

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

C.C.T.P. n° TIBIOGEN261

Acquisition d'un four à induction sous vide avec un système de coulée pour le projet de recherche TIBIOGEN porté par la faculté des sciences et technologies de l'Université de Lille pour le FEDER 2026

CONTEXTE

Cette sollicitation entre dans le cadre du dépôt de projet FEDER 2026 (phase avril), auprès de la Région des Hauts-de-France et de l'Etat pour une demande de financement.

A compter de cette date, le dossier sera étudié par les différents services de la Région avant validation, qui interviendra au plus tard fin 2026.

Afin de respecter ce calendrier, vosre offre doit impérativement être valable jusqu'au 31 décembre 2026.

La Faculté des sciences et technologies (FST), composante de l'Université de Lille, constitue un acteur majeur du développement scientifique et technologique de la métropole lilloise et de la région Hauts-de-France. Elle assure une mission de production, de valorisation et de diffusion des connaissances, tant au sein de ses unités de recherche que dans le cadre de ses activités de formation.

Dans le cadre de ses activités de recherche, la FST conduit notamment un programme dédié au développement de biomatériaux métalliques innovants destinés à des applications à haute exigence technologique. Les travaux, menés au sein d'un laboratoire de recherche universitaire, portent notamment sur l'élaboration expérimentale d'alliages à base de titane et de magnésium, ainsi que d'autres alliages métalliques à comportement réactif.

Dans ce contexte, le présent marché a pour objet la fourniture, l'installation, la mise en service et la mise au point d'un système complet de fusion par induction sous vide, équipé d'un dispositif de coulée basculante. Cet équipement est destiné à soutenir les activités de recherche de la Faculté des sciences et technologies dans le domaine des matériaux métalliques avancés et à répondre aux besoins scientifiques liés au développement et à la caractérisation de nouveaux alliages.

Ces matériaux nécessitent :

- des conditions de fusion sous vide élevé ou atmosphère inerte contrôlée,
- une limitation stricte des phénomènes d'oxydation,
- une maîtrise précise des cycles thermiques,

- une homogénéisation efficace du bain métallique,
- une reproductibilité rigoureuse des paramètres de procédé.

Le système recherché devra permettre la fusion propre et contrôlée de métaux hautement réactifs, dans un environnement garantissant la stabilité atmosphérique et la réduction des contaminations, compatible avec des exigences de recherche avancée. L'équipement devra également assurer la fabrication de lingots ou pièces coulées dans différents formats de moules, avec une maîtrise des conditions de remplissage et une traçabilité complète des paramètres opératoires.

Compte tenu des exigences scientifiques du projet, l'acquisition porte sur un ensemble complet intégrant les dispositifs de pompage, de refroidissement, de contrôle.

Les critères d'attribution sont rappelés en fin de document ainsi que dans le règlement de la consultation.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

L'ensemble des caractéristiques énoncées ci-dessous fera l'objet d'une analyse selon les critères d'attribution indiqués dans le Règlement de la Consultation.

Les équipements devront répondre à minima aux caractéristiques obligatoires et les précisions demandées devront être indiquées dans le mémoire technique du candidat.

Les matériels doivent répondre aux normes et réglementations en vigueur au moment de l'achat, avec un marquage CE obligatoire pour toute marchandise provenant de l'extérieur de l'Union Européenne.

L'Université de Lille met en œuvre un grand plan de transition écologie. Par conséquent, les candidats sont invités à présenter des matériels respectueux de l'environnement, avec des consommations les plus faibles possibles.

Chaque candidat est invité à détailler les caractéristiques spécifiques du matériel en faveur de l'environnement (consommation électrique, en eau, réduction des dosages, déchets, durée des cycles...).

1) **EQUIPEMENT**

L'équipement devra être spécifiquement conçu pour la fusion et la coulée d'alliages métalliques hautement réactifs, notamment à base de titane et de magnésium, dans des conditions de vide élevé et/ou sous atmosphère inerte contrôlée.

Le système devra permettre :

- la fusion propre et rapide de métaux sensibles à l'oxygène,
- la réduction maximale des phénomènes d'oxydation et de contamination,
- une excellente homogénéisation du bain métallique,
- une reproductibilité élevée des paramètres de procédé,
- une maîtrise des cycles thermiques adaptée aux applications biomédicales.

Le candidat devra démontrer dans son mémoire technique la capacité de son équipement à limiter l'oxydation et la contamination, à assurer l'homogénéisation du bain métallique et à garantir la reproductibilité des cycles, notamment par la description du système de vide/atmosphère contrôlée, du brassage par induction, de la régulation thermique, de la traçabilité des paramètres et des performances obtenues sur des alliages réactifs.

L'équipement devra également permettre la fusion d'alliages tels que aciers inoxydables, alliages cuivreux ou métaux nobles dans des cylindres, lingotières ou moules adaptés.

2) SYSTEME DE FUSION PAR INDUCTION

Le système devra comprendre :

- Un générateur à induction adapté à la fusion complète, homogène et reproductible des alliages métalliques visés, notamment les alliages à base de titane, de magnésium et autres alliages réactifs, dans les capacités prévues au présent CCTP. Le candidat devra préciser la puissance nominale du générateur proposé, les capacités de fusion garanties, les températures maximales atteignables, les temps de fusion typiques ainsi que tout élément permettant de démontrer l'adéquation de l'équipement avec les matériaux, volumes et conditions de fusion demandés ;
- Une alimentation triphasée compatible 3 x 400V ;
- Une température maximale $\geq 2000^{\circ}\text{C}$;
- Un système de mesure sans contact (pyromètre optique ou équivalent) ;
- Une possibilité de modulation de puissance pour alliages sensibles ;
- Une capacité de creuset minimale indicative $\geq 300 \text{ cm}^3$;
- Une fusion rapide adaptée aux métaux réactifs ;
- Une induction favorisant un mélange homogène du métal liquide.

3) SYSTEME SOUS VIDE ET ATMOSPHERE CONTRÔLÉE

Le système devra garantir des conditions compatibles avec la fusion du titane :

- Un niveau de vide élevé avant injection de gaz inerte (objectif $\leq 10^{-3}$ mbar) ;
- Une double chambre ou dispositif équivalent limitant la recontamination ;
- Une injection et contrôle précis de gaz inerte (argon ou équivalent) ;
- Une surpression automatique de gaz inerte lors de la coulée ;
- Un affichage numérique complet des paramètres (gaz, eau, vide) ;
- Un système de mesure et d'affichage du taux d'oxygène intégré.

Le système de pompage devra permettre d'atteindre un vide secondaire adapté à la fusion d'alliages hautement réactifs, avec un niveau de vide minimal $\leq 10^{-3}$ mbar avant injection de gaz inerte.

Le candidat devra préciser le niveau de vide atteignable, le temps nécessaire pour l'atteindre ainsi que la configuration du système de pompage proposé.

4) **SYSTEME DE COULEE**

Le système devra intégrer :

- Un mécanisme de coulée basculante contrôlée ;
- Une technologie permettant un remplissage optimal des moules ;
- Un dispositif réduisant les inclusions et favorisant une densité élevée ;
- Une compatibilité avec moules jusqu'à diamètre ≥ 125 mm ;
- Une capacité à accueillir différents formats standards.

5) **AUTOMATISATION ET GESTION DES DONNEES**

L'équipement devra permettre :

- Un fonctionnement automatisé garantissant la reproductibilité ;
- Une mémorisation de programmes paramétrables en nombre suffisant pour permettre la reproductibilité des cycles de fusion ;
- Une interface permettant l'enregistrement, l'export et l'exploitation des données de procédé ;
- Un enregistrement et une traçabilité des paramètres ;
- Une interface de communication (ex : RS232 ou équivalent) ;
- Un système d'impression ou export des données de procédé.

L'équipement devra intégrer une interface de pilotage permettant la programmation des cycles, la gestion des recettes, l'enregistrement et la traçabilité des paramètres de procédé, ainsi que l'export des données vers un système externe.

6) **ACCESSOIRES ET EQUIPEMENTS INCLUS**

L'offre devra impérativement inclure l'ensemble des éléments nécessaires au fonctionnement complet de l'équipement, notamment :

- Une pompe à vide pour chambre de fusion ;
- Une pompe à vide pour chambre de réception ;
- Un refroidisseur compatible fonctionnement continu ;
- Un malaxeur à plâtre adapté à la préparation des moules ;
- Un four de décirage ;
- Une sécurité pneumatique intégrée ;
- Un système de mesure et d'affichage du taux d'oxygène ;
- Des pièces détachées et consommables de première utilisation et de maintenance courante pour une durée minimale d'un an, dont la liste devra être précisée par le candidat ;
- Un emballage et un transport sécurisé jusqu'au site.

PRESTATIONS DU MARCHÉ

•GARANTIE

Pour chacun des lots, la garantie de l'équipement sera d'une durée de deux ans minimum à partir de la date d'admission du matériel. Elle sera incluse dans l'offre.

Elle portera sur les pièces détachées, la main-d'œuvre et les déplacements pour l'ensemble du matériel couvert par le marché ainsi que pour la partie informatique (matériel et logicielle).

Une assistance matérielle couvrant la période de garantie est exigée.

Cette assistance, sous forme de support téléphonique, devra pouvoir répondre à toute question relative au fonctionnement du système acquis. Le délai de prise en charge sera précisé dans l'offre du candidat ainsi que dans l'annexe à l'ATTRI1.

Elle inclura également à minima, sans supplément, une visite préventive et une ou des visite(s) curative(s). Une intervention corrective sur site sera effectuée par le titulaire selon le délai indiqué dans l'annexe à l'ATTRI1 en cas d'échec de la résolution de l'incident par le support technique téléphonique.

Le candidat présentera dans son offre une liste exhaustive des pièces détachées ainsi que leur coût. Il précisera la fréquence de remplacement (durée moyenne d'utilisation).

Il indiquera également si des pièces détachées de seconde main, à un coût réduit, sont disponibles.

Pour chacun des lots, le candidat indiquera dans son offre, sous la forme d'une PSE (prestation supplémentaire éventuelle), une extension de garantie de +1 à +4 années supplémentaires.

Une extension de garantie incluse dans l'offre du candidat sans surcoût supplémentaire sera fortement appréciée.

•LIVRAISON

Pour chacun des lots, la livraison et l'installation dans les locaux du laboratoire seront prises en charge par le titulaire du marché et seront incluses dans son offre de base. L'adresse de livraison est mentionnée dans le CCAP du présent marché.

Le titulaire veillera à prendre contact avec le laboratoire pour organiser la livraison.

•INSTALLATION et MISE EN ORDRE DE MARCHE

L'installation et la mise en ordre de marche dans les locaux du laboratoire seront prises en charge par le titulaire du lot concerné et seront incluses dans son offre de base. Le fournisseur devra effectuer les tests nécessaires à la mise en route de l'équipement.

•FORMATION

Une formation à l'utilisation des équipements est exigée dans le cadre du présent marché.

Object : le fonctionnement général de l'équipement, la programmation des cycles de fusion, les procédures de sécurité, les opérations de maintenance de premier niveau, les bonnes pratiques de fusion des alliages réactifs (titane, magnésium...).

Elle sera dispensée par le titulaire pour **quatre à cinq personnes**, sur site. La durée minimale de la formation est fixée à deux journées. La durée maximale est laissée à l'appréciation du candidat, au regard des objectifs définis ci-dessus. Le titulaire devra organiser les sessions de formation à la suite l'une de l'autre afin d'optimiser le déplacement de son référent technique.

Le titulaire détaillera dans son offre le contenu de la formation.

•DOCUMENTATION

Le titulaire fournira à la livraison sans supplément de prix un dossier technique complet en français et/ou en anglais (version électronique **UNIQUEMENT**), nécessaire à une utilisation et un fonctionnement corrects du matériel livré ainsi qu'à son entretien courant (maintenance de 1^{er} niveau).

Ce dossier inclura un mode opératoire, manuel pédagogique, schémas de principe et électriques, nomenclature des pièces détachées, ainsi que le visuel du pilotage de l'installation.

Le titulaire devra fournir les rectificatifs et mises à jour éventuelles du dossier technique aux mêmes conditions pendant toute la durée de la garantie légale.

•PRESTATION DE SAV

Dans l'annexe à l'ATTR11 pendant la durée de garantie du matériel, l'entreprise s'engagera et indiquera ses délais d'intervention suite à un appel pendant la garantie légale et hors garantie.

Le candidat détaillera dans son offre ainsi que dans l'annexe à l'ATTR11 les informations suivantes :

- Interlocuteurs francophones et/ou anglophones ;
- Coût et disponibilité des pièces détachées ;
- Interlocuteurs attitrés (pas de hotline) capable d'intervenir rapidement sur site en cas de panne (coordonnées) ;
- Nombre d'interlocuteurs compétents en Europe ;
- Pour les petites pannes = appels téléphoniques gratuits.

•UN GESTE POUR LA PLANETE (ATTENTION CRITERE D'ATTRIBUTION)

Le candidat détaillera dans son offre (ainsi que dans l'annexe à l'ATTR11) les éléments sur lesquels il s'engage pendant la durée du marché, à savoir :

- durée certifiée de fabrication et de distribution du matériel présenté dans son offre ;
- durée certifiée de fabrication et de distribution des pièces détachées du matériel présenté dans son offre (équivalent à l'IR : indice de réparabilité si disponible, sera fortement apprécié) ;
- durée/fréquence de remplacement des pièces d'usures classiques associés ;
- protocole de préservation des pièces détachées pour prolongation de leur durée de vie (si possible) ;
- pourcentage de matière recyclée et/ou reconditionnée présente sur l'équipement détaillé dans l'offre (si concerné) ;
- processus d'élimination des pièces détachées ;
- reprise des matériels usagés pour recyclage, avec remise et/ou avoir pour l'acquisition d'autres équipements ou pièces détachées.

Le candidat indiquera dans son mémoire technique tous les éléments permettant d'apprécier le processus de recyclage des pièces des équipements cibles du marché (recyclage des matières, seconde vie, jouvence des équipements, pièces détachées reconditionnées...).

PRESTATION SUPPLEMENTAIRE EVENTUELLE FACULTATIVE

Chaque candidat est invité à présenter, s'il le souhaite, le coût d'une ou de l'ensemble des options suivantes au sein de l'Annexe à l'ATTR11.

- **PSE1F : Extension de garantie +1 à + 4 années**

Le candidat pourra détailler dans son offre le coût d'une à plusieurs années d'extension de garantie et son périmètre de la manière suivante :

- **PSE1F.1 - 1 année** : coût d'une année d'extension de garantie qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ;
- **PSE1F.2 - 2 années groupées** : coût de deux années (Année 1 + Année 2) d'extension de garantie qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ;
- **PSE1F.3 - 3 années groupées** : coût de trois années (Année 1 + Année 2 + Année 3) d'extension de garantie qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ;
- **PSE1F.4 - 4 années groupées** : coût de quatre années (Année 1 + Année 2 + Année 3 + Année 4) d'extension de garantie qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base.

Si celles-ci sont proposées par le candidat attributaire, le pouvoir adjudicateur se réserve le droit de retenir l'une de ces 4 possibilités.

Une ou plusieurs année(s) d'extension de garantie incluse(s) dans l'offre du candidat sans surcoût sera fortement appréciée.

PRESTATION SUPPLEMENTAIRE EVENTUELLE FACULTATIVE

Chaque candidat est invité à présenter, s'il le souhaite, le coût d'une ou de l'ensemble des options suivantes au sein de l'Annexe à l'ATTR11.

- **PSE2F : Maintenance préventive +1 à + 4 années**

Le candidat pourra détailler dans son offre le coût d'une à plusieurs années de maintenance préventive et son périmètre de la manière suivante :

- **PSE2F.1 – 1 année** : coût d'une année de maintenance préventive qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue ;
- **PSE2F.2 – 2 années groupées** : coût de deux années (Année 1 + Année 2) de maintenance préventive qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue ;
- **PSE2F.3 – 3 années groupées** : coût de trois années (Année 1 + Année 2 + Année 3) de maintenance préventive qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue ;
- **PSE2F.4 – 4 années groupées** : coût de quatre années (Année 1 + Année 2 + Année 3 + Année 4) de maintenance préventive qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue.

Si celles-ci sont proposées par le candidat attributaire, le pouvoir adjudicateur se réserve le droit de retenir l'une de ces 4 possibilités.

Une ou plusieurs année(s) de maintenance préventive incluse(s) dans l'offre du candidat sans surcoût sera fortement appréciée.

PRESTATION SUPPLEMENTAIRE EVENTUELLE FACULTATIVE

Chaque candidat est invité à présenter, s'il le souhaite, le coût d'une ou de l'ensemble des options suivantes au sein de l'Annexe à l'ATTR11.

- **PSE3F : Maintenance préventive et corrective +1 à + 4 années**

Le candidat pourra détailler dans son offre le coût d'une à plusieurs années de maintenance préventive et corrective et son périmètre de la manière suivante :

- **PSE3F.1 – 1 année** : coût d'une année de maintenance préventive et corrective qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue ;
- **PSE3F.2 – 2 années groupées** : coût de deux années (Année 1 + Année 2) de maintenance préventive et corrective qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue ;
- **PSE3F.3 – 3 années groupées** : coût de trois années (Année 1 + Année 2 + Année 3) de maintenance préventive et corrective qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue ;
- **PSE3F.4 – 4 années groupées** : coût de quatre années (Année 1 + Année 2 + Année 3 + Année 4) de maintenance préventive et corrective qui prendra effet, si elle est retenue, à l'expiration de l'année de garantie légale prévue dans l'offre de base ou de l'extension de garantie (selon option) si elle est retenue.

Si celles-ci sont proposées par le candidat attributaire, le pouvoir adjudicateur se réserve le droit de retenir l'une de ces 4 possibilités.

Une ou plusieurs année(s) de maintenance préventive et corrective incluse(s) dans l'offre du candidat sans surcoût sera fortement appréciée.

CRITERES D'ATTRIBUTION ENONCES DANS LE REGLEMENT DE CONSULTATION

CRITERES D'ATTRIBUTION

Offre économiquement la plus avantageuse appréciée en fonction des critères énoncés ci-dessous (par ordre de priorité décroissante) :

CRITERES DE NOTATION		PONDERATION (en points)
CRITERE 1	TECHNIQUE	45
Sous-critère 1.1	Qualité et spécificité du matériel selon le mémoire technique : caractéristiques du système de fusion, du système sous vide et du système de coulée conformément aux exigences de l'annexe au CCP.	30
Sous-critère 1.2	Qualité et caractéristiques techniques de la solution informatique et optimisation de la gestion des données	10
Sous-critère 1.3	Mesure de sécurité inclus dans l'équipement et flexibilité des matériaux	5
CRITERE 2	PRIX	30
CRITERE 3	GARANTIE LEGALE et SAV	10
Sous-critère 3.1	Conditions et périmètre de la garantie légale, conditions du SAV	5
Sous-critère 3.2	Ensemble des délais dans le cadre de la garantie légale	5
CRITERE 4	DELAIS DES PRESTATIONS DU MARCHE	10
Sous-critère 4.1	Délais de livraison, installation, mise en ordre de marche et formation (détails)	10
CRITERE 5	ENVIRONNEMENT : dispositif mis en place par la société pour la protection de l'environnement, sur le secteur d'activité du marché uniquement	5

A le
Le représentant désigné de la société
(prénom, nom + signature + cachet commercial)

A Lille, le
Le pouvoir adjudicateur,