

MARCHE PUBLIC DE FOURNITURE

Pôle affaires juridiques – marchés publics
Centrale Lille institut
Cité scientifique – CS 20048
59650 Villeneuve d'Ascq
Marches.publics@centralelille.fr



MARCHE DE FOURNITURE, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE ET LA FORMATION D'UN SYSTEME EXPERIMENTAL DE REACTEUR TUBULAIRE A LIT FIXE POUR CENTRALE LILLE INSTITUT– PA-2026-15

Marché passé selon une procédure adaptée en application des articles L. 2123-1-1°, R. 2123-1-1°, L.2113-11-2°, R.2151-8 du Code de la Commande Publique (CCP)

Date et heure limites de réception des offres

Lundi 17 juillet 2026 à 12h00

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (CCTP)

➤ **Objet du marché**

Le présent marché a pour objet la fourniture, l'installation et la mise en service d'un système expérimental de réacteur tubulaire à lit fixe destiné à : l'enseignement expérimental en catalyse hétérogène ; le criblage (screening) de catalyseurs ; l'étude des variations expérimentales ; l'étude de réactions gaz-solide, notamment la méthanation du CO₂ (réaction de Sabatier).

Le système devra permettre une manipulation directe par les étudiants, avec un niveau d'automatisation limité (semi-automatique), tout en garantissant un haut niveau de sécurité et de reproductibilité.

➤ **Description générale du système**

Le système comprendra :

- Trois lignes d'alimentation en gaz : H₂, CO₂, N₂
- un minimum, à deux réacteurs tubulaires à lit fixe
- un minimum, à deux fours tubulaires
- un système de chauffage contrôlé
- une instrumentation complète (température, pression, débit)
- un système de régulation de pression amont et aval
- une interface de pilotage simple avec acquisition de données
- des dispositifs de sécurité adaptés à l'utilisation de l'hydrogène

Le système devra être compatible avec une ligne de condensation existante donc il sera impératif d'avoir un retour des gaz à pression atmosphérique avant analyse par voie chromatographe gazeuse (GC non inclus).

➤ **Architecture du système**

Configuration des réacteurs

Le système devra comporter :

- Idéalement deux réacteurs en parallèle fonctionnant de manière indépendante mais relié simultanément à la même arrivée de flux (lignes) gazeux ;
- Reproductibilité entre lignes,
- Symétrie des performances.

À défaut, une configuration mono-réacteur est acceptable sous réserve que :

- l'architecture soit explicitement conçue pour l'ajout ultérieur d'un second réacteur (emplacement prévu pour second réacteur; capacité du système de contrôle à gérer 2 réacteurs...),
- aucune modification structurelle majeure ne soit nécessaire (alimentation, contrôle, châssis)

Fonctionnement

Chaque réacteur devra pouvoir fonctionner :

- de manière indépendante en termes de température et pression ;

- avec une alimentation en gaz contrôlée, stable, reproductible entre lignes (si double réacteur) ;

Dans la possibilité de deux réacteurs parallèles, les deux seront alimentés par le même flux de gaz (pas de nécessité d'ajout de débitmètres supplémentaires).

➤ **Spécifications techniques**

Conditions opératoires :

Température opératoire : 300°C

Température maximale : 600°C

Pression opératoire : 10 bar

Pression maximale admissible système : 50 bar

Réacteur(s) :

Type : réacteur tubulaire à lit fixe

Matériau : acier inoxydable 316L minimum ou équivalent

Longueur totale : 50 cm $\pm$ 2 cm

Zone chauffée : 30 cm $\pm$ 2 cm

Zone isotherme garantie : 5 cm $\pm$ 1 cm

Diamètre interne : 10 mm $\pm$ 1 mm

Configuration du lit catalytique : présence d'une grille de support fixe positionnée dans la zone centrale du réacteur et/ou système de maintien du lit (grilles, fritté ou équivalent).

Conception permettant un remplissage facile par les étudiants et un changement rapide du catalyseur.

Connexions et standards mécaniques :

Type de raccords : Swagelok (ou équivalent) fortement recommandé

Diamètre des lignes : 1/8 pouces et/ou 1/4 pouces recommandé

Système de chauffage :

Four tubulaire électrique

Ouverture frontale (accessibilité pédagogique)

Régulation PID

Homogénéité thermique : $\pm 5^\circ\text{C}$ minimum

Nombre de zones :

- une zone minimum
- deux zones fortement recommandées

Alimentation en gaz :

Le système devra permettre l'alimentation en :

- hydrogène (H₂)
- dioxyde de carbone (CO₂)
- azote (N₂)

Une compatibilité avec gaz de qualité laboratoire standard.

Régulation de pression amont :

Présence obligatoire d'un détendeur/régulateur de pression en amont.

Compatible avec pression bouteille de gaz (jusqu'à 100 - 150 bar).

Régulation des débits :

Régulateurs de débit massique (MFC) :

- minimum 3 (H₂, CO₂, N₂)
- plage de fonctionnement : 5 à 50 NmL/min
- précision : ± 1 à 2 % pleine échelle
- compatibilité pression amont

Instrumentation température :

- minimum 2 thermocouples par réacteur : entrée du lit et zone centrale (au niveau du catalyseur)
- type : K ou équivalent

Instrumentation Pression :

- Mesure de pression en amont réacteur et en aval réacteur
- Présence : manomètre et transmetteur de pression

Régulation de pression aval :

- présence obligatoire d'un régulateur de pression aval (BPR)
- stabilité de la pression dans le réacteur
- retour des gaz à pression atmosphérique en sortie système (réacteur)

Éléments de ligne :

Le système devra inclure :

- filtres adaptés (μm à préciser par le fournisseur, position amont et/ou aval)
- vannes de dérivation
- clapets anti-retour

Ligne aval et compatibilité analytique

- sortie compatible avec système de condensation existant, analyse par chromatographie en phase gazeuse (GC)
- absence de perturbation de pression en sortie
- absence de condensation non contrôlée avant le point de traitement

Les lignes à la sortie de réacteur doivent être chauffées en amont de la condensation afin d'éviter toute condensation dans les lignes.

Lignes de purge :

- lignes de purge (minimum deux) ;
- chaque ligne de purge devra comporter : vanne d'arrêt pneumatique automatisée (normalement ouverte) ;
- clapet anti-retour.

Standards de raccordement :

Raccords type Swagelok ou équivalent

Diamètres : 1/4'' à 1/2''

Système de contrôle et acquisition :

Interface de pilotage simple et intuitive

Affichage en temps réel : température, pression, débits

Enregistrement des données

Export des données (format exploitable type CSV)

Le système devra permettre un fonctionnement semi-automatique, laissant une part de manipulation à l'utilisateur.

Sécurité :

Le système devra être conçu pour une utilisation sécurisée avec de l'hydrogène.

Dispositifs obligatoires :

Soupapes de sécurité

Clapets anti-retours

Arrêt d'urgence coupant :

- alimentation gaz
- chauffage

Interverrouillages :

Arrêt automatique en cas de : surpression et surchauffe

Conformité :

Conformité à la réglementation applicable :

- équipements sous pression (DESP/PED)
- compatibilité avec installation de détection H₂ existante

Ergonomie et usage pédagogique :

Le système devra être adapté à une utilisation en travaux pratiques :

- accessibilité des composants,
- lisibilité des flux,
- visualisation claire du procédé,

- facilité de manipulation,
- changement simple des réacteurs et catalyseurs,
- composants résistants aux manipulations fréquentes,
- limitation des erreurs utilisateur (robustesse adaptée à un usage étudiant),

Encombrement et intégration :

Le système proposé devra présenter une conception compacte, adaptée à une utilisation en environnement de travaux pratiques.

À ce titre :

- l'ensemble du dispositif (réacteurs, régulation, instrumentation) devra être intégré de manière cohérente sur un bâti unique ou un ensemble compact
- la disposition devra faciliter : l'accès aux composants ; la manipulation par les utilisateurs ; la lisibilité du procédé

À titre indicatif, l'encombrement visé pour une configuration comprenant deux réacteurs (à défaut, une configuration mono-réacteur sous réserve que l'architecture soit explicitement conçue pour l'ajout ultérieur d'un second réacteur) est de l'ordre de : $100 \pm 20 \text{ cm} \times 100 \pm 20 \text{ cm}$ au sol et une hauteur maximale de $150 \pm 20 \text{ cm}$.

Utilités :

Électricité (standard attendu) : le système devra être compatible avec une alimentation 230 V monophasé (prioritaire) ou 400 V triphasé si justifié.

Puissance typique attendue : 4 à 12 kW (four + instrumentation)

Installation et mise en service :

Le titulaire devra assurer :

- la livraison sur le site indiqué dans le CCAP
- l'installation sur le site indiqué dans le CCAP
- la mise en service complète
- la vérification des performances
- la formation des utilisateurs (enseignants et/ou techniciens impliqués)

Formation :

Formation des utilisateurs (enseignants et/ou techniciens) sur site de livraison.

Prise en main du système : démonstration d'un test type avec montée en température, stabilisation pression, contrôle des débits.

Consignes de sécurité.

Documentation :

Le titulaire devra fournir :

- documentation technique complète,
- schémas de procédé P&ID obligatoire et schéma électrique ,
- liste des composants,
- notices d'utilisation,
- procédures de maintenance,

Recette et validation :

Des tests de réception seront réalisés incluant :

- vérification des conditions opératoires (T, P, débits)
- validation du fonctionnement global
- conformité aux spécifications

Délais :

Un délai maximal d'exécution : 18 semaines

Suivi de fabrication :

Le pouvoir adjudicateur se réserve la possibilité :

- de suivre l'avancement de la fabrication
- de demander des ajustements mineurs avant livraison

Garantie et maintenance :

Garantie minimale : 12 mois

Support technique

Disponibilité des pièces détachées

Exclusions :

Le catalyseur n'est pas inclus dans le présent marché.

Clause de flexibilité :

Toute proposition présentant des caractéristiques techniques équivalentes ou supérieures aux spécifications minimales sera recevable, sous réserve de justification détaillée.

Signature du pouvoir adjudicateur :

Fait à , le

Signature du Titulaire

Fait à , le