



CAHIER DES CHARGES

CEA/DIF/DASE/SRCE
DO 212 20/07/26



diffusé le : 27/07/26

[NP] CAHIER DES CHARGES POUR L'ACQUISITION D'UN ANALYSEUR DE SORPTION PERMETTANT LA MESURE D'ISOTHERMES DE GAZ PURS


Chef du Service
Radioanalyses, Chimie et Environnement

Nombre total de pages : 15

Résumé :

Ce document constitue le cahier des charges relatif à l'acquisition d'un analyseur de sorption. Cet investissement se justifie par l'obsolescence de l'équipement actuellement en service au laboratoire ainsi que par la nécessité d'améliorer les performances de mesure, notamment en termes de précision à faible pression partielle, afin de répondre aux besoins des activités de R&D. L'équipement qui fait l'objet de ce document concerne du matériel capable de mesurer de manière sensible et robuste l'adsorption d'un gaz sur un matériaux adsorbant et notamment du Xe sur une large gamme de pression partielle.

Ce document indique les caractéristiques auxquelles l'instrument doit répondre ainsi que toutes les prestations associées pour déboucher sur une mise en service dans le laboratoire.

TABLEAU DES EVOLUTIONS		
Version	Motif et nature des évolutions	Date
A	Création.	21/07/2026

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	5
2. DESCRIPTION DES PRESTATIONS DEMANDEES.....	6
2.1. Poste 10 : fourniture	6
2.2. Poste 20 : recette usine	6
2.3. Poste 30 : livraison sur le site de Bruyères-le-Châtel	6
2.4. Poste 40 : installation, mise en service	6
2.5. Poste 50 : formation.....	6
2.6. Poste 60 : formation avancée	7
3. CONDITIONS D'EXECUTIONS	7
3.1. Planning.....	7
3.2. Obligations du titulaire	7
3.3. Contraintes pour l'installation sur site	7
3.4. Sécurité de l'information	8
4. SUIVI DES PRESTATIONS ET REUNIONS TECHNIQUES.....	8
4.1. Interlocuteurs	8
4.2. Documents et livrables	8
4.3. Suivi de la prestation par le CEA	8
4.3.1 Réunion de lancement	9
4.3.2 Recette usine	9
4.3.3 Installation, mise en service	9
4.4. Dispositions relatives à la qualité.....	10
4.5. Dispositions relatives à l'environnement.....	10
5. DEFINITION DE L'ANALYSEUR DE SORPTION	10
5.1. Limites de fourniture	11
5.2. Critères de l'analyseur de sorption et de ses accessoires	13
6. LISTE DE DIFFUSION	15

1. CONTEXTE

La signature du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE) en 1996 a déclenché la mise en place du Système de Surveillance International (SSI) qui vise à détecter, identifier et localiser toute explosion nucléaire d'énergie supérieure à 1 kT équivalent TNT se produisant dans l'atmosphère, dans les océans ou sous terre. Le SSI est constitué de 321 stations réparties sur le globe (voir Figure 1-1, à gauche) et faisant appel à quatre technologies de détection (sismique, hydroacoustique, infrasons et radionucléide).

Pour la France, la mission de détection des essais nucléaires est confiée au CEA/DIF. Dans ce cadre, le CEA/DIF a conçu et développé des stations de surveillance des traces de radionucléides (isotopes radioactifs) émis dans l'atmosphère sous forme d'aérosols ou de gaz nobles (le xénon), dites respectivement station radionucléides et station gaz nobles. Une station gaz noble prélève, traite et analyse le xénon. La station gaz nobles développée par le CEA/DIF est nommée SPALAXTM et a fait l'objet d'un brevet en 2004. Les travaux de R&D et le retour d'expérience ont permis de concevoir en 2015 une station SPALAX de Nouvelle Génération (voir Figure 1-1, à droite).



Figure 1-1. À gauche, réseau radionucléide du Système de Surveillance international de l'OTICE. À droite, station SPALAX NG.

Simultanément, d'autres pays ont développé le même type de stations. Les russes ont développé les stations ARIX (Analyzer of Xenon Radioisotopes). Les suédois ont développé les stations SAUNA (Swedish Automatic Unit for Noble gas Acquisition) version I, II et III. Les américains ont développé les stations ARSA (Automated Radioxenon Sampler-Analyzer) puis plus récemment les stations Xe International. Un point commun de ces stations est l'utilisation du procédé d'adsorption en lit fixe pour la purification et la concentration du xénon afin de passer de la teneur atmosphérique à quelques pourcents dans la cellule de mesure.

Le CEA/DAM mène des travaux d'optimisation de ses stations, en particulier des procédés d'adsorption, comprenant la sélection et l'évaluation de matériaux adsorbants capables de satisfaire les performances requises. Compte tenu de la très faible teneur en Xe dans l'atmosphère, ce développement est rendu possible grâce à des analyseurs de sorption volumétrique. Le laboratoire dispose actuellement de deux équipements de ce type. Toutefois, ces appareils sont aujourd'hui soit obsolètes, soit limités en termes de précision dans le domaine des faibles pressions partielles.

Par ailleurs, les travaux de R&D menés au sein du laboratoire visent à développer des modèles permettant de prédire et de simuler les isothermes d'adsorption à différentes températures à partir d'un nombre limité de mesures expérimentales. La qualité de ces modèles étant directement conditionnée par la précision des données d'entrée, il est indispensable de disposer d'un équipement offrant des performances accrues pour la mesure des isothermes dans le domaine des très faibles pressions partielles (< 10 ppmm). Ces données permettront de comparer et de discriminer les différents adsorbants candidats, ainsi que de contribuer au dimensionnement et à l'optimisation de nouveaux procédés.

Note : dans la suite du document, « analyseur de sorption », « instrument » et « équipement » désignent le même élément.

2. DESCRIPTION DES PRESTATIONS DEMANDEES

Les prestations relatives au cahier des charges sont constituées de 5 postes fermes et un poste optionnel tel qu'indiqués ci-après.

Poste 10 : fourniture,
Poste 20 : recette usine,
Poste 30 : livraison sur le site de Bruyères-le-Châtel,
Poste 40 : installation, mise en service et recette sur site,
Poste 50 : formation,
Poste 60 : formation avancée (option).

2.1. Poste 10 : fourniture

Le Titulaire fournit au CEA un analyseur de sorption ainsi que le matériel nécessaire à son fonctionnement. Ce dernier respecte les critères indiqués au § 5.2.
La validation de la recette usine (§ 4.3.2) entraînera le paiement partiel de l'appareil. Lors de l'essai de mise en service (§ 4.3.3), le complément sera payé. L'objectif étant que l'appareil réponde à nos applications, difficiles à tester en condition usine.

2.2. Poste 20 : recette usine

Le Titulaire réalise des essais avant expédition afin de vérifier la conformité de l'équipement aux exigences du présent cahier des charges. Le protocole proposé doit être conforme d'un point de vue métrologique. La recette usine sera également réalisée en présence du personnel du CEA chez le Titulaire. Le test à réaliser est présenté dans le § 4.3.2.

2.3. Poste 30 : livraison sur le site de Bruyères-le-Châtel

Le Titulaire assure la livraison de l'équipement sur le site CEA/DIF Île-de-France à Bruyères-le-Châtel (91) (centre CEA/DIF).

2.4. Poste 40 : installation, mise en service

Le Titulaire réalise l'installation et la mise en service de l'instrument au sein du centre CEA/DIF. A cette occasion, le fournisseur s'assure du bon fonctionnement de l'instrument suite à son acheminement. La mise en service devra inclure les essais permettant de vérifier les critères du présent cahier des charges, notamment en ce qui concerne les performances de mesure à basse pression partielle en xénon. Le gaz et les échantillons seront fournis par le CEA/DIF. Les tests à réaliser sont explicités dans le § 4.3.3 et sont réalisés sur une période de moins de 15 jours au total.

2.5. Poste 50 : formation

Le Titulaire réalise une formation sur le centre CEA/DIF pour 4 personnes maximum. La durée de la formation sera de 2 jours minimum. Cette formation traitera de l'utilisation avancée de l'analyseur de sorption. Le principe de fonctionnement de l'équipement, la mise en place de méthodes et l'utilisation

du logiciel pour la réalisation de mesure et l'exploitation des résultats devront obligatoirement être abordés (dans la limite des fonctionnalités des différents logiciels).

2.6. Poste 60 : formation avancée (option)

Le Titulaire réalise, quelque mois après l'installation, une formation sur le centre CEA/DIF pour 4 personnes maximum. L'objectif est de permettre aux utilisateurs de préparer des questions après quelques mois d'utilisation de l'instrument et ainsi faire en sorte que le Titulaire puisse répondre aux questions et aux difficultés rencontrées spécifiquement sur les méthodes employées par notre laboratoire et aux résultats associés. Il serait également questions d'aborder des aspects métrologiques, voire une utilisation avancée de l'appareil.

3. CONDITIONS D'EXECUTIONS

3.1. Planning

Le CEA/DAM souhaite que l'analyseur de sorption soit réceptionné avant la fin de l'année 2026.

3.2. Obligations du titulaire

Le Titulaire s'engage à tenir le CEA informé de l'état d'avancement de la prestation ainsi que, s'il y a lieu, de tous les problèmes et difficultés rencontrés dans le cadre de l'exécution de la prestation et de leurs incidences sur les délais, afin que le CEA puisse prendre les mesures qui s'imposent.

Obligation de résultat

La prestation dont le Titulaire assure la direction et assume l'entière responsabilité, sera en tout point conforme aux exigences du cahier des charges, et est assorti d'une obligation de résultat. Il appartient au Titulaire de prendre toutes les dispositions qu'il jugera nécessaires et de demander au CEA toutes les informations requises pour satisfaire à l'obligation de résultat.

Le Titulaire s'engage à affecter du personnel compétent et qualifié, en quantité suffisante, pour effectuer la prestation.

En complément des renseignements qui lui sont fournis, le Titulaire doit avoir relevé tous les renseignements qui lui sont nécessaires pour établir son prix forfaitaire, notamment en ce qui concerne le contexte spécifique de la prestation. Le Titulaire ne pourra en aucun cas prétendre à un supplément de prix par suite, soit d'insuffisance de description, soit de difficultés d'accès ou d'organisation dues aux particularités de la prestation.

Obligation de conseil

Le Titulaire reconnaît être tenu à une obligation générale de conseil et de mise en garde du CEA.

Le Titulaire est expressément tenu, au fur et à mesure de l'exécution de la prestation qui lui est dévolue au titre du marché, au devoir de conseil et d'information le plus étendu, lequel consiste notamment à informer complètement le CEA sur les conséquences des différentes décisions qu'il peut être amené à lui faire prendre, à attirer son attention lorsqu'il décèle des risques de quelque nature que ce soit dans la conduite des études, à lui suggérer les démarches ou solutions utiles au parfait et complet accomplissement de sa mission et plus généralement à protéger au mieux les intérêts du CEA.

3.3. Contraintes pour l'installation sur site

L'installation sur site sera réalisée sur le site CEA/DIF de Bruyères-le-Châtel (91).

Avant le début du montage sur site, le Titulaire devra établir un plan de prévention ou un bon d'intervention avec le Chef de l'installation ou son représentant.

En fin de montage, le Titulaire procédera au nettoyage de l'emplacement de son chantier afin de le laisser dans un parfait état de propreté.

3.4. Sécurité de l'information

Le Titulaire est tenu de respecter le caractère secret ou confidentiel des informations dont il aura connaissance, même de manière fortuite, à l'occasion de la réalisation de la prestation. Il répond du respect de ce caractère secret ou confidentiel par son personnel ou ses sous-traitants.

Toute communication externe ne peut être réalisée qu'après accord écrit préalable du CEA, y compris après achèvement du projet.

4. SUIVI DES PRESTATIONS ET REUNIONS TECHNIQUES

4.1. Interlocuteurs

Le Titulaire s'engage à désigner un responsable du marché qui est l'interlocuteur privilégié du CEA. Il assure le suivi contractuel entre le CEA et les intervenants du Titulaire. Il rend compte périodiquement au CEA de la réalisation des tâches effectuées dans le but d'assurer un suivi.

4.2. Documents et livrables

Concernant la partie technique et puisque le CEA ne prévoit pas de réaliser d'essais, le titulaire fournit toute la documentation utile pour permettre au CEA d'apprécier que les critères fixés dans le cahier des charges et la matrice de conformité soient respectés (Tableau 1). Pendant le marché, le Titulaire devra fournir un certain nombre de livrables listés ci-après (Tableau 1). En particulier, le contenu du cahier de recette devra être défini lors d'une réunion entre le CEA et le Titulaire et devra comporter au minimum les critères du cahier des charges et de la matrice de conformité tel que le Titulaire a répondu. Les conditions d'acceptation et de paiement seront alors réalisées selon les modalités fixées dans le règlement de projet de marché.

Tableau 1. Liste des documents et livrables à fournir.

Poste	Livable	Livraison
10	Constat d'approvisionnement	T_0 (30 %)
	Cahier de recette usine	T_1 (50 %)
	Cahier de recette site	T_3 (20 %)
20	Cahier de recette usine	$T_1 = T_0 + 3$ mois
30	Réception de l'équipement et du matériel au CEA.	$T_2 = T_1 + 2$ semaines
40	Cahier de recette site.	$T_3 = T_2 + 2$ semaines
50	Livret de formation.	$T_4 = T_3 + 2$ semaines
60	Livret de formation complémentaire	$T_5 = T_4 + 3$ mois

4.3. Suivi de la prestation par le CEA

La prestation comprend la tenue d'une réunion de lancement et des réunions de suivi. Une fois l'équipement prêt, aura lieu la recette usine puis la mise en service ainsi qu'une formation à l'utilisation de l'équipement. Des réunions supplémentaires spécifiques pourront être organisées chaque fois que des préoccupations le nécessiteront pour garantir le bon déroulement de la prestation. Chacune des réunions fait l'objet d'un compte rendu rédigé par le Titulaire uniquement si le CEA en exprime le besoin, dans un délai de 5 (cinq) jours ouvrés, et est diffusé au CEA pour observations éventuelles. Les comptes rendus non contestés dans un délai de 5 (cinq) jours ouvrés à compter de leur diffusion au CEA deviennent définitifs, étant entendu que ces comptes rendus ne peuvent venir modifier le marché de quelque manière que ce soit.

4.3.1 Réunion de lancement

La réunion de lancement du marché est organisée par le CEA et est l'occasion de présentations mutuelles des interlocuteurs de la prestation.

Elle doit permettre au Titulaire de faire la démonstration qu'il a bien mis en place les moyens et dispositions nécessaires pour débiter et exécuter la prestation conformément aux exigences contractuelles.

Elle doit permettre au CEA de s'assurer que les exigences du marché (de performance, de délai, de management, de confidentialité...) sont comprises et prises en compte.

L'ordre du jour type de la réunion de lancement est le suivant :

- rappel des exigences générales du marché,
- présentation des responsables de l'exécution du marché chez le titulaire et ceux du CEA,
- présentation des éventuels sous-traitants,
- rappel du contenu technique, et notamment de l'organisation mise en place pour l'exécution de la prestation, présentation par le titulaire de la première version de son plan d'assurance qualité.

4.3.2 Recette usine

La recette usine a pour objectif de vérifier que le système répond aux exigences du cahier des charges. Le Titulaire effectuera les essais pour s'en assurer au sein de ses locaux. Pour cela, le Titulaire doit réaliser une mesure BET avec un échantillon de charbon de référence. Ce matériau doit avoir une surface spécifique d'environ 50 m²/g. La surface spécifique obtenue par l'analyseur de sorption doit être comprise dans un intervalle de plus ou moins 5% autour de cette valeur.

A l'issue des essais :

- Si tous les critères spécifiés dans le cahier de recette sont satisfaits, le CEA prononcera la recette usine du système.
- Si un des critères n'est pas satisfait, le Titulaire devra organiser de nouveaux essais sous un délai de 2 semaines après application par ses soins des correctifs adéquats. Sauf accord du CEA, toute modification du système implique la reprise complète des essais de réception.

4.3.3 Installation, mise en service

L'analyseur de sorption est testé en condition, dans le cadre de nos applications, afin de répondre aux exigences du CEA/DIF.

Pour cela, il faut que l'analyseur de sorption permette de mesurer l'isotherme du Xénon sur notre matériau entre 1.10⁻⁵ kPa et 100 kPa (cf. Figure 4-1) avec un matériau de type Ag-ZSM-5 fourni par le CEA. Le test sera considéré conforme si l'écart entre les valeurs mesurées par l'appareil déjà présent au CEA/DIF et celle du nouvel analyseur de sorption est inférieur à 20% sur la plage de mesure comprise entre 1.10⁻³ kPa et 100 kPa.

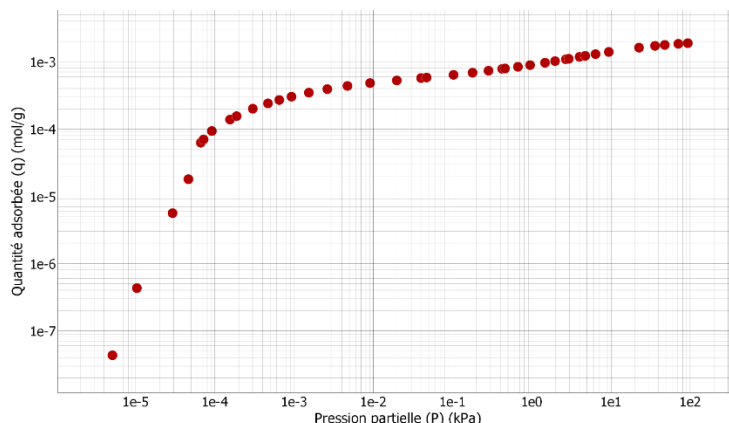


Figure 4-1 : Isotherme du xénon sur la zéolithe dopée à l'argent réalisée en 2025 sur le Belsorp Max présent au laboratoire.

A l'issue de la mise en service :

- Si tous les critères spécifiés dans le cahier de recette sont satisfaits ainsi que le résultat du test, le CEA validera la mise en service.
- Si un des critères n'est pas satisfait, le Titulaire devra organiser au plus vite une nouvelle mise en service sans dépasser un délai de 4 semaines. Sauf accord du CEA, toute modification du système implique la reprise complète des essais de réception.

4.4. Dispositions relatives à la qualité

Le Titulaire remettra un Plan d'Assurance Qualité Préliminaire (PAQP).

Le PAQ définitif sera transmis pour examen au CEA une semaine après la réunion d'enclenchement du contrat. Après acceptation par le CEA, ce Plan constitue un engagement du Titulaire et devient un référentiel auditable par le CEA.

Des audits peuvent ainsi être menés par le CEA ou tel organisme qu'il désigne concernant tout ou partie des modes de fonctionnement décrits par le Titulaire dans son Plan, pendant toute la durée de la prestation.

Pour la réalisation de la Prestation, le Titulaire doit mettre en œuvre son propre système qualité et ses propres procédures. Ce système qualité doit garantir a minima :

- La mise en œuvre de contrôles et de vérifications des travaux et produits. Ces contrôles et vérifications sont réalisés sous la responsabilité du Titulaire,
- L'identification des produits et travaux non conformes, et les prises de décision pour éviter la fourniture de tels travaux ou produits,
- L'analyse des non-conformités, pour éliminer leurs causes et rechercher une amélioration de la qualité tout au long de la Prestation.

Le Titulaire contrôlera la bonne mise en œuvre des dispositions d'Assurance de la Qualité par ses propres fournisseurs, au besoin en réalisant des audits dans leurs établissements.

4.5. Dispositions relatives à l'environnement

Le Titulaire s'engage à optimiser et utiliser des emballages recyclés et recyclables. Le CEA/DIF se laisse la possibilité de demander une obligation de collecte / récupération et le recyclage des déchets produits.

Le Titulaire doit veiller à limiter les émissions de GES générées par la logistique. Cela pourra passer par une optimisation des transports, le choix de transporteurs écolabellisés ou affichant une démarche environnementale, le choix de véhicules à faibles émissions, etc.

5. DEFINITION DE L'ANALYSEUR DE SORPTION

Dans ce document, chaque critère est associé à un des trois niveaux d'exigences définis ci-après.

Primordial (P) : le fournisseur doit impérativement répondre au critère indiqué pour que le système puisse réaliser son rôle/exécuter sa fonction.

Important (I) : il est préférable que le fournisseur réponde au critère concerné pour que le système puisse réaliser son rôle/exécuter sa fonction, toutefois, sous certaines conditions notamment financières ou techniques, il est acceptable de ne pas répondre à ce critère sans que cela remette en cause le fonctionnement général.

Souhaitable (S) : il est souhaitable que le fournisseur réponde au critère concerné. Il n'est pas indispensable mais faciliterait le fonctionnement du système. Il est acceptable d'écarter la réponse à ce critère en cas de difficultés techniques ou financières même faibles.

5.1. Limites de fourniture

Dans cette partie, il est question de préciser les éléments qui devront être fournis par le CEA/DIF dans le cadre du poste 10.

Emplacement

Le CEA/DIF garantit au Titulaire un emplacement pour installer l'équipement dont les dimensions sont de 400 mm de largeur, de 650 mm de profondeur et de 900 mm de hauteur. Le CEA prévoit également un emplacement pour le four et son contrôleur, la chemise thermostatée à circuit fermé et les autres petits accessoires dont les dimensions globales sont de 500 mm de largeur et de 700 mm de profondeur. Les emplacements seront dans un laboratoire climatisé et légèrement soumis à de la poussière (environnement industriel).

Il revient donc au Titulaire de fournir un équipement qui soit compatible avec l'emplacement proposé pour l'analyseur de sorption (**F1**) et pour les accessoires (**F2**).

Alimentation électrique

Sur le site du CEA/DAM, le CEA fournit une alimentation électrique monophasée en 230 V, 50Hz, fiche type E (disjoncteur 16A) pour l'équipement et ses accessoires.

Il revient au Titulaire de fournir un équipement alimenté par une unique prise de courant qui correspond à ces caractéristiques de fonctionnement (**F3**).

Pompe à vide

Le CEA possède une pompe à vide secondaire Pfeiffer Duo Line à huile. Le Titulaire connecte l'équipement à l'une de ces pompes.

Il revient au Titulaire de fournir un équipement fonctionnant avec la pompe déjà présente au laboratoire et à raccorder l'analyseur de sorption à la pompe (**F4**).

Bain thermostaté

Le CEA fournit un bain thermostaté Julabo CORIO CP-300F. Les tuyaux reliant le bain thermostaté à la chemise double enveloppe n'est plus adiabatique. Il revient au Titulaire de fournir les tuyaux et les gaines compatibles avec le matériel CEA (**F5**).

Alimentation en gaz

Le CEA fournit l'air comprimé pour permettre d'actionner les vannes pneumatiques à partir d'un réseau qui fournit 7 bars en continu.

Accessibilité

Pour installer l'instrument sur le site du CEA, le Titulaire doit prévoir tous les moyens logistiques nécessaires. Il appartient au Titulaire de demander les modalités d'accès pour la livraison.

Informatique

Le CEA/DAM se charge de fournir l'ordinateur de bureau avec Windows 11.

Toutes les autres fournitures nécessaires à la réalisation et aux essais de l'instrument sont à la charge du Titulaire et réputées comprises avec l'équipement.

Tableau 2 : Liste et caractérisation des fonctions liées aux limites de fournitures

ID	Fonctionnalités	Critères	Criticité
F1	Respecter l'emplacement de l'analyseur de sorption prévu par le CEA	Les dimensions de l'équipement ne doivent pas excéder 400 mm de largeur, de 650 mm de profondeur et de 900 mm de hauteur	P
F2	Respecter l'emplacement des accessoires prévu par le CEA	Les dimensions des accessoires ne doivent pas excéder 500 mm de largeur et de 700 mm de profondeur	P
F3	Alimenter l'équipement en énergie	Le Titulaire fournit une prise de courant unique en 230 V, 50Hz, fiche type E sur protection 16 A qui alimente l'équipement.	P
F4	Réaliser le vide	L'équipement devra fonctionner avec la pompe à vide Pfeiffer Duo Line déjà présente au laboratoire	P
F5	Connecter le bain thermostaté à la chemise double enveloppe	Le CEA fourni le bain thermostaté Julabo CORIO CP-300F et le titulaire se charge de changer les tuyaux le reliant à la chemise double enveloppe et leur isolation	P

5.2. Critères de l'analyseur de sorption et de ses accessoires

Dans cette partie, les critères auxquels l'analyseur de sorption doit répondre, dans le cadre du poste 10, sont définis. Ces critères sont précisés dans la matrice de conformité. Pour que l'équipement soit techniquement acceptable, il doit respecter les critères de la matrice de conformité.

Critère C1 : l'équipement doit disposer de 4 ports de mesure dont 3 ports permettent des mesures à très basse pression partielle avec des capteurs 1000, 10 et 0,1 torr.

Critère C2 : l'équipement doit disposer d'un commutateur / sélecteur de gaz permettant 6 entrées de gaz au total (Xe, N₂, O₂, CO₂, Kr, Hélium compris).

Critère C3 : l'équipement doit pouvoir évaluer l'adsorption de la vapeur d'eau avec des mesures jusqu'à 0.95 P/P₀ (H₂O à 40°C).

Critère C4 : l'équipement doit permettre une mesure de l'espace libre dans la cellule de mesure et celle de référence tout au long de la mesure de l'isotherme afin de corriger les potentielles variations.

Critère C5 : l'équipement doit être fourni avec 8 cellules avec des joints métalliques (sans joints polymériques) afin de réduire les fuites à très faibles pressions partielles.

Critère C6 : l'équipement doit être fourni avec un Dewar afin d'évaluer les macro-pores avec de l'azote liquide. Les mesures doivent pouvoir aller jusqu'à 0.995 P/P₀ (N₂ à 77K)

Critère C7 : l'équipement doit être fourni avec une chemise double enveloppe pour des mesures à température entre -10°C et 70°C.

Critère C8 : l'équipement doit être fourni avec un four pour le dégazage in situ entre 50 et 550°C.

Critère C9 : l'équipement doit être fourni avec une jauge de vide afin de s'assurer du bon fonctionnement de la pompe turbo.

Critère C10 : l'équipement doit être fourni avec une extension du thermostatage à toute la partie intermédiaire entre le thermostat de l'échantillon et l'enceinte de dosage pendant les mesures entre -10°C et 70°C.

Critère C11 : l'équipement doit être fourni avec un logiciel permettant de créer, gérer et lancer des mesures. Le logiciel doit permettre d'enregistrer les données traitées mais aussi les données brutes.

Critère C12 : l'équipement doit être fourni avec un logiciel permettant de mesurer le taux de fuite. Les données doivent être récupérables.

Critère C13 : l'équipement doit être fourni avec un logiciel permettant de traiter les données et de les visualiser.

Critère C14 : le logiciel doit être transmis via internet, le CEA fournit un PC Windows 11.

Tableau 3 : Liste et caractérisation de l'analyseur de sorption

ID	Fonctionnalités	Critères	Criticité
C1	Pouvoir réaliser 3 mesures à très faible pression en parallèle	Etre équipé de 4 ports de mesure dont 3 ports permettent des mesures à très basse pression partielle avec des capteurs 1000, 10 et 0,1 torr.	P
C2	Pouvoir installer 6 gaz dont l'hélium en entrée	Prévoir 6 entrées de gaz au total connectées en même temps.	P
C3	Réaliser des isothermes d'adsorption de l'eau	Permettre l'adsorption de la vapeur d'eau avec des mesures jusqu'à 0.95 P/P ₀ (H ₂ O à 40°C).	P
C4	Corriger le volume dans la cellule au cours de la mesure	Mesurer l'espace libre dans la cellule de mesure et celle de référence tout au long de la mesure de l'isotherme.	P
C5	Améliorer les fuites à basse pression partielle	Fournir 8 cellules avec des joints métalliques VCR (sans joints polymérique).	P
C6	Réaliser des mesures en azote liquide	Fournir un Dewar permettant des mesures allant jusqu'à 0.995 P/P ₀ (N ₂ à 77K) pour permettre les mesures BET.	P
C7	Réaliser des mesures d'isothermes entre -10°C et 70°C	Fournir une chemise double enveloppe pour des mesures à température ambiante (-10°C à 70°C).	P
C8	Réaliser des mesures d'isothermes entre 50 et 550°C	Fournir un four pour le dégazage in situ entre 50 et 550°C.	P
C9	S'assurer du bon fonctionnement de la pompe à vide	Fournir une jauge de vide adaptée à la mesure du vide secondaire.	P
C10	Maintenir la température de mesure afin de s'assurer de l'isothermicité	Fournir une extension du thermostatage à toute la partie intermédiaire entre le thermostat de l'échantillon et l'enceinte de dosage pendant les mesures.	P
C11	Gérer le lancement des mesures et leur enregistrement	Fournir un logiciel qui permet de : - Créer et enregistrer une méthode d'adsorption / de désorption, - Avoir une méthode automatique qui s'adapte aux caractéristiques du matériaux et qui garde en mémoire les paramètres de la méthode, - Pilote automatiquement l'équipement de manière à réaliser les mesures selon les méthodes créées, - Enregistre les données brutes (pression, température, ...), - Traite les données brutes pour obtenir des isothermes, - Est doté d'une interface avec P&ID permettant le pilotage manuel du système.	P
C12	Avoir un ordre de grandeur des fuites	Mesurer le taux de fuite. Les données doivent être récupérables.	P
C13	Traiter les données	Fournir un logiciel qui permet de traiter et de visualiser les données.	P
C14	Transmettre le logiciel	Transmettre le ou les logiciels via internet avant la mise en service pour permettre son installation sur le PC.	P

6. LISTE DE DIFFUSION

Destinataires :

Version externe