



**La Région**  
Auvergne-Rhône-Alpes



Cofinancé par  
l'Union européenne



## CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES












### MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

---

**ACQUISITION D'EQUIPEMENT POUR LA PRODUCTION  
DE VECTEURS ENERGETIQUES GAZEUX**

---

## L'ESSENTIEL DU CONTRAT

	<b>Objet</b>	ACQUISITION D'EQUIPEMENT POUR LA PRODUCTION DE VECTEURS ENERGETIQUES GAZEUX
	<b>Type de contrat</b>	Marché public
	<b>Nombre de lots</b>	5
	<b>Tranches optionnelles</b>	Avec - lot 3 uniquement
	<b>Clauses sociales</b>	Sans
	<b>Clauses environnementales</b>	Avec
	<b>Durée / Délai</b>	Défini par lot
	<b>Reconduction</b>	Sans
	<b>Prix</b>	Prix global forfaitaire
	<b>Variation des prix</b>	Sans
	<b>Avance</b>	Avec

## Lot 01 – Chromatographe Gaz GC

L'axe GePEB de l'Institut Pascal adresse des domaines d'application nombreux au sein des bioprocédés, dont la production de vecteurs énergétiques gazeux via plusieurs types de microorganismes.

Afin d'analyser les effluents gazeux de nos bioréacteurs, nous souhaitons acquérir une  $\mu$ GC capable de qualifier et de quantifier ces effluents.

### **Caractéristiques techniques :**

Possibilité d'analyse et de quantification des gaz suivants : N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S avec une sensibilité minimale de 10ppm. Traitement des données possible avec une interface dédiée. Le suivi numérique des tendances de variation au cours du temps seraient appréciées.

- Merci de préciser les informations suivantes :
  - répétabilité des analyses sur l'appareil proposé
  - temps d'analyse maximal pour les éléments gazeux cités
- Concernant la variante « VE01 » il est précisé que (cf.RC) :

Il s'agit de Vanne 4 voies minimum permettant l'injection automatique et séquencée de 4 arrivées gazeuses différentes. Il serait apprécié que la  $\mu$ GC fournie aie la capacité de contrôler le sélecteur de voies directement depuis l'interface de commande. La vanne proposée doit être conçue pour éviter d'avoir une augmentation de pression dans les voies non connectées à la  $\mu$ GC

## Lot 02 – Analyseur carbone Organique/Azote

L'axe GePEB de l'Institut Pascal adresse des domaines d'application nombreux au sein des bioprocédés, dont la production de vecteurs énergétiques gazeux via des consortia microbiens issus de boues de station d'épuration. Afin d'analyser les effluents liquides et les effluents pâteux de nos bioréacteurs, nous souhaitons acquérir un analyseur de Carbone Organique Total (COT) et d'azote total (NT).

### **Caractéristiques techniques :**

L'analyseur proposé devra permettre une détermination du COT, du CT du CI et du NT dans des échantillons liquides et une détermination du COT et du CT dans des échantillons solides ou pâteux.

#### Concernant les échantillons liquides :

L'appareil proposé permettra une détection du COT au minimum entre 10 $\mu$ g/l et 500mg/l et du NT entre 10 $\mu$ g/l et 100mg/l (à préciser pour l'appareil proposé). Il devra être équipé d'un passeur d'échantillons d'au moins 8 positions.

#### Concernant les échantillons solides :

L'appareil proposé permettra des analyses sur au moins 1g d'échantillon.

Analyse du CT dans une gamme minimale souhaitée de 0,1mg à 30mg de carbone absolu dans l'échantillon (à préciser pour l'appareil proposé).

Un logiciel de contrôle de l'appareil et d'analyse des résultats devra être proposé dans l'offre.

Un poste informatique permettant le contrôle des appareils et le retraitement des analyses devra être proposé.

Un kit des consommables courants devra être proposé pour l'ensemble des équipements de l'offre.

La livraison et l'installation devront être comprises dans le prix de l'appareil.

### **Lot 03 – Chromatographe Liquide HPLC**

L'axe GePEB de l'Institut Pascal adresse des domaines d'application nombreux au sein des bioprocédés, dont la production de vecteurs énergétiques gazeux via plusieurs types de microorganismes. Afin d'analyser les effluents liquides de nos bioréacteurs, nous souhaitons acquérir une chaîne HPLC compatible avec la colonne Phenomenex Rezex ROA-Organic Acid H<sup>+</sup> utilisée pour nos applications.

#### **Caractéristiques techniques :**

##### **Pompe**

- Une pompe monovoie supportant une pression pouvant atteindre 500 bars et une gamme de pH allant de 1 à 12.
- Le système de pompage est capable de délivrer des débits compris entre 0,1 µl/min à 5 ml/min. Le rinçage des joints de piston doit être inclus
- Un système de dégazage

##### **Passeur d'échantillons**

- Un injecteur automatique compatible avec la pression d'entrée, compartiment échantillon (de 100 à 200 vials de 2 ml), et volume d'injection de 0,1 à 50 µl.
- La reproductibilité d'injection comprend un RSD ≤ 1 %, à préciser pour l'appareil proposé.
- Le taux de contaminations croisées sera le plus faible possible, à préciser pour l'appareil proposé. Pour minimiser les contaminations croisées, le système dispose d'un rinçage en continu de la boucle d'injection et du système de prélèvement dans sa globalité.
- Le système de thermostatisation est inclus et peut descendre jusqu'à 4°C.

##### **Dégazeur**

L'appareil proposé sera équipé d'un dégazeur en ligne

##### **Four**

- Gamme de température demandée : 10 °C à 85 °C
- Le four accueille au moins 1 colonnes de 30 cm

##### **Détecteur RI**

- Le détecteur à indice de réfraction intègre une cellule thermostatée jusqu'à 55°C avec une purge automatique
- La gamme d'indice de réfraction de 1 à 1,75 RIU et une limite de sensibilité de l'ordre du mg/L pour un sucre élué, à préciser.
- Stabilisation rapide, à préciser.

### **Informatique & pilotage**

L'instrument est livré avec le logiciel dans sa dernière version. Préciser pendant combien de temps les mises à jour gratuites seront proposées.

Le logiciel de pilotage de la chaîne HPLC permet le retraitement des chromatogrammes provenant du détecteur réfractométrique. Les connectiques électriques/informatiques font également partie de l'offre.

L'ordinateur qui pilote la chaîne sera acheté à part. Merci de préciser la configuration minimale pour le logiciel.

## **Lot 04 – Vélocimètre DOPPLER ultrasonore**

L'axe GePEB de l'Institut Pascal couvre de nombreux domaines d'application dans le champ des bioprocédés, notamment la production de vecteurs énergétiques gazeux (biométhane, biohydrogène) à partir de différents types de microorganismes et de substrats. Afin de pouvoir mesurer et mieux comprendre l'hydrodynamique locale de nos bioréacteurs, nous souhaitons acquérir un vélocimètre doppler ultrasonore.

### **Caractéristiques techniques :**

Un système de vélocimétrie doppler fondé sur l'analyse d'émissions pulsées d'ultrasons dédié à l'étude de l'écoulement des fluides :

- Il devra permettre l'acquisition et le traitement des signaux au moyen d'au moins d'un transducteur déporté, immergeable dans le milieu ou utilisable en mode non-intrusif en paroi du bioréacteur.
- Le système devra également être fourni avec un logiciel de traitement dédié qui permettra au minimum de traiter les échos afin d'en extraire au moins une composante du vecteur vitesse et de fournir sa valeur en plusieurs points afin d'obtenir un profil de vitesse sans avoir à déplacer le transducteur.

Le système proposé devra également pouvoir être étendu dans le futur à la mesure de 2 voire 3 composantes du vecteur vitesse du point de matériel (transducteurs) et logiciel (traitement des signaux).

- **Tranche optionnelle n° TO001 – « Extension vélocimètre ultrasonore »**

**Cet équipement est un complément du vélocimètre ultrasonore qui sera acquis dans le cadre de cette consultation.** Le vélocimètre permet de mesurer la vitesse des bulles à partir des échos émis

par les ondes ultrasonores qu'elles réfléchissent. Ce dispositif présente cependant deux limitations : équipé d'un unique transmetteur utilisé en émetteur-récepteur, seule la composante de vitesse (1D) correspondant à la direction du faisceau (donc du transmetteur) peut être mesurée. L'avantage de la technique est qu'elle est non-intrusive et capable de fournir instantanément un profil de vitesse jusqu'à une distance de 7-8 cm de la paroi, soit plus que le rayon des colonnes à bulles étudiées.

Afin de disposer d'une mesure de deux voir des trois composantes du vecteur vitesse, le système doit disposer d'un émetteur et de deux ou trois récepteurs distincts, ainsi que d'un logiciel de reconstruction de profils combinant les informations de plusieurs transmetteurs.

C'est cette extension de l'équipement existant qui est demandée et nécessaire. Une mesure, d'au moins deux composantes de la vitesse, permettra de remonter aux vitesses ascensionnelles qui sont fortement corrélées à la taille des bulles. Un point clé est que les mesures seront réalisables non seulement en l'absence de réaction (étude des processus physiques), mais aussi dans le milieu réactionnel, ce qui renforce le caractère essentiel de cet équipement dans l'étude de l'écoulement et la validation des modèles.

## **Lot 5 – Microrespirateur H<sup>2</sup> CO<sup>2</sup>**

L'axe GePEB de l'Institut Pascal couvre de nombreux domaines d'application dans le champ des bioprocédés, notamment la production de vecteurs énergétiques gazeux (biométhane, biohydrogène) à partir de différents types de microorganismes et de substrats.

Afin de suivre la concentration en hydrogène dissous et les traces en oxygène dissous, l'axe GePEB dispose d'un système d'acquisition qui peut être équipé de microcapteurs ampérométriques (< 500 µm) pour le suivi des concentrations en H<sub>2</sub> et en O<sub>2</sub> dissous, ainsi que d'un microcapteur de température. Il dispose également de plusieurs de ces microcapteurs couvrant des gammes différentes de concentrations et supportant différents niveaux de pression, notamment pour H<sub>2</sub>, bien que le système actuel soit limité à une voie de mesure pour H<sub>2</sub> et une pour O<sub>2</sub>. Les applications de recherche portent à la fois sur des systèmes de microrespiration O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> en flacons (< 50 mL) et sur des bioréacteurs (> 500 mL). L'objectif est d'étendre le système actuel à la fois en termes de nombre de voies d'acquisition et de type de microcapteurs.

### **Caractéristiques techniques :**

- Le système d'acquisition devra :
  - Permettre d'ajouter au minimum 6 voies ampérométriques (pouvant être utilisées pour la mesure de H<sub>2</sub>, de O<sub>2</sub> et de H<sub>2</sub>S dissous), 2 voies potentiométriques (pour la mesure du pH ou de l'ORP), 2 voies pour les mesures optiques du O<sub>2</sub> dissous, et 2 voies pour la mesure de la température ;
  - Être accompagné d'un système de microrespirateur de paillasse (avec de son système de calibration), équipé si possible de chambres mono- et multiports de différentes tailles, et au minimum d'un de chacun des microcapteurs suivants : pH, ORP (avec électrode de référence si nécessaire), H<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S dissous, ainsi d'un microcapteur pour la température et d'un pour la mesure de O<sub>2</sub> dissous par voie optique ;

- Être équipé de microcapteurs pouvant être connectés sur des bioréacteurs sous pression (connecteur PG13.5, < 4 bars, 60 °C) avec au minimum 2 microcapteurs ampérométriques pour le  $H_2$  dissous, 1 pour le  $O_2$  dissous et 1 pour l' $H_2S$  dissous ;
- Disposer de microcapteurs adaptés aux mesures de cinétiques de transfert de masse gaz liquide (temps de réponse < 1 s) dans des bioréacteurs (pression jusqu'à 4 bar, température jusqu'à 60 °C).
- Être complété au minimum par une sonde de température, ainsi que par une microélectrode pH et un microcapteur optique pour l' $O_2$  dissous pour les usages courants ;
- Disposer d'un logiciel capable de gérer l'ensemble des microcapteurs (dont les systèmes déjà en place), ainsi que d'acquérir et de traiter simultanément les signaux ;