CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

Thermorégulateurs pour un banc diphasique – Projet Réclassif ENSAM

PA26.64

L'ESSENTIEL DU CONTRAT		
	Objet	Fourniture de deux thermorégulateurs de process pour le banc d'essai « Chiller » du laboratoire LIFSE
	Type de contrat	Marché public
	Prix	Prix forfaitaires

TABLE DES MATIERES

1 Contexte du marché 4
1.1 Présentation du laboratoire et du banc d'essai 4
2 Objet du marché 4
3 Prestations attendues 4
3.1 Objet du lot 4
3.2 Prestations attendues 4
3.2.1 Équipements attendus 4
3.2.2 Points de fonctionnement du banc 4
3.2.3 Spécifications techniques minimales 5
3.2.4 Fluide frigorigène et sécurité 5
3.2.5 Communication et pilotage 6
3.2.6 Livraison 6
3.2.7 Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires 7
3.2.8 Mise en service et réception 7
3.2.9 Formation 7
3.2.10 Garantie, maintenance et service après-vente 7
3.2.11 Documentation 7

1 CONTEXTE DU MARCHE

1.1 PRESENTATION DU LABORATOIRE ET DU BANC D'ESSAI

Le Laboratoire d'Ingénierie des Fluides et des Systèmes Énergétiques (LIFSE) du campus Arts et Métiers de Paris développe un banc d'essai diphasique dédié à la caractérisation de groupes frigorifiques (« chillers ») et de compresseurs électriques de climatisation.

Le banc met en œuvre plusieurs fluides frigorigènes, dont un fluide inflammable (propane, R290). Deux boucles secondaires à eau glycolée lui sont raccordées :

- une boucle côté condenseur, qui évacue la chaleur rejetée par le condenseur du système testé ;
- une boucle côté évaporateur, qui fournit la charge thermique à l'évaporateur et maintient sa température d'entrée.

Les débits et les températures de ces boucles sont mesurés et acquis par LabVIEW pour établir les bilans calorimétriques des essais. La qualité de ces bilans dépend directement de la stabilité de la température et du débit délivrés par les thermorégulateurs, objet du présent marché.

2 OBJET DU MARCHE

Le présent marché a pour objet la fourniture, la livraison, la mise en service et la formation à l'utilisation de deux thermorégulateurs de process destinés aux deux boucles secondaires du banc d'essai. Les deux appareils doivent être identiques et interchangeables (article 3.2.1).

3 PRESTATIONS ATTENDUES

3.1 OBJET DU LOT

Le lot comprend :

- la fourniture de deux thermorégulateurs de process identiques, avec les accessoires nécessaires à leur fonctionnement ;
- la livraison, le déchargement et la mise en place des appareils dans la salle d’essais ;
- la mise en service et la réception des appareils ;
- la formation des utilisateurs ;
- la documentation technique ;
- la garantie et le service après-vente ;
- les prestations supplémentaires éventuelles décrites à l'article 3.2.7.

3.2 PRESTATIONS ATTENDUES

3.2.1 Équipements attendus

Chaque appareil est un thermorégulateur de process à circulation, refroidi par eau, assurant la chauffe et le refroidissement d'un circuit externe fermé.

Les deux appareils sont identiques : même modèle, même configuration et mêmes interfaces. Ils doivent pouvoir être permutés entre les deux boucles sans modification. Cette exigence permet d'inverser les boucles selon les essais, de poursuivre les essais en cas de panne d'un appareil, et de mutualiser les pièces détachées, la formation et le pilotage informatique.

3.2.2 Points de fonctionnement du banc

Boucle condenseur :

- température de consigne de +60 à +90 °C ;

- chaleur à évacuer : 15 kW ;
- débit de 40 à 85 L/min.

Boucle évaporateur :

- température de consigne de 0 à +20 °C, y compris des points inférieurs à la température de l'eau process du bâtiment (5/6 °C) ;
- puissance : jusqu'à 20 kW à +20 °C et 17 kW à 0 °C ;
- débit jusqu'à 85 L/min.

Les deux appareils étant interchangeables, chacun doit couvrir les points de fonctionnement des deux boucles.

3.2.3 Spécifications techniques minimales

Chaque thermorégulateur respecte au minimum les spécifications suivantes :

- plage de température de travail : au moins de 0 à +90 °C ;
- puissance frigorifique garantie ≥ 15 kW sur toute la plage de +60 à +90 °C ;
- puissance frigorifique garantie ≥ 20 kW à +20 °C et ≥ 17 kW à 0 °C, obtenue indépendamment de la température de l'eau de refroidissement (froid actif) ;
- puissance de chauffe garantie ≥ 16 kW ;
- stabilité de température ≤ ±0,1 K, mesurée selon la norme DIN 12876 ou selon une méthode équivalente décrite dans l'offre ;
- pompe : débit ≥ 85 L/min sous 1,5 bar avec de l'eau glycolée à +20 °C ; débit réglable par niveaux de pompe ou par régulation de pression ; courbe de pompe et pression maximale à fournir ;
- régulation de type PID sur la température interne ou sur une sonde Pt100 externe placée dans la boucle ;
- fluide caloporteur : eau glycolée ; matériaux en contact compatibles ;
- refroidissement par l'eau process du bâtiment, disponible à 5/6 °C ; débit et pression différentielle nécessaires à indiquer ;
- alimentation électrique 400 V triphasé, 50 Hz ; puissance et courant maximaux absorbés à indiquer ;
- niveau sonore ≤ 65 dB(A).

Les puissances exigées sont des valeurs garanties par le titulaire, pour de l'eau glycolée à base d'éthylène glycol, de concentration indiquée dans l'offre, au débit nominal de la boucle concernée et avec l'eau de refroidissement disponible (5/6 °C). Elles correspondent aux besoins maximaux issus du bilan thermique du banc.

L'offre présente les puissances frigorifique et calorifique sous forme de tableaux, au minimum aux températures de 0, +20, +60, +75 et +90 °C, dans ces mêmes conditions. Des valeurs établies avec un autre fluide (huile thermique, éthanol) ne sont pas acceptées comme justification de conformité. Ces données servent aussi à l'évaluation de la valeur technique.

Le fluide caloporteur proposé, le cas échéant, doit être utilisable sur toute la plage de température exigée, y compris à +90 °C.

3.2.4 Fluide frigorigène et sécurité

L'exigence du présent article est déterminante pour la sécurité du banc : elle constitue une **exigence minimale obligatoire.**

Sécurité. Le système testé sur le banc fonctionne au propane (R290), fluide frigorigène fortement inflammable de classe A3 selon la norme ISO 817, dans la salle d'essais où seront installés les thermorégulateurs. Ceux-ci ne doivent pas y ajouter de charge inflammable. Un thermorégulateur à fluide frigorigène inflammable ou légèrement inflammable (classes A2L, A2 ou A3) imposerait un

volume minimal de local, une détection de gaz et une ventilation dédiée, et alourdirait l'analyse des risques d'explosion du banc.

Environnement. En tant qu'acheteur public, l'établissement définit son besoin en tenant compte des objectifs de développement durable (article L2111-1 du Code de la commande publique). Le règlement (UE) 2024/573 relatif aux gaz à effet de serre fluorés restreint progressivement l'usage des fluides frigorigènes fluorés. Les fluides frigorigènes naturels ne sont pas concernés par ces restrictions, ni par les contrôles d'étanchéité périodiques qu'elles imposent, et ne produisent pas de composés fluorés persistants lors de leur dégradation.

Exigence. Le circuit frigorifique de chaque thermorégulateur utilise un fluide frigorigène naturel, de classe de sécurité A1 selon la norme ISO 817.

L'offre indique la désignation du fluide frigorigène, sa classe de sécurité, sa charge (kg), son potentiel de réchauffement global (PRG) et la charge équivalente en tonnes de CO2. Elle joint la fiche de données de sécurité du fluide.

Sécurités minimales :

– protection contre la surchauffe, à seuil réglable ;

– protection contre le niveau bas de fluide caloporteur ;

– alarmes sonore et visuelle ;

– arrêt rapide ou arrêt d'urgence en façade, et arrêt commandable à distance;

– contact sec de report de défaut ;

– marquage CE et déclaration de conformité.

3.2.5 Communication et pilotage

Les thermorégulateurs sont pilotés et supervisés depuis le PC du banc (chaîne National Instruments cDAQ / LabVIEW).

- interface Ethernet de série, avec un protocole documenté permettant au minimum de lire et d'écrire la consigne, et de lire les températures, le débit ou la pression de la pompe, les états et les alarmes ;
- entrée pour sonde Pt100 externe ;
- entrée d'arrêt à distance et sortie de défaut par contact sec ;
- interfaces complémentaires disponibles (RS232/485, analogique 0-10 V ou 4-20 mA) à préciser dans l'offre ;
- la fourniture d'exemples de pilotes ou de programmes LabVIEW sera appréciée.

3.2.6 Livraison

Les appareils sont installés dans la salle d'essais du LIFSE, sur le campus Arts et Métiers de Paris (75013). Le titulaire assure :

- la livraison, le déchargement et l'acheminement des appareils jusqu'à la salle d'essais ;

Le raccordement hydraulique (boucles du banc, eau process) et électrique des appareils est réalisé par le laboratoire avant la mise en service. Le titulaire précise dans son offre les conditions de raccordement : type et dimension des raccords, débit et pression d'eau de refroidissement, protection électrique et type de prise.

Le titulaire indique également les dimensions, la masse et les conditions de manutention de chaque appareil.

3.2.7 Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires

Le titulaire propose obligatoire les prestations supplémentaires éventuelles suivantes :

PSE0 1 – Kit de raccordement

- quatre flexibles isolés (deux par appareil) de 3 m, compatibles avec de l'eau glycolée de 0 à +90 °C et avec la pression maximale de la pompe, avec les raccords adaptés ;

PSE0 2 – Premier remplissage

- fluide caloporteur pour le premier remplissage des deux appareils et des boucles.

3.2.8 Mise en service et réception

Le titulaire assure la mise en service complète des deux appareils dans les locaux de l'acheteur : remplissage et purge, paramétrage, vérification des sécurités et test de la communication avec le PC du banc.

La réception comprend, pour chaque appareil, une démonstration du fonctionnement en chauffe et en froid à au moins deux points de consigne, dont un entre +60 et +90 °C, de la régulation sur sonde externe et du pilotage à distance. La réussite de cette démonstration conditionne l'admission des prestations.

Lors de la première campagne d'essais, dans un délai de 3 mois après la mise en service, le campus vérifie les puissances garanties à l'aide de l'instrumentation du banc (débit massique × capacité thermique massique × écart de température). Un écart supérieur à 5 % par rapport aux valeurs garanties dans l'offre oblige le titulaire à remédier au défaut à ses frais.

3.2.9 Formation

Une formation d'une demi-journée sur site est dispensée à trois personnes lors de la mise en service. Elle porte sur l'utilisation, le paramétrage, les sécurités, l'entretien courant et le pilotage à distance des appareils.

3.2.10 Garantie, entretien et service après-vente

- garantie d'au moins 12 mois, pièces, main-d'œuvre et déplacement compris, à compter de la réception ;
- service après-vente et assistance technique en France ; délai d'intervention à indiquer dans l'offre ;
- disponibilité des pièces détachées pendant au moins 10 ans.

3.2.11 Documentation

- notices d'utilisation et de maintenance, en français de préférence ou en anglais ;
- fiches techniques, courbes de puissance frigorifique et calorifique, courbe de pompe ;
- documentation du protocole de communication ;
- déclaration de conformité CE et schémas électriques et hydrauliques ;
- liste des pièces de rechange recommandées.