

# CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

Affaire n°458546-25-MES-SOL

Fourniture, installation et mise en service  
d'un appareil de Chimisorption en mode dynamique et  
Réduction en Température Programmée (TPR)

**Le Candidat reconnaît avoir pris connaissance du présent document et l'accepte dans son intégralité.**

*Fait à :*

*Le :*

*Raison sociale :*

**Nom et Fonction du signataire:**

Cachet de l'entreprise, Signature précédée de la mention manuscrite "Lu et approuvé", et Paraphe de toutes les pages du présent document.

## SOMMAIRE

1	PRESENTATION GENERALE.....	3
1.1	OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION .....	3
1.2	CONTEXTE .....	3
1.3	OBJECTIFS.....	3
1.4	DOCUMENTATION APPLICABLE .....	4
2	DEFINITIONS .....	4
3	ORGANISATION GENERALE .....	4
3.1	PLANNING DE REALISATION ATTENDU .....	4
3.2	CONDITIONS D'INTERVENTION SUR SITES IFPEN .....	4
4	EXPRESSION DES BESOINS .....	4
4.1	EXPRESSION FONCTIONNELLE DES BESOINS .....	4
5	EXPRESSION DES CONTRAINTES .....	10
5.1	LEGISLATION, REGLEMENTATION, NORMES EN VIGUEUR .....	10
5.2	MARQUAGE CE.....	10
5.3	SECURITE.....	10
5.4	INFORMATIQUE - PILOTAGE – LOGICIEL.....	10
5.5	ENVIRONNEMENT D'UTILISATION .....	10
6	TEST D'EVALUATION DE L'EQUIPEMENT.....	11
7	MODALITES DE RECEPTION DE L'EQUIPEMENT ET DES PRESTATIONS ASSOCIEES .....	11
7.1	RECEPTION SUR SITE (SAT) .....	11
8	CONDITIONS COMMERCIALES .....	14
8.1	EMBALLAGE - TRANSPORT - LIVRAISON .....	14
8.1.1	<i>Emballage - Transport</i> .....	14
8.1.2	<i>Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN</i> .....	14
8.1.3	<i>Incoterms</i> .....	14
	<i>Adresse de livraison</i> .....	14
8.2	CONDITIONS DE PAIEMENT .....	14

## 1 Présentation générale

### 1.1 Objet et domaine d'application

Objet du marché : Appareil de Chimisorption en mode dynamique et Réduction en Température Programmée (TPR)

Domaine d'activité concerné : caractérisation texturale des catalyseurs par adsorption chimique et par réduction .

Prestations associées : Mise en service et formations

### 1.2 Contexte

La caractérisation de l'accessibilité métallique des catalyseurs est une analyse essentielle à IFP Énergies Nouvelles pour pouvoir relier les propriétés catalytiques des catalyseurs à leurs propriétés intrinsèques. La chimisorption en mode dynamique est une des techniques de choix pour caractériser les catalyseurs métalliques neufs de type Pt, Ni, Co, Pt-Sn, Pt-Re, mais aussi les catalyseurs usés ou régénérés, et ce, que ce soit en interne (principaux clients R06) qu'en externe (assistance technique).

Actuellement, le laboratoire de caractérisation texturale et mécanique des solides (LCTMS) de la direction "Physique et Analyse" possède 3 appareillages de ce type, 2 de chez Micromeritics acquis en 2002 . De nombreux projets de recherche ainsi que l'expertise d'IFPEN lors d'assistance technique sont soumis à la réalisation d'analyse de chimisorption en dynamique. La qualité et la réactivité de rendu sur ce cette réalisation d'analyse doit être maintenue de façon pérenne pour pouvoir subvenir au besoin de nos demandeurs et satisfaire leurs urgences (AT).

La caractérisation des solides catalytiques par TPR (réduction en température programmée) est essentielle à IFP Energies Nouvelles pour connaître la réductibilité des matériaux ainsi que le degré d'oxydation de leur phase active en vue de leur mise en œuvre sous leurs formes réduites dans les unités industrielles. Suite à l'ancienneté du parc analytique en analyses TPR, IFP Energies Nouvelles souhaite acquérir un nouvel équipement.

### 1.3 Objectifs

Au vu de la criticité de ces méthodes d'analyse et considérant que notre parc analytique destiné à ce type d'analyse est vieillissant (2002 et 2003), l'objectif est d'acquérir un nouvel équipement polyvalent afin de maintenir la qualité de notre service analytique. L'outil devrait être utilisé à 100% (réalisation d'analyse et contrôle qualité).

L'équipement devra être robuste pour un fonctionnement 24h sur 24 et 7 jours sur 7.

## 1.4 Documentation applicable

Documents	Référence	Date	Rév.	Joint au cahier des charges <sup>1</sup>
Règle d'or du site de Solaize				<input checked="" type="checkbox"/>
Mémo sécurité du site de Solaize				<input checked="" type="checkbox"/>
Questionnaire informatique				<input checked="" type="checkbox"/>
Questionnaire HSE				<input checked="" type="checkbox"/>

## 2 Définitions

<b>Equipement</b>	Appareil de Chimisorption en mode dynamique et TPR
<b>Soumissionnaire</b>	Personne physique ou morale qui soumissionne à la présente consultation.
<b>FAT - Factory Acceptance Test</b>	Réception en atelier/usine
<b>SAT - Site Acceptance Test</b>	Réception in situ, sur le site IFPEN
<b>Titulaire</b>	Titulaire du marché à l'issue de la présente consultation

## 3 Organisation générale

### 3.1 Planning de réalisation attendu

Date de livraison souhaitée : Février 2026

### 3.2 Conditions d'intervention sur sites IFPEN

La Sécurité est une préoccupation permanente de la Direction générale d'IFP Energies nouvelles. Le personnel appelé à travailler sur les sites d'IFP Energies nouvelles devra se conformer aux consignes définies dans le livret d'accueil sécurité et environnement du site sur lequel il interviendra. Ce document décrit les conditions d'intervention sur le site (réglementations (établissement d'autorisation de travail ou d'un plan de prévention, horaires, formalités d'accès, consignes de sécurité, etc.).

## 4 Expression des besoins

### 4.1 Expression fonctionnelle des besoins

Dans le tableau qui suit, le niveau de priorité des fonctions attendues est indiqué comme suit :

- **A - Incontournable**

Fonction directement liée aux besoins, elle doit être impérativement assurée

- **B - Importante**

Fonction utile mais pas à n'importe quel prix

- **C - Souhaitable/Optionnelle**

Pratique ou de confort, la fonction ne sera retenue que si elle n'engendre pas de coût ou de modifications importants.

<sup>1</sup> Cocher si le document est joint au cahier des charges/ Cf Annexes

Diffusion Externe	Référence	Version	Date	Page
	458546-25-MES-SOL	2	20/08/2025	5/14

P	Fonctions attendues	Critères	Performances attendues	
				Acceptabilité min max
B	Régulation du débit	Débit	Brooks permettant de régler le débit de 10ml/min à 150 ml/min	20 ml/min à 100ml/min
A	Vannes boucles et actionneurs performants	Étanchéité	Performance du matériel : Étanches avec système de commande robuste et fiable / pilotage pneumatique	
A	Système d'introduction des gaz de calcination, réduction, séchage	Nombre d'entrées	Possibilité d'avoir 4 entrées en gaz de prétraitement (H <sub>2</sub> , Air, He, Ar)	Au moins 3 entrées
A	Système d'introduction des gaz de référence-analyse, réduction, séchage	Nombre d'entrées	Possibilité d'avoir 4 entrées en gaz de prétraitement (Air, He, dilution)	Au moins 3 entrées
A	Système d'introduction des gaz de pulse	Nombre d'entrées	Possibilité d'avoir 4 entrées en gaz de prétraitement (H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , He, Ar)	Au moins 3 entrées
A	Mesure de la pression	Sécurité	Mesure de sécurité en cas de bouchage et de surpression dans l'appareil permettant sa coupure automatique	
A	Four pour chauffage cellule analyse et maintien de la température de consigne	température, montée en température	Durée de palier = 1 à 16 heures Montée en T°C = 1 à 20°C/min T°C palier max = 1100°C +/- 1°C	Temps de palier jusqu'à 16h Montée en T°C jusqu'à 10°C/min Four jusqu'à un maximum de 1000°C
A	Mesure et contrôle de la température	température	Consigne / mesure dans le lit catalytique : Ambiante à 1000°C	Ambiante à 1000°C
C	Système de refroidissement de la cellule	durée, température	Refroidissement rapide de 1000°C à 25°C	2h max pour descendre à T°amb.

Diffusion Externe	Référence	Version	Date	Page
	458546-25-MES-SOL	2	20/08/2025	6/14

B	Consommables		fourniture de jeux de consommables pour le démarrage et l'utilisation de l'outil durant 1 an	
A	Cellules d'analyse	Adaptabilité aux différentes formes de catalyseurs	Catalyseurs mis en forme (billes 1 -4 mm ou extrudés 1 – 3 mm) ou en poudre de masse allant jusqu'à 3 g (3cc en volume)	
A	Robustesse de l'outil	Capacité analytique	Appareil pouvant fonctionner à plein temps : 24h/24 et 7 jours/7	
A	Piège à eau		Présence d'un piège (type zéolithe 5A) pouvant être régénéré in-situ	présence du piège
C	Châssis	Encombrement	Châssis peu encombrant, i.e. posé sur paillasse (hauteur paillasse : 90mm, profondeur de 60mm et largeur de 120mm)	

### Pilotage – Logiciel – Interface opérateur

P	Fonctions attendues	Performances attendues	
			Acceptabilité min max
A	Pilotage de l'appareil par PC <b>Le PC sera fourni par IFPEN</b>	<p>Le candidat joindra à son offre le questionnaire informatique IFPEN qu'il aura préalablement complété, et, le cas échéant, les spécifications du/des ordinateur(s) requis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipement automatisé avec interventions manuelles pour le lancement de l'analyse</li> <li>- Possibilité de création/modification des enchainements opératoires</li> <li>- Possibilité d'intervenir manuellement via le logiciel en cours d'analyse</li> <li>-2 cartes réseaux</li> </ul>	FOURNITURE REGULIERE DE LA MISE A JOUR DES PROGRAMMES

Diffusion Externe	Référence	Version	Date	Page
	458546-25-MES-SOL	2	20/08/2025	7/14

A	Fonctionnement automatique	cycle de fonctionnement automatique : limiter l'intervention de l'opérateur à la charge et décharge du solide (fonctionnement possible de nuit)	
A	Traitement des données	Traitement avec export aisé sous Excel et intégration des signaux (automatiquement ou manuellement)	
B	<b>Logiciels d'acquisition des analyses et d'exploitation</b>	<b>Logiciel multitâche :</b> *Acquisition et exploitation des résultats *programmation de plusieurs programmes de travail	Windows 10 pour le PC IFPEN  2 prises Ethernet :

## Hygiène – Sécurité - Environnement

P	Fonctions attendues	Critères	Performances attendues	
				Acceptabilité min max
A	Installation et mise en service par des intervenants habilités Risque Chimique	Détention des habilitations	Installateurs habilités Risque Chimique 1 et 2	
A	Sécurité concernant l'interaction possible entre oxygène et hydrogène		Présence de H2 et O2. Interdire l'injection d'O2 après l'hydrogène si le temps de purge est trop faible et/ou en cas d'absence d'azote de purge	

## Documentation technique

P	Fonctions attendues	Critères	Performances attendues	
				Acceptabilité min max
A	Fourniture des notices d'utilisation et d'entretien de l'Equipelement		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rédigées en français.</li> <li>- Archivées sous format papier (1 exemplaire) et informatique (à définir).</li> </ul>	

## Prestations associées d'assistance, de support, ou de formation

P	Fonctions attendues	Critères	Performances attendues	
				Acceptabilité min max
A	Assistance au démarrage		Le Titulaire a en charge de mettre en œuvre l'ensemble des moyens et des ressources nécessaires au démarrage de l'Equipelement jusqu'à la prononciation de la réception définitive.	
A	Formation des opérateurs IFPEN sur site	Contenu, durée	<p>Cette étape de formation aura pour résultat :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de former les utilisateurs à l'utilisation de l'Equipelement,</li> <li>- de former les utilisateurs aux opérations de maintenance de niveau 1</li> </ul> <p><u>Formation aux fonctions suivantes</u> : Utilisation pratique de l'outil et de toutes ses options, utilisation du logiciel, programmation d'un essai jour et d'un essai nuit, sauvegarde des procédures, traitement et export des données sous Excel, les différents modes de calcul de la dispersion.</p> <p>Formation pour les opérations de maintenance courante de l'outil. A réaliser lors de la mise en service de l'outil par le fournisseur sur le site</p>	



Diffusion Externe	Référence	Version	Date	Page
	458546-25-MES-SOL	2	20/08/2025	9/14

## Prestations d'entretien, maintenance, SAV

P	Fonctions attendues	Performances attendues	
		mini	maxi
A	<b>Garantie</b>  Couverture : diagnostic, démontage, remplacement et remontage des parties reconnues défectueuses, et tous les frais afférents au déplacement du personnel, à l'emballage et au transport de matériel nécessaires à la remise en état de l'Equipement.	Durée minimale de garantie : 24 mois à compter de la date de réception définitive, sans réserve, de l'Equipement.  Au titre de la garantie, le Titulaire est tenu : - de maintenir l'Equipement en état de disponibilité, - de réaliser l'ensemble des opérations d'entretien préventif de l'Equipement, - de remplacer l'ensemble des matériels et pièces détachées livrés et reconnus défectueux, - de procéder à l'ensemble des actions nécessaires permettant la réparation des dommages et/ou le rétablissement des conditions normales d'utilisation.	
C	Maintenance	Contrat sur 3 à 5 ans avec délais d'intervention, délais de réponse et délais d'intervention.  Possibilité de télémaintenance.  Détails des coûts et actions pour la maintenance préventive et corrective.	

## 5 Expression des contraintes

### 5.1 Législation, réglementation, normes en vigueur

L'Équipement fourni et les prestations assurées par le titulaire devront respecter la réglementation en vigueur.

### 5.2 Marquage CE

Conformément aux textes réglementaires, l'Équipement livré doit être muni du marquage CE et livré avec une attestation de conformité CE.

### 5.3 Sécurité

La Sécurité est une préoccupation permanente de la Direction générale d'IFP Energies nouvelles. Le personnel appelé à travailler sur les sites d'IFP Energies nouvelles devra se conformer aux consignes définies dans les documents suivants :

- Mémo Sécurité des Entreprises Extérieures
- Ecarts aux Règles d'Or

### 5.4 Informatique - Pilotage – Logiciel

Lorsqu'une configuration informatique (matériel, logiciel) est proposé avec l'Équipement, les contraintes relatives à la configuration informatique sont les suivantes:

Lorsqu'une configuration informatique (matériel, logiciel) est proposé avec l'Équipement, les contraintes relatives à la configuration informatique sont précisées dans le fichier Excel en annexe au cahier des charges.. En particulier :

- Le matériel informatique est acheté séparément par IFPEN, suivant des spécifications techniques précisées dans l'offre.

- Logiciels

Les sources (média ou lien de téléchargement) d'installation et la documentation associée devront être livrées avec les logiciels.

Les logiciels à caractère bureautique (MS Office) peuvent être livrés et installés par la DSI d'IFPEN.

- Licences

Les licences devront faire l'objet d'une fourniture de certificat de licences accompagnées du CLUF (Contrat Licence Utilisateur Final) et mentionner la durée de validité de la licence et toutes autres contraintes d'utilisation.

- Sécurisation du poste de travail :

La DSI d'IFPEN impose l'utilisation de l'antivirus sur tous les postes et s'occupe de son installation.

Le produit utilisé par IFPEN est McAfee VirusScan 8.8 et le composant McAfee Agent 4.6. Le soumissionnaire devra préciser si des incompatibilités sont connues entre cet antivirus et le logiciel (ou applications) proposé et/ou s'il nécessite des optimisations au niveau de son paramétrage pour en réduire son impact.

### 5.5 Environnement d'utilisation

L'Équipement sera installé dans un environnement dont les paramètres extérieurs sont les suivants :

- Emplacement : Bâtiment Dolomite au deuxième étage : 12 DOL/2B05
- Température moyenne :  $20 \pm 2$  °C
- Espace disponible : paillasse de 1,20m de longueur et 0,60 m de profondeur
- Réseau électrique : oui, 220 V
- Fluides disponibles : air, He, Ar, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, bouteille 5% H<sub>2</sub>/Ar
- Air comprimé réseau (7 bars)
- Autres : H<sub>2</sub> basse pression

**Ces valeurs sont données à titre d'information.** Il appartient au soumissionnaire de s'assurer lors d'une visite, de la conformité du local d'IFP Energies nouvelles aux contraintes d'environnement et aux exigences techniques imposées par le constructeur. **Un compte-rendu de visite devra être transmis à IFP Energies nouvelles préalablement à toute contractualisation.**

Le soumissionnaire a la responsabilité de préciser à IFP Energies nouvelles les contraintes liées à l'environnement et relatives à l'utilisation de l'Équipement dans les conditions normales d'utilisation et de maintenance. En particulier :

- les utilités nécessaires au fonctionnement de l'Équipement :
  - voltage et puissances électriques nécessaires,
  - nature des fluides et pressions de réseau nécessaires.
- les précautions d'utilisation,
- les protections nécessaires.

## 6 Test d'évaluation de l'Équipement

Le laboratoire souhaite évaluer, par l'intermédiaire de tests sur des échantillons représentatifs, la solution technique proposée par le soumissionnaire et ses principales fonctionnalités, et ce avant toute contractualisation.

Les échantillons sont à demander par mail à [marine.collaudin@ifpen.fr](mailto:marine.collaudin@ifpen.fr) et [denis.roux@ifpen.fr](mailto:denis.roux@ifpen.fr) (avec en copie [carole.bobin@ifpen.fr](mailto:carole.bobin@ifpen.fr)) avec précision sur l'adresse postale pour envoi.

## 7 Modalités de réception de l'Équipement et des prestations associées

### 7.1 Réception sur site (SAT)

Les tests de qualification, associés à cette étape, permettront de constater la conformité de l'Analyseur vis-à-vis. Ces tests seront réalisés avec le titulaire à la suite de la formation :

- des fonctionnalités stipulées par le présent Cahier des Charges Fonctionnel,
- des performances attendues par le présent Cahier des Charges Fonctionnel.

Les tests de réception associés à cette étape s'effectueront sur le site IFP Energies nouvelles selon les conditions opératoires définies dans le paragraphe 6 de ce document. Les résultats obtenus devront être conformes aux tableaux ci-dessous :

Echantillon référence			Conditions d'acceptabilité : fourchette des volumes (ml/g)
<p>Test n°1</p> <p><b>1) <u>Calcination sous air du catalyseur :</u></b></p> <p>-T : rampe de 10°C/min, palier à 530°C pendant 120 min en lit traversé</p> <p>- gaz : Air, débit = 20ml/min</p> <p>-retour à l'ambiant</p> <p><b>2) <u>Purge à He débit 20ml/min</u></b></p> <p><b>3) <u>Réduction sous H2 du catalyseur en température</u></b></p> <p>- T : rampe de 5°C/min, palier à 450°C pendant 120 min en lit traversé</p> <p>- gaz : H2, débit = 20ml/min</p> <p>-retour à l'ambiant</p> <p><b>4) <u>Purge à He débit 20ml/min</u></b></p> <p><b>5) <u>Titrage par pulse d'Oxygène pur Boucle de 0.25-0.3 cc préférable avec 15-20 pulses</u></b></p> <p><b>6) <u>Purge à He débit 20ml/min</u></b></p> <p><b>7) <u>Réduction sous H2 du catalyseur à l'ambiante</u></b></p> <p>- T : 35°C pendant 60 min en lit traversé</p> <p>- gaz : H2, débit = 20ml/min</p> <p><b>8) <u>Purge à He débit 20ml/min</u></b></p> <p><b>9) <u>Titrage par pulse d'Origène pur avec 10-15 pulses</u></b></p>	Titrage O2		<p>V1 entre 0,30 et 0,36</p> <p>V2 entre 0,25 et 0,31</p>

Diffusion Externe	Référence 458546-25-MES-SOL	Version 2	Date 20/08/2025	Page 13/14
----------------------	--------------------------------	--------------	--------------------	---------------

<p>Test n°2</p> <p><b>Catalyseur Co/silice-alumine</b></p> <p>Protocole opératoire :</p> <p>* Analyse : sous 5% H<sub>2</sub>/Ar à un débit de 30 mL/min : Montée en T°C jusqu'à 1000°C (5°C/min) et palier en T°C de 10 minutes</p>	Réduction en température programmée	<p>Fournir les courbes sous format Excel ou équivalent</p> <p>Fourniture du fichier brut</p>	<p>Profil avec 3 Pics présents avec 3 maxima de températures et 3 volumes :</p> <p>T1 = 375 ± 21°C T2 = 459 ± 20°C T3 = 643 ± 23°C</p> <p>V1 = 5.6 ± 0.4 ml/g V2 = 25.9 ± 0.9 ml/g V3 = 62.2 ± 3.7 ml/g</p>
--	-------------------------------------	--	---

<p>Test n°3</p> <p><b>Catalyseur CuO</b></p> <p>Protocole opératoire :</p> <p>* Calcination sous air 30ml/min montée à 5°C/min jusqu'à 500°C palier de 30min</p> <p>* Analyse : sous 5% H<sub>2</sub>/Ar à un débit de 30 mL/min : Montée à 4°C/min T°C jusqu'à 1000°C palier de 120 min .</p>	Réduction en température programmée	<p>Fournir les courbes sous format Excel ou équivalent</p> <p>Fourniture du fichier brut</p>	<p>Profil avec un pic :</p> <p>T1= 315 +/- 10°C</p> <p>V1= 185 +/- 10 ml/g</p>
--	-------------------------------------	--	--

La réception définitive est prononcée après signature par IFP Energies nouvelles du Procès-Verbal de réception dans un délai d'un (1) mois après réception sur site de l'appareil.

La réception telle que définie ci-dessus entraîne le début de la période de garantie.

## 8 Conditions commerciales

### 8.1 Emballage - Transport - Livraison

#### 8.1.1 Emballage - Transport

Le Titulaire prend à sa charge :

- l'emballage adéquat de l'Équipement et de ses accessoires, nécessaire à son transport, Le Titulaire demeure responsable du mauvais conditionnement ou de l'insuffisance des emballages nécessaires au transport de l'Équipement.
- le transport de l'Équipement et de ses accessoires, depuis ses ateliers jusqu'au lieu de livraison indiqué sur la commande.

#### 8.1.2 Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN

Dès lors que le Titulaire est en charge de l'installation de l'Équipement, ainsi que dans les cas de conditions particulières de chargement, déchargement ou manutention, celui-ci devra assurer :

- la livraison de l'Équipement sur son lieu d'utilisation, la personne assurant la livraison devra au préalable se présenter au service Réception et remettre le bordereau de livraison,
- les opérations de déballage de l'Équipement.

#### 8.1.3 Incoterms

**DDP Solaize** selon les conditions stipulées par les Incoterms 2010.

#### Adresse de livraison

IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'Échangeur de Solaize, 69360 Solaize, France

### 8.2 Conditions de paiement

Le règlement des factures intervient par virement à 60 jours nets date de facture.