#### 1.9.3.2 Obligation d'information

Le titulaire est tenu de signaler à l'acheteur tous les éléments qui lui paraissent de nature à compromettre la bonne exécution de la prestation.

#### 1.9.3.3 Obligations de confidentialité

Le titulaire s'engage à mettre en oeuvre les moyens appropriés afin de garder confidentiels les informations, les documents et les objets auxquels il aura eu accès lors de l'exécution du marché, sans qu'il soit besoin d'en expliciter systématiquement le caractère confidentiel. Ces informations, documents ou objets ne peuvent être, sans autorisation expresse de l'acheteur, divulgués, publiés, communiqués à des tiers ou être utilisés directement par le titulaire, hors du marché ou à l'issue de son exécution.

L'acheteur pourra demander, à tout moment, au titulaire, de lui retourner les éléments ou supports d'informations confidentielles qui lui auraient été fournis.

La violation de l'obligation de confidentialité par le titulaire pourra entraîner la résiliation du marché aux torts du titulaire.

#### 1.9.3.4 Mesures de sécurité

Toute personne relevant du titulaire ou de ses sous-traitants est soumise, le cas échéant, à des mesures de sécurité qu'il s'agisse d'accès physiques à des locaux ou d'accès logiques à des informations.

#### 1.9.3.5 Responsabilité du titulaire

Le titulaire est tenu de mettre en oeuvre, dans le cadre des missions qui lui sont confiées, tous les procédés et moyens lui permettant de réaliser les prestations conformément aux spécifications du cahier des charges. Pour les prestations qui lui incombent, le titulaire doit strictement respecter les délais, les coûts et les niveaux de qualité prévus dans les documents contractuels régissant le marché. Les prestations doivent être conformes aux prescriptions de l'ensemble des normes homologuées ou à toute norme européenne équivalente. Cette disposition vaut non seulement pour les normes en vigueur au jour de la passation du marché mais également pour toutes les nouvelles normes qui deviendraient effectives en cours d'exécution du marché.

### **Matériels, objets et approvisionnements confiés au titulaire :**

En vue de l'exécution du marché, des matériels, objets et approvisionnements seront remis par le pouvoir adjudicateur au titulaire sans transfert de propriété à son profit.

Les conditions de remise puis de restitution sont prévues à l'article 17 du C.C.A.G. - F.C.S.

**Stockage, emballage et transport :**

Le stockage, l'emballage et le transport de fournitures seront effectués dans les conditions de l'article 19 du C.C.A.G. - F.C.S.

Ainsi, les emballages relèvent de la responsabilité du titulaire et restent sa propriété. De même, le transport s'effectue sous sa responsabilité jusqu'au lieu de livraison.

**Conditions de livraison et d'installation :**

La machine est transportée, déchargée, mise en place et mise en service par le fournisseur et à la charge du fournisseur.

La livraison des fournitures s'effectuera dans les conditions de l'article 20 du C.C.A.G.-F.C.S.

Le délai de livraison et d'installation doit être clairement indiqué sur l'offre.

**Décision de poursuivre :**

La poursuite de l'exécution des prestations en cas de dépassement de la masse initiale est subordonnée à la conclusion d'un avenant ou à l'émission d'une décision de poursuivre prise par le pouvoir adjudicateur.

**OBJET : DÉFINITION DES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES RELATIVES À L'ACQUISITION  
D'UNE MACHINE DE FABRICATION ADDITIVE POLYMÈRE.**

**DEFINITION GENERALE**

SIGMA conduit trois missions principales :

- la formation d'ingénieurs en mécanique ;
- le transfert de technologie auprès des PMI / PME régionales ;
- la recherche, en notamment effectuant des travaux de recherche sur la mise en œuvre des matériaux polymères par fabrication additive. Ces travaux sont intégrés aux axes de recherche de l'Unité Mixte de Recherche Institut Pascal et Institut de Chimie de Clermont Ferrand.

Afin de développer le volet « polymère » de sa chaire de fabrication additive multisectorielle, SIGMA Clermont a obtenu dans le cadre du programme IRICE de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, le financement à hauteur de 50% d'un ensemble d'équipements allant de la préparation de la matière à la caractérisation des pièces en passant par des machines de fabrication et l'instrumentation associée. Ces équipements sont en parfaite cohérence avec le plan pluriannuel d'investissement de la plateforme technologique de l'établissement. Dans ce cadre, l'établissement envisage l'acquisition d'une machine de dépose de polymère. Dans l'esprit du programme IRICE, l'équipement devrait permettre à des PME et ETI de la Région Auvergne Rhône-Alpes de développer de nouveaux matériaux et produits en collaboration avec les chercheurs de SIGMA Clermont.

En particulier, les thèmes de travaux suivant seront abordés en priorité :

- Recherche sur la transformation des polymères ;
- Recherche sur la fabrication de pièces de service.

Les personnes utilisatrices sont soit des techniciens et ingénieurs de recherche qualifiés, soit des étudiants en formation de Master ou de doctorat.

## CARACTERISTIQUE DE LA FOURNITURE

### 1. Caractéristiques générales

Machine de dépose de polymère à têtes interchangeable, à fils ou à granulés, permettant la dépose de tout type de polymères chargés ou non et travaillant à des températures en sortie de buse allant de l'ambiante à 450°C.

La machine doit pouvoir mettre en œuvre 3 axes de translation. La mise en mouvement de 5 axes (3 translations + 2 rotations sur le plateau) sera un avantage significatif à chiffrer dans le BPU.

#### 1.1. Sécurité

La machine devra être conforme aux directives européennes CE portant sur la sécurité des machines-outils 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).

#### 1.2. Espace disponible et environnement

Les alimentations électriques (380 V triphasé) et pneumatiques (6 bars maxi) sont disponibles.

### 2. Caractéristiques détaillées

#### 2.1 Plateforme robotique

La machine doit pouvoir mettre en œuvre au moins 3 axes de translation dans un système cartésien ou polaire dans un espace de travail d'environ 1m<sup>3</sup> maximum.

##### *2.1.1 Courses et dynamique des axes de déplacement*

Selon la configuration cinématique proposée, la machine doit être capable d'usiner une pièce de volume égale à Ø 600x600 mm dans toutes les positions.

- X : 800 mm minimum souhaité, 600 mm acceptable,
- Y : 800 mm minimum souhaité, 60 mm acceptable,
- Z : 800 mm minimum souhaité, 600 mm acceptable,
- précision des axes: souhaitée 0,02 mm, acceptable 0,05 mm,

Les caractéristiques des vitesses suivantes concernent le mouvement de l'outil par rapport à la pièce. Suivant la structure choisie, les axes de déplacement pourront avoir des caractéristiques différentes.

- vitesse rapide minimale : 500 mm/s,
- vitesse de travail souhaitée 50 mm/s, acceptable 30 mm/s,
- accélération sur les axes X, Y, Z : souhaitée 10 m/s<sup>2</sup>, acceptable 1 m/s<sup>2</sup>,

La machine devra proposer un système de filtration autonome qui peut être raccordé à une extraction externe.



### 2.1.2 Précisions de fabrication

Gamme de hauteur de couche :

- hauteur minimale souhaitée 30µm acceptable 60µm
- hauteur maximale souhaitée >1mm acceptable 600µm

Résolution sur les déplacements :

- axe X : souhaitée <10µm, acceptable <20µm
- axe Y : souhaitée <10µm, acceptable <20µm
- axe Z : souhaitée <7µm, acceptable <20µm

### 2.1.3 Plateau de fabrication

Le plateau recevant la pièce fabriquée devra être régulé en température. La plage de température souhaitée est de 25°C (température ambiante) à 200°C, une plage allant jusqu'à 150°C est acceptable.

Le plateau lui-même devra être facilement démontable pour retirer les pièces terminées. Deux types de plateau devront être proposés :

- un plateau lisse en verre supportant les températures de chauffe
- un plateau métallique comportant des trous taraudés ou des rainures espacées au maximum de 50 mm.

### 2.1.4 Environnement machine

L'espace de fabrication devra être fermé et permettre l'installation d'un système d'aspiration des composés volatils si nécessaire. Un contrôle atmosphérique avec balayage azote est souhaité. Proposer en PSE facultative, un contrôle d'humidité.

## **2.2. Têtes d'impression**

La machine sera équipée de plusieurs têtes d'impression permettant la dépose de divers polymères chargés sous la forme de :

- filament (de diamètres standards 2.85 mm ou 1.75 mm);
- granulés (à l'aide d'un dispositif d'extrusion piloté par la machine de type vis et un système d'approvisionnement). Dans la mesure du possible, un dispositif de type bi-vis sera proposé en PSE facultative.

La proposition définira exactement les diamètres de buse possibles. Il est souhaité des buses de diamètre allant de 0,15 à 1,2 mm.

### 2.2.1 Têtes outils à filament

SIGMA Clermont dispose d'un compounder et d'un système de tirage permettant de fabriquer des filaments aux diamètres standards à partir de polymères renforcés de charges minérales ou végétales. Le besoin exprimé ici est celui de deux têtes-outils pouvant accepter tout type de polymère chargé, l'une pour des filaments de 1,75 mm et l'autre pour un filament de 2,85mm. Ces têtes pourront être démultipliées pour prendre en compte les différentes technologies adoptées pour l'alimentation en filament.

### 2.2.2 Tête mini-extrudeuse mono-vis

Cette tête doit permettre de s'affranchir de l'étape de produit de filament, qui introduit une transformation thermomécanique supplémentaire, pour imprimer directement des produits à partir de granulés de polymères chargés ou non.

La vis doit être résistante à l'abrasion, chimiquement résistante et permettre une longueur de malaxage d'environ 200 mm. La vitesse de dépose du polymère fondu doit être de l'ordre de 30 mm/s pour la première couche et 50 mm/s pour les couches suivantes.

La fourniture doit indiquer les connexions en fluide nécessaires et les dimensions des granulés.

Dans la mesure du possible, un dispositif de type bi-vis sera proposé en PSE facultative.

### 2.2.3. Autres têtes

La proposition pourra chiffrer d'autres têtes (liquide mono ou bicomposants, poudres) en PSE facultative.

### 2.2.4. Changement de têtes

Dans le cas d'une solution à plusieurs têtes, l'offre devra détailler le changement de tête et la remise en production au niveau de l'arrivée du matériau et au niveau géométrique. Elle devra aussi détailler le nombre de tête maximum admissible.

### 2.2.5. Chauffage additionnel

L'offre doit définir les températures maximales de chauffage de l'enceinte. Un élément de chauffage additionnel orienté sur la tête d'impression pourra être proposé.

## **2.3. Commande et pilotage**

La fourniture doit clairement indiquer la chaîne numérique nécessaire à la commande de la machine : logiciel propriétaire ou non, programmation par code G ou autre, modes d'interpolation 2,5 axes, 3 axes, 5 axes positionnés, 5 axe continu. La syntaxe du code doit être facilement éditée (fichier type texte) et clairement détaillée dans l'offre (en particulier les instructions concernant le pilotage des têtes de dépose et des axes de rotation). Dans le cas d'un pilotage à 5 axes continus, la proposition doit clairement préciser comment est effectuée la transformation cinématique à 5 axes.

## **2.4. Documentation minimale**

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

- notice de programmation du directeur de commande numérique,
- manuel opérateur du directeur de commande numérique,
- manuel opérateur spécifique à la machine,
- manuel des opérations de maintenance courantes,
- plan de câblage électrique,
- principaux plans mécaniques permettant d'assurer la maintenance et les réglages.

## **2.5. Prestations Supplémentaires Eventuelles facultatives :**

Ces PSE facultatives devront être détaillée techniquement et chiffrées en fonction de leur disponibilité. En cas de non disponibilité, cela devra être clairement indiqué dans l'offre.

### 2.5.1. Axes de rotation plateau

Chiffrer la possibilité d'ajouter deux axes de rotation au plateau et indiquer clairement si la commande des axes est effectuée en positionné ou en continu. Ces axes devront avoir les caractéristiques minimales suivantes :

- axe de pivotement:  $\pm 100$  degrés, acceptable 90 degrés
- axe de rotation:  $\pm 180$  degrés ou rotation infinie, N tours,
- précision des axes tournants :  $\pm 10$  secondes d'angle souhaitées pour chaque axe,  $\pm 20$  secondes d'angle acceptables pour chaque axe,
- vitesse de rotation des axes tournants souhaitée 20 tr/min, acceptable 10 tr/min,
- il est souhaité que les axes de rotation soient freinés mécaniquement.

### 2.5.2. Contrôle de température de l'environnement

Chiffrer la possibilité d'obtenir un espace de travail étanche pouvant être inerté, ou régulé en température pendant la fabrication et la phase de refroidissement après fabrication. La plage de température souhaitée est de 25°C (température ambiante) à 100°C, une plage allant jusqu'à 80°C est acceptable.

### 2.5.3. Contrôle de température de l'environnement

Chiffrer la possibilité d'intégrer un système de refroidissement de la pièce.

## **3. Délais**

Le délai de livraison et de mise en service doivent être clairement indiqué. La mise en service devra être fixée au plus tard 12 mois après notification du marché, délais de rigueur. Des pénalités seront imputables en cas de retard.

## **4. Garantie et maintenance**

L'offre d'une extension de garantie de 3 ans sera étudiée avec attention.

L'offre de maintenance portera sur deux niveaux. Sur un premier niveau, elle s'intéresse aux interventions sur panne :

- délais de maintenance et moyen d'intervention,
- coûts d'intervention,
- coûts de remplacement indicatifs des différents organes principaux de la machine,
- assistance téléphonique,
- lieu de résidence du correspondant.

A un second niveau, elle porte sur les évolutions et adaptations possibles de la machine en fonction de celle du directeur de commande numérique ou d'autres organes de la machine. Une offre de mise à jour de ces organes sur une période de 3 à 5 ans sera étudiée avec attention.

## **5. Formation**

Aucune formation à la programmation n'est envisagée. Par contre une formation à la conduite de la machine, ainsi qu'au suivi, contrôle et à la maintenance des organes essentiels (broche, axes de déplacements, changeur d'outil) devra être assurée à la livraison à la machine. Une durée de 3 jours sur site devra être budgétée.

## **6. 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 et de tous les dispositifs de sécurité.

Réalisation d'une pièce de réception avec chaque tête, proposée par le fournisseur.

## **REPONSE ATTENDUE**

L'offre doit comporter :

- les caractéristiques et le prix de la machine de base définie ci-avant,
- les options proposées ou disponibles et le prix détaillé de chacune,
- un plan définissant les capacités de la machine (courses, débattement des outils, encombrement du changeur...),
- les caractéristiques des têtes (performance, système de changement de tête, géométrie etc ...)
- les caractéristiques du système de commande et de pilotage,
- un plan d'encombrement au sol et d'installation, ainsi que les caractéristiques minimales à respecter par la dalle en béton, les scellements et les raccordements en fluides.
- l'offre de garantie,
- le délai de mise à disposition précisé clairement.

A \_\_\_\_\_, le \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2019

Le Représentant désigné de la Société

*(Nom, signature et cachet commercial)*

A \_\_\_\_\_, le \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2019

Le Représentant légal du Pouvoir Adjudicateur

*(Nom, signature et cachet commercial)*