



CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**DÉLÉGATION CÔTE D'AZUR
250 RUE ALBERT EINSTEIN
06560 SOPHIA ANTIPOLIS**

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

APPEL D'OFFRES OUVERT

**ACCORD-CADRE PORTANT SUR LA FOURNITURE DE CAPTEURS BIO-
OPTIQUES POUR PROFILEUR BGC-ARGO**

Procédure 2025-03

Version : 24/03/2025

SOMMAIRE

Table des matières

SOMMAIRE	2
PREAMBULE	3
ARTICLE 1 – OBJET – ALLOTISSEMENT	3
ARTICLE 2 – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES MINIMALES	3
2.1 – CARACTERISTIQUES TECHNIQUES COMMUNES A TOUS LES LOTS.....	3
2.2 – SERVICE DE CALIBRATION.....	4
2.3 – DOCUMENTATION	5
2.4 – REVISION ET FIRMWARE.....	5
2.5 – ADMISSION	5
2.6 – SERVICE APRES-VENTE	5
ARTICLE 3 – CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES À CHAQUE LOT	6
3.1 – LOT 1 : CAPTEURS DE MESURE DE NITRATE	6
3.2 – LOT 2 : CAPTEURS DE MESURES OPTIQUES ACTIVES	6
3.3 – LOT 3 : CAPTEURS DE MESURE DE TRANSMISSION OPTIQUE.....	7
3.4 – LOT 4 : CAPTEURS DE MESURES RADIOMETRIQUES.....	7
ARTICLE 4 – LIEUX DE LIVRAISON PAR DÉFAUT.....	7
4.1 – POUR LE CNRS ET SU	7
4.2 – POUR L’IFREMER ET ERIC EURO-ARGO.....	8

PREAMBULE

La communauté française et européenne est fortement impliquée dans la gestion et l'achat de profileurs dans le cadre du programme Biogeochemical-Argo (BGC-Argo). Dans ce cadre, les établissements suivants :

- Le CNRS
- Sorbonne Université
- L'Ifremer
- L'ERIC Euro-Argo

se sont constitués en un groupement de commandes en vue d'acquérir des capteurs bio-optiques afin d'équiper des profileurs BGC-Argo. Ces partenaires réunis représentent aujourd'hui l'achat et la gestion d'environ un quart des profileurs BGC du programme Argo.

ARTICLE 1 – OBJET – ALLOTISSEMENT

Le contrat est un accord-cadre à marchés subséquents avec 4 lots portant sur l'acquisition et la livraison des capteurs ci-dessous :

- **Lot 1** : Capteurs de mesure de nitrate
- **Lot 2** : Capteurs de mesures optiques actives
- **Lot 3** : Capteurs de mesure de transmission optique
- **Lot 4** : Capteurs de mesures radiométriques

ARTICLE 2 – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES MINIMALES

Les capteurs devront être adaptés à l'utilisation sur les profileurs Argo ci-après profileur. En particulier, ils devront être particulièrement compacts, avec une consommation d'énergie faible et une pression de service d'au moins 210 bars. Ils devront être compatibles et intégrables aux profileurs Argo ou être en phase d'intégration.

2.1 – Caractéristiques techniques communes à tous les lots

2.1.1 – Encombrement et poids

Les capteurs étant montés à l'extérieur du profileur, leur volume devra être aussi petit que possible. Le poids est également un paramètre à minimiser. Il est typiquement de l'ordre de quelques centaines de grammes à 1 kg dans l'eau pour les capteurs des lots demandés.

2.1.2 – Consommation d'énergie

Les profileurs sont des systèmes autonomes alimentés sur piles. La durée de vie à la mer, liée à la consommation d'énergie de l'ensemble des systèmes, est alors un paramètre très important. Les capteurs sont alimentés directement par la batterie du profileur qui fournit une tension entre 8 et 11V en fonction de l'état de la batterie. Les capteurs ne doivent pas comporter de système autonome d'alimentation. Afin d'assurer également la compatibilité avec le système d'alimentation du profileur, le courant maximal nécessaire au capteur devra être spécifié, en particulier s'il est supérieur à 100mA car le profileur devra être adapté en conséquence.

2.1.3 – Interface numérique

Les capteurs devront envoyer leurs données au profileur au travers d'une liaison numérique. Les sorties analogiques ne sont pas acceptées.

- La liaison numérique sera de type série et devra être compatible avec les profileurs Argo.
- Le volume de données à transmettre est une contrainte forte pour les profileurs Argo. Le format des données de sortie du capteur devra permettre de limiter au maximum le flux de données à transmettre à terre. En particulier, le nombre d'octets par points de mesure devra être aussi faible que possible dans la limite de la préservation des sensibilités demandées à l'article 3 du présent CCTP.

2.1.4 – Résistance en pression et durée de vie

Les capteurs seront utilisés en milieu marin pendant plusieurs années sans possibilité de maintenance. Ils devront être construits en conséquence. Les spécifications demandées sont :

- Durée de vie opérationnelle à la mer : supérieure à 4 ans ou 350 cycles profonds (2000 dbars).
- Pression minimale de fonctionnement : 2100 dbars

2.1.5 – Câble et connecteur

Les capteurs devront être livrés sans câble de connexion. Les connecteurs seront adaptés au milieu marin. La qualité de la connexion devra être équivalent à des connecteurs Subconn ou Impulse.

Une fois spécifié le type et la marque du connecteur, le titulaire ne pourra pas modifier celui-ci sans l'accord du CNRS.

2.1.6 – Compatibilité et intégrabilité avec les profileurs

La compatibilité des capteurs avec les profileurs est un besoin indispensable pour la fourniture des capteurs. Cette compatibilité repose principalement sur 3 points : compatibilité mécanique (encombrement et fixation), électrique (alimentation et puissance), et enfin logiciel. Les titulaires devront s'assurer pendant la durée de l'accord-cadre auprès du fournisseur des profileurs que ces derniers disposent d'un « driver logiciel » permettant de piloter et de lire les données en provenance du capteur afin de les intégrer dans le flux transmis à terre à chaque profil.

Si le capteur proposé n'est pas déjà présent dans la base de données BGC-Argo, c'est à dire s'il n'a pas déjà été utilisé sur un profileur déclaré dans Argo et dont les données sont distribuées sur un DAC (Data Assembly Center), le titulaire devra justifier dans le CRT des actions et tests en cours pour démontrer l'intégrabilité de son capteur. Si possible, il devra présenter les tests en mer déjà réalisés sur profileur.

2.2 – Service de Calibration

Pour chaque lot, le titulaire devra proposer un service de calibration adapté à son capteur. Cette calibration devra être équivalente à la calibration proposée initialement lors de la fabrication du capteur. Elle pourra être demandée après récupération en mer du capteur ou si la durée de stockage du capteur avant déploiement a été trop longue.

Ce service devra répondre aux besoins suivants :

- Le transport aller est à la charge des bénéficiaires ;
- Le transport retour vers les bénéficiaires est à la charge du titulaire ;
- Le service de calibration comporte une inspection standard et la re-calibration de l'instrument avec fourniture de nouveau documents de calibration (article 2.3 du présent CCTP).

2.3 – Documentation

Le titulaire devra remettre à la livraison de chaque commande issue des marchés subséquents les documents décrits ci-après.

2.3.1 – Documentation utilisateur

Chaque capteur sera livré avec une documentation utilisateur, en format électronique (pdf), comportant les informations suivantes :

- Description générale du système, dimensions et poids ;
- Guide d'utilisation et de test ;
- Description détaillée de la méthode de calibration mise en place par le titulaire ;
- Si des algorithmes mathématiques doivent être appliqués pour transformer les données transmises en grandeurs physiques, ces algorithmes ainsi que leurs paramètres devront être décrits.

2.3.2 – Documentation liée à la traçabilité

Chaque capteur sera clairement identifié à l'aide d'un numéro de série permettant sa traçabilité.

2.3.3 – Documentation liée à la calibration

Chaque capteur sera individuellement calibré en suivant une procédure clairement documentée par le fabricant. Dans la mesure du possible, il sera utilisé des étalons eux même calibrés et traçables dans un référentiel international (NIST par exemple).

Les rapports des tests et calibration seront donnés en format électronique (pdf).

Les recommandations Argo prévoient l'implémentation d'un fichier de Métadonnées et Calibration dans un format particulier (JSON). Le fabricant devra fournir, ou s'engager à fournir dans les 24 prochains mois, ce type de fichier de calibration pour chaque capteur.

2.4 – Révision et firmware

Le titulaire tiendra informé le CNRS de toute amélioration des capteurs ainsi que de la découverte éventuelle de biais ou défaut concernant les unités déjà délivrées.

Afin de maintenir la fiabilité de l'interconnexion entre le capteur et le profileur, le titulaire s'engage à fournir les capteurs avec une version fixe du firmware. En cas de nécessité d'évolution logicielle (obsolescence ou découverte d'un bug), le fabricant du capteur devra vérifier avec le fabricant du profileur que la nouvelle version reste compatible avec le profileur.

2.5 – Admission

A réception, les bénéficiaires testeront le bon fonctionnement des capteurs. Les tests d'admission seront définis au sein des marchés subséquents.

2.6 – Service après-vente

Le service après-vente pour les interventions sur les capteurs devra se faire à partir d'un site localisé à l'intérieur de l'espace douanier européen.

ARTICLE 3 – CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES À CHAQUE LOT

Les besoins spécifiques pour chacun des 4 lots de capteurs sont décrits ci-dessous, en particulier sur les points de la sensibilité minimum et de la fréquence d'échantillonnage.

3.1 – Lot 1 : Capteurs de mesure de nitrate

- Description :
Ce lot concerne la fourniture de capteurs mesurant la concentration en nitrate. La technique actuellement utilisée sur les profileurs Argo repose sur une mesure hyperspectrale de l'absorption dans l'UV.
- Sensibilité et fréquence de mesure :
 - Conformément au document d'implémentation du réseau BGC-Argo, la précision visée pour la mesure est de $0.1 \mu\text{mol kg}^{-1}$.
 - La fréquence maximale de mesure sera typiquement d'un point toutes les 10 secondes.

3.2 – Lot 2 : Capteurs de mesures optiques actives

- Description :

Ce lot concerne la mesure, à minima, de la concentration en Chlorophylle-a, et de la rétrodiffusion liée aux particules. Ces mesures sont réalisées par optique active. Fluorescence pour la Chlorophylle-a et diffusion élastique pour la rétrodiffusion.

- La mesure de la Chlorophylle-a (Chla) consiste en une excitation à 470 nm et la mesure de l'émission à 695 nm liée à la fluorescence de la Chlorophylle-a. Les largeurs de bande seront spécifiées par le fabricant. Une autre longueur d'onde d'excitation à 435 nm pourra également être demandée.
 - La mesure de la rétrodiffusion (bbp) consiste à mesurer la part de la lumière qui est diffusée sur l'arrière (entre 90 et 180 degrés). Elle est approximée par une mesure arrière de la diffusion sur une gamme angulaire restreinte. Typiquement entre 120 et 150 degrés. La longueur d'onde privilégiée sera de 700 nm mais d'autres valeurs pourront être demandées.
- Sensibilité et fréquence de mesure :
 - La fréquence de mesure sera au minimum de 1 Hz.
 - Si le capteur est capable de fournir des données à une fréquence supérieure au Hz, il pourra être proposé une sortie de données moyennées à 1 Hz mais avec des statistiques sur chaque canal de mesure comme par exemple : moyenne, écart type et valeur maximum. Le titulaire aura précisé ce point dans le CRT.
 - Pour la mesure de la Chlorophylle-a, la sensibilité visée est au minimum de 0.025 mg.m^{-3} sur une gamme $0\text{-}30 \text{ mg.m}^{-3}$.
 - Pour la mesure de la rétrodiffusion (bbp), la sensibilité minimale requise est de 10^{-5} m^{-1} .

3.3 – Lot 3 : Capteurs de mesure de transmission optique

- Description :
 - Ce lot concerne la mesure de la transmission optique à la longueur d'onde de 650 nm (Cp). La divergence initiale du faisceau et l'ouverture angulaire à la détection devront être au maximum de 1 degré.
- Sensibilité et fréquence de mesure :
 - La fréquence de mesure sera au minimum de 1 Hz.
 - La sensibilité visée est de 0.003 m^{-1}

3.4 – Lot 4 : Capteurs de mesures radiométriques

- Description
 - Ce lot concerne la fourniture de capteur radiométrique multi-bande pour la mesure de l'éclairement. Il est demandé un capteur permettant la mesure à 4 longueurs d'onde qui seront choisies à la commande issue de chaque marché subséquent parmi : 380 nm, 412 nm, 490 nm, 555 nm, 560 nm ou PAR (Photosynthetically Active Radiation). Les longueurs d'onde sont données avec une largeur de 10nm. D'autres longueurs d'onde pourront être proposées.
 - Des capteurs permettant la mesure de plus de 4 longueurs d'onde pourront également être proposés dans la limite de 10 canaux.
 - Une mesure interne de la température et la correction associée de la mesure pourra être proposée par le titulaire.
 - Les capteurs demandés sont de type « éclaircissement » avec une réponse angulaire de type « cosinus ». Le titulaire devra présenter des résultats de l'estimation de la réponse angulaire des capteurs et de son écart à la réponse idéale en cosinus.
 - Pour la mesure du PAR, le fabricant devra présenter une estimation de la dépendance en longueur d'onde de la réponse en μMole de photons.
- Sensibilité et fréquence de mesure
 - Les sensibilités demandées sont au minimum de
 - $0.0025 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ sur une gamme 0 - 300 $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$
 - $0.01 \mu\text{Mole photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ sur une gamme 0 – 3500 $\mu\text{Mole photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 - La fréquence de mesure sera de 1 Hz.

ARTICLE 4 – LIEUX DE LIVRAISON PAR DÉFAUT

Les lieux de livraison seront modifiables dans les marchés subséquents.

4.1 – Pour le CNRS et SU

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, LOV
Institut de la Mer de Villefranche, IMEV
181 chemin du Lazaret
06230 Villefranche-sur-Mer

4.2 – Pour l'IFREMER et ERIC EURO-ARGO

Magasin Ifremer
1625 route de Sainte-Anne
29280 Plouzané