



Financé par
l'Union européenne



Centre national de la recherche scientifique

Délégation Côte d'Azur

Cahier des Clauses Techniques Particulières

PLACE n° 2026-03

**GEOAZUR
UMR 7329**

Accord-cadre portant sur l'acquisition de flotteurs-profileurs autonomes, de capteurs, de fournitures et de services associés pour l'étude volcano-acoustique et environnementale des océans

Version du 25/08/2025

Préambule

Cet accord-cadre s'inscrit dans le cadre des activités du laboratoire CNRS Géoazur à Valbonne Sophia Antipolis. Le laboratoire Géoazur est une Unité Mixte de Recherche pluridisciplinaire, composée de géophysiciens, de géologues, et d'astronomes se fédérant autour de grandes problématiques scientifiques : les aléas et risques naturels (séismes, glissements de terrain, tsunamis, crues) et anthropiques (séismes et vibrations induits par l'homme, pollutions, comportements humains, vulnérabilités des territoires et des structures), la dynamique de la terre et des planètes, les géosciences des environnements marins (de l'innovation numérique et instrumentale aux applications), et la géodésie et métrologie spatiale.

Toutes marques, modèles, références ou fabricants cités dans le présent CCTP le sont à titre purement indicatif. Le titulaire peut proposer d'autres matériels et références que ceux cités, dans la mesure où ces derniers atteignent des performances techniques similaires et une compatibilité avec l'existant avérée.

1. Contexte et destination du besoin

Le contexte scientifique dans lequel s'inscrit l'accord-cadre est le suivant :

Cet équipement s'inscrit dans le cadre du projet HARVEST, une bourse ERC SYNERGY financé par l'ERC (European Research Council) de l'Union Européenne. Le projet HARVEST est porté par le CNRS et par l'IRD. Il est mis en œuvre par le CNRS (UMR Géoazur et UMR LOV) et par l'IRD (UMR MARBEC).

Le projet HARVEST étudie comment le fer émis par les volcans sous-marins stimule la croissance du phytoplancton -- illustrant la dynamique interdisciplinaire entre géophysique, océanographie et climatologie.

Le fer est un élément nutritif essentiel à la vie marine, mais la contribution du fer hydrothermal à la productivité biologique reste encore peu connue. C'est particulièrement vrai pour le volcanisme peu profond dans les océans, susceptible d'influencer directement les eaux de surface. Le projet vise à combler cette lacune en évaluant le rôle du fer issu de sources hydrothermales profondes et peu profondes dans la production primaire des zones océaniques limitées en fer. Pour cela, HARVEST s'appuie sur une approche intégrée, combinant observations de terrain, dispositifs expérimentaux et modélisation numérique avancée.

Les données recueillies, appuyées par des modèles biogéochimiques de nouvelle génération, permettront de simuler le devenir du fer hydrothermal et d'en estimer les effets sur la production primaire et le cycle du carbone à l'échelle régionale et mondiale, aujourd'hui et dans le futur. En révélant l'impact encore méconnu du volcanisme sous-marin sur la fertilisation des océans, HARVEST offrira un nouvel éclairage sur les interactions entre la Terre solide, la dynamique océanique et les écosystèmes marins.

2. Objet de l'accord-cadre

Le présent accord-cadre a pour objet l'acquisition de flotteurs-profileurs autonomes pour la sismo-acoustique dans l'océan, ainsi que de capteurs pour l'océanographie intégrés avec les flotteurs, de fournitures et de services associés.

Chaque flotteur sera équipé d'un hydrophone et d'un algorithme embarqué pour la détection autonome des événements sismo-acoustiques. Les flotteurs fonctionneront de manière autonome (sans intervention de navire) sur des périodes de plusieurs années et à des profondeurs allant jusqu'à 6000 mètres selon la version choisie.

Les flotteurs seront équipés avec des capteurs supplémentaires (capteurs de température, célérité, salinité, fer dissous, pH, potentiel rédox, hydrophone haute fréquence) qui seront contrôlés par le flotteur.

Les flotteurs sont destinés à l'UMR Géoazur. Ils seront utilisés dans le cadre de différents projets et en particulier de l'ERC SYNERGY "HARVEST".

L'accord-cadre comprend *a minima* les prestations suivantes :

- La livraison
- La démonstration (dans les locaux du CNRS ou du Titulaire) du fonctionnement de la programmation des fonctionnalités du flotteur et de tous ses capteurs
- La formation pour le déploiement en mer
- Une documentation technique détaillée et un manuel d'utilisation
- Maintenance préventive et/ou curative

3. Caractéristiques techniques minimales

3.1 Version de base : Flotteur-profileur sismo-acoustique

Les caractéristiques techniques minimales attendues sont les suivantes :

- Flotteur profileur autonome pour la sismo-acoustique avec une profondeur d'opération certifiée à :
 - 2000 mètres pour la version A.
 - 4000 mètres pour la version B.
 - 6000 mètres pour la version C.
- Capacité à se poser sur le fond de mer pour limiter la dérive avec le courant
- Système embarqué d'acquisition et de traitement de données sismo-acoustiques dit « MERMAID » :
 - Hydrophone :
 - Bande passante de 0.01 à 80 Hz
 - Plage de mesure de 1000 Pascals avec une résolution de 24 bits
 - Taux d'échantillonnage ajustable, allant jusqu'à 320 sps
 - Logiciel embarqué de détection de séismes :
 - Filtres numériques
 - Détection STA/LTA de séismes (télésismiques, régionaux, locaux) et d'autres événements sismo-acoustiques sous-marins.
 - Algorithme d'identification par transformée en ondelette ou une compression efficace comparable
- Transmission par satellite sur le serveur du prescripteur :

- des données sismologiques
- des logs de fonctionnement du flotteur
- des données de tous les capteurs montés sur le flotteurs. Les capteurs (CTD, fer, ORP, pH, hydrophone haute fréquence, etc.) sont décrits à l'article 3.2 du présent CCTP.
- Interface de test sans fil avant le déploiement
- Autonomie énergétique en mode de fonctionnement purement sismo-acoustique (sans capteurs) : Acquisition continue des données de l'hydrophone et traitement des séismes pendant au moins 4 ans, ainsi qu'un nombre minimal de cycles de plongée de :
 - 200 cycles de plongée jusqu'à 2000 m de profondeur (dans la version A),
 - 100 cycles de plongée jusqu'à 4000 m de profondeur (dans la version B),
 - 66 cycles de plongée jusqu'à 6000 m de profondeur (dans la version C).
- Stockage à bord du flotteur des séries temporelles continues de l'hydrophone. Carte mémoire suffisante pour enregistrer 4 années de données acquises à un taux de 320 échantillons par seconde.
 - Récupération des petites sections de séries temporelles via la transmission satellite sur demande avec date de début et longueur de la section enregistrée.
- Caisse en bois fournie adaptée au transport

3.2 Descriptif des différentes configurations (à ajouter à la version de base)

Il est précisé que les différentes configurations peuvent être assemblées à volonté sur chaque version de base du flotteur (version A ou B ou C) selon les prescriptions de chaque bon de commande et après acceptation technique du Titulaire. Les capteurs doivent être certifiés pour fonctionner dans toute la gamme de profondeurs océaniques associée à la version de base (A, B ou C) du flotteur sur lequel les capteurs seront installés.

Les configurations désignées « KIT » et décrites aux articles 3.2.1 à 3.2.8 du présent CCTP peuvent être commandées indépendamment de l'achat d'un flotteur.

3.2.1 Configuration 1 : KIT Capteur CTD

Cette configuration consiste en la fourniture d'une unité de CTD (célérité-température-densité), modèle RBR Concerto3 C.T.D., de son montage sur un flotteur, et de son interfaçage avec l'électronique d'acquisition de données du flotteur. La fourniture comprend les accessoires d'intégration (par exemple : mousse syntactique, pièces de fixation, câble/connecteurs d'interconnexion, carte électronique d'interface, etc.). Spécifications techniques du capteur : <https://rbr-global.com/wp-content/uploads/2026/01/RBRconcerto3-Datasheet-0005563revL.pdf>

Une unité CTD étroitement similaire à ce modèle pourrait être acceptable après concertation et accord avec le CNRS. Cette unité CTD alternative devrait être compatible avec l'ajout ultérieur de jusqu'à deux capteurs supplémentaires : pH et/ou ORP (potentiel redox), comme décrit ci-dessous pour la configuration 6 (CTD+ORP+pH).

3.2.2 Configuration 2 : KIT Capteurs CTD+ORP

Cette configuration consiste en la fourniture d'une unité CTD à laquelle est ajouté un capteur ORP (ORP = oxidation-reduction potential, potentiel d'oxydo-réduction), du modèle *RBR Concerto3 C.T.D.ORP*. La fourniture inclut le montage de cette unité de CTD+ORP sur un flotteur et de son interfaçage avec l'électronique d'acquisition de données du flotteur. La fourniture comprend les accessoires d'intégration (par exemple : mousse syntactique, pièces de fixation, câble/connecteurs d'interconnexion, carte électronique d'interface, etc.).

Le capteur ORP compatible avec l'unité CTD RBR Concerto3, et faisant partie de sa configuration « C.T.D.ORP », présente les spécifications techniques suivantes selon le site web de RBR, le fabricant de l'unité CTD. (<https://rbr-global.com/products/standard-loggers/#large-multi-channel>):

Sensor	Manufacturer	Max. depth (m)	Calibrated Range	Measurement Range	Accuracy
ORP (RedOx)	AMT	750/1200/6000	240–470mV	+/- 2000mV	±1mV

3.2.3 Configuration 3 : **KIT Capteur ORP**

Cette configuration correspond à la fourniture d'un capteur d'ORP uniquement, du modèle spécifié pour la configuration décrite à l'article 3.2.2 du présent CCTP. La fourniture comprend aussi le montage de ce capteur d'ORP sur une unité de CTD du type RBR Concerto3 C.T.D. et son interfaçage avec l'électronique d'acquisition d'un flotteur. **Le flotteur et l'unité de CTD seront fournis par le CNRS.** La fourniture comprend des accessoires éventuellement nécessaires pour l'intégration du capteur d'ORP.

3.2.4 Configuration 4 : **KIT Capteurs CTD+pH**

Cette configuration consiste en la fourniture d'une unité CTD à laquelle est ajouté un capteur pH, du modèle *RBR Concerto3 C.T.D.PH*. La fourniture inclut le montage de cette unité de CTD+pH sur un flotteur et de son interfaçage avec l'électronique d'acquisition de données du flotteur. La fourniture comprend les accessoires d'intégration (par exemple : mousse syntactique, pièces de fixation, câble/connecteurs d'interconnexion, carte électronique d'interface, etc.).

Le capteur de pH compatible avec l'unité CTD RBR Concerto3, et faisant partie de sa configuration « C.T.D.PH », présente les spécifications techniques suivantes selon le site web de RBR, le fabricant de l'unité CTD (<https://rbr-global.com/products/standard-loggers/#large-multi-channel>).

Sensor	Manufacturer	Max. depth (m)	Calibrated Range	Measurement Range	Accuracy
PH	AMT	750/1200/6000	4–10pH	0–14pH	±0.1pH

3.2.5 Configuration 5 : **KIT Capteur pH**

Cette configuration correspond à la fourniture d'un capteur de pH uniquement, du modèle spécifié pour la configuration décrite à l'article 3.2.4 du présent CCTP. La fourniture comprend aussi le montage de ce capteur de pH sur une unité de CTD du type RBR Concerto3 C.T.D. et son interfaçage avec l'électronique d'acquisition d'un flotteur. **Le flotteur et l'unité de CTD seront fournis par le CNRS.** La fourniture comprend des accessoires éventuellement nécessaires pour l'intégration du capteur de pH.

3.2.6 Configuration 6 : **KIT Capteurs CTD+ORP+pH**

Cette configuration consiste en la fourniture d'une unité CTD à laquelle est ajouté un capteur ORP et un capteur pH, du modèle *RBR Concerto3 C.T.D.ORP.PH*. La fourniture inclut le montage de cette unité de CTD+ORP+pH sur un flotteur et de son interfaçage avec l'électronique d'acquisition de données du flotteur. La fourniture comprend les accessoires d'intégration (par exemple : mousse syntactique, pièces de fixation, câble/connecteurs d'interconnexion, carte électronique d'interface, etc.)

Les capteurs de ORP de de pH compatibles avec l'unité CTD RBR Concerto3, et faisant partie de sa configuration « C.T.D.ORP.PH », présentent les spécifications techniques suivantes selon le site web de RBR, le fabricant de l'unité CTD. (<https://rbr-global.com/products/standard-loggers/#large-multi-channel>):

Sensor	Manufacturer	Max. depth (m)	Calibrated Range	Measurement Range	Accuracy
ORP (RedOx)	AMT	750/1200/6000	240–470mV	+/- 2000mV	±1mV
PH	AMT	750/1200/6000	4–10pH	0–14pH	±0.1pH

3.2.7 Configuration 7 : *KIT capteur de fer dissous in situ*

Cette configuration consiste en la fourniture d'un capteur de fer dissous du modèle "Clearwater Dissolved Iron Analyzer" (<https://www.clearwatersensors.com/iron-sensor.html>). La fourniture inclut le montage de ce capteur de fer sur un flotteur et de son interfaçage avec l'électronique d'acquisition de données du flotteur. La fourniture comprend les accessoires d'intégration (par exemple : mousse syntactique, pièces de fixation, câble/connecteurs d'interconnexion, carte électronique d'interface, etc.)

3.2.8 Configuration 8 : *KIT montage d'un capteur de fer (capteur fourni par le CNRS)*

Cette configuration comprend le montage d'un capteur de fer dissous Clearwater sur un flotteur et de l'interfaçage de ce capteur avec l'électronique d'acquisition de données du flotteur. **Le capteur de fer du modèle "Clearwater Dissolved Iron Analyzer" est fourni par le CNRS.** Spécifications techniques du capteur : <https://www.clearwatersensors.com/iron-sensor.html>. La fourniture des éléments mécaniques et des câbles nécessaires au montage est à la charge du Titulaire. La fourniture comprend les accessoires d'intégration (par exemple : mousse syntactique, pièces de fixation, câble/connecteurs d'interconnexion, carte électronique d'interface, etc.)

3.2.9 Configuration 9 (*non-KIT*) : *Hydrophone haute fréquence (HF) pour des études acoustiques multidisciplinaires*

Cette configuration "non-KIT" ne peut être choisie qu'en combinaison avec la commande d'un nouveau flotteur dédié. Elle s'applique uniquement aux versions de base A ou B.

Cette configuration comprend la fourniture et l'intégration technique d'un hydrophone haute fréquence ("HF") destiné à l'échantillonnage acoustique des océans à des fréquences audibles pouvant atteindre plusieurs dizaines de kHz (également appelées « fréquences acoustiques » en océanographie). Cet hydrophone HF doit pouvoir fonctionner en parallèle avec l'hydrophone basse fréquence et les algorithmes sismologiques embarqués fournis dans la version de base du flotteur. Cette configuration comprend également l'intégration électronique, les logiciels et les dispositifs de

stockage de données nécessaires à l'exécution des algorithmes de traitement embarqués pour les données acquises par l'hydrophone haute fréquence.

Le titulaire aura précisé les détails de la mise en œuvre technique dans le cadre de réponse (caractéristiques techniques de l'hydrophone HF, systèmes d'acquisition et de stockage des données associés, modem pour la transmission des données par satellite, autonomie d'énergie pour des scénarios d'exploitation types, programmabilité et fourniture des logiciels, etc.)

3.2.10 Liste minimale des configurations possibles

(version A ou B ou C)

(version A ou B ou C) + [CTD]

(version A ou B ou C) + [CTD + capteur FER]

(version A ou B ou C) + [CTD + ORP]

(version A ou B ou C) + [CTD + ORP + FER]

(version A ou B ou C) + [CTD + PH]

(version A ou B ou C) + [CTD + PH + FER]

(version A ou B ou C) + [CTD + ORP + PH]

(version A ou B ou C) + [CTD + ORP + PH + FER]

(version A ou B) + [hydrophone HF]

(version A ou B) + [hydrophone HF + CTD]

3.3 Descriptif de la maintenance, des fournitures et des pièces détachées

3.3.1 M1 : Maintenance flotteur standard (reconditionnement)

Cette prestation correspond à la maintenance d'un flotteur récupéré en mer. Le retour du flotteur chez le titulaire est à la charge du CNRS. Cette prestation comprend :

- Prise en charge flotteur et inspection
- Remplacement du pack de batteries usagées
- Fermeture et tests standards
- Recyclage des batteries usagées

3.3.2 M2 : Support technique pour déploiement, suivi en mer et récupération (mission sur place)

Cette prestation comprend le suivi d'une mission de flotteur sur le terrain (en transit, au port, embarqué, etc.). La prestation sera facturée par temps d'ingénieur investi (en heures).

3.3.3 M3 : Support technique pour suivi de mission à distance

Cette prestation comprend le suivi à distance d'une mission de flotteur via liaison satellite, depuis les locaux du Titulaire. La prestation sera facturée par temps d'ingénieur investi (en heures).

3.3.4 M4 : Études diverses : Amélioration de fonctionnalités existantes, évolution des matériels

La prestation sera facturée par temps d'ingénieur investi (en heures).

3.4 Méthodologie attendue :

- Méthodologie agile avec des échanges réguliers (environ bimestriel) entre le titulaire et le prescripteur.

Livrables détaillés :

- Flotteurs fabriqués prêts à être déployés
- Preuves de résistance aux pressions d'opération prescrites (en fonction de la version de base A, B, ou C), pour le flotteur de base ainsi que tous les capteurs montés en fonction des différentes configurations possibles.
- Manuel utilisateur
- Manuel de maintenance de l'instrument
- Caisse pour le transport

4. Formation, essais ou démonstrations

Une fois les flotteurs livrés, et mis en service l'admission sera prononcée à la suite d'une formation utilisateur au cours de laquelle seront effectués les tests fonctionnels décrits ci-dessous :

- L'assemblage définitif et la préparation du flotteur pour que la mise à l'eau se fasse correctement.
- Une vérification des interfaces de paramétrages du flotteur.
- Le fonctionnement de tous les capteurs et actionneurs de l'instrument.
- La bonne réception des signaux GPS pour synchroniser l'horloge du flotteur.
- La programmation sur le serveur des paramètres de l'algorithme de détection et les phases de la mission (pilotage).
- Une vérification du fonctionnement de l'acquisition des données avec la simulation d'une acquisition avec récupération d'un échantillonnage de données.
- La transmission satellite des données et logs de fonctionnement avec vérification de la vitesse de transmission.
- La procédure de test automatique avant déploiement.
- Le mode opératoire et les opérations de mise à l'eau et de récupération.
- L'analyse des données transmises par le flotteur avec les outils logiciels associés.

Durée et lieu : une journée dans les locaux du CNRS ou du Titulaire ou lors d'un déploiement en mer organisé par le CNRS. Le lieu sera confirmé à chaque livraison.

5. Lieu d'exécution

Le lieu d'exécution des prestations est le suivant :

La livraison et la mise en service auront lieu dans les locaux de Géoazur, Bâtiment 1, 250 rue Albert Einstein, 06560 Valbonne.

6. Constatation d'exécution de l'accord-cadre

- L'admission sera prononcée suite à la réussite des tests fonctionnels décrits sous le point "Essais ou démonstrations".
- Rédaction d'un procès-verbal de réception

En complément de ce qui précède, les opérations de vérifications se réaliseront conformément aux articles 27 à 30 du CCAG-FCS.

7. Documents à fournir par le titulaire

Lors de la livraison, le titulaire devra remettre les documents suivants :

- Fiches techniques détaillées
- Manuels utilisateurs
- Manuel de maintenance de l'instrument
- Certificats de conformité
- Rapport de test ou d'étalonnage

Fin du document