

Modernisation Caisson Hyperbare

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Groupe et amplificateurs hydrauliques pour mise en charge d'un caisson hyperbare 1500 bars

C.PEYRONNET
B.BIGOURDAN
N.DUMERGUE
P.Y.LEOST

IFREMER/REM/RDT/SMASH
IFREMER/REM/RDT/SMASH
IFREMER/REM/RDT/SMASH
IFREMER/REM/RDT/SMASH

Sommaire

1. Contexte	3
2. Objet du marché	4
2.1. Périmètre.....	4
2.2. Description générale de la fourniture.....	4
2.3. Exigences générales de conception et construction.....	5
3. Équipement recherché (à fournir et installer).....	5
3.1. Principe de fonctionnement.....	6
3.2. Performances requises	6
3.3. Alimentation en eau.....	6
3.4. Raccordement au caisson hyperbare	6
3.5. Refroidissement	6
3.6. Maintien en température de l'huile	7
3.7. Implantation / abri.....	7
3.8. Sécurité de fonctionnement.....	7
3.9. Intégration au système de pilotage des caissons hyperbares	7
4. Pilotage et qualité	7
4.1. Dispositif de suivi de l'avancement et du respect du CCTP.....	7
4.1.1. Réunion de lancement	7
4.1.2. Réunions d'avancement mensuelles	8
4.1.3. Réunion de préparation des tests, qualification et recette finale et qualifications avant livraison.....	8
4.2. Dossier pour approbation de la conception	8
4.3. Gestion des déchets et rebus	8
5. Contrôles et essais.....	9
5.1. Tests initiaux, épreuves et certifications	9
5.2. Livraison et installation.....	9
5.3. Intégration à la plateforme automatisée	9
5.4. Essais de fonctionnement sur site.....	9
5.5. Recette	9
5.6. Mise à disposition du dossier conception.....	10
6. Annexes	10

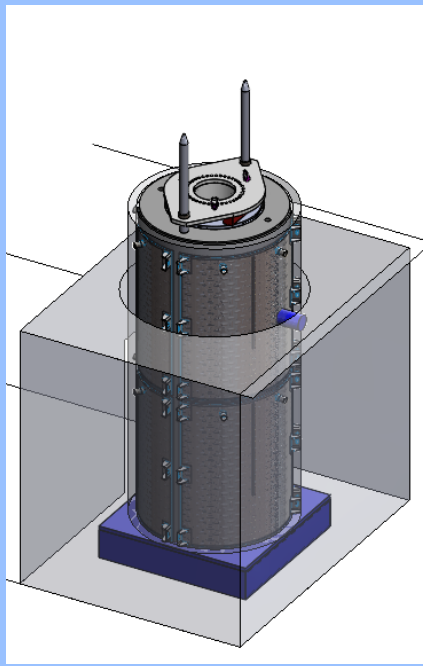
1. Contexte

L'Ifremer¹ est l'institut français de recherche entièrement dédié à la connaissance de l'océan et aux activités qui lui sont liées. Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) créé en 1984, il est placé sous la tutelle des ministres chargés de la recherche, de la mer et de l'environnement. Il compte 1600 salariés dont 800 scientifiques et a opéré un budget de fonctionnement de 270M€ en 2024.

Pour développer et maintenir les systèmes d'exploration et d'observation des fonds océaniques nécessaires à son activité, l'Ifremer dispose de caissons hyperbares simulant les effets mécaniques et thermiques de l'immersion par grande profondeur. Ces enceintes sont pilotées en pression et, pour certaines, régulées en température pour représenter les conditions rencontrées dans les grands fonds marins. Les six caissons sont installés sur les sites de Plouzané² et de La Seyne-sur-Mer³.

Dans le cadre du projet MoCHy⁴, l'Ifremer modernise ses moyens d'essais hyperbares du centre de Bretagne et, en particulier, remplace son plus ancien et plus grand caisson, fabriqué en 1972 par les Ateliers et Chantiers de Bretagne (ACB).

Le nouveau caisson (MoCHy), livrable en 2027, aura les caractéristiques principales reportées dans le tableau suivant.

Caractéristiques principales du futur caisson hyperbare		
Pression de service	1500 bars	
Température de service	2°C à ambiante	
Pilotage	Automate dédié	
Hauteur utile	2,5 m	
Diamètre utile	1,0 m	
Traversées	Électriques Hydrauliques	
Fluide de compression	Eau douce (réseau de ville)	
Système de charge	Objet du présent CCTP	
Masse totale	~70,0 T	
Masse du bouchon	~6,5 T	

¹ [Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER](#)

² [Caissons hyperbares du centre de Bretagne](#)

³ [Caissons hyperbares du centre de Méditerranée](#)

⁴ Le projet MoCHy bénéficie d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence ANR 24 MAFM 0003.

2. Objet du marché

2.1. Périmètre

Le présent CCTP concerne la fourniture et l'installation du système de mise en pression du caisson 1500 bars en cours d'acquisition (nommé ci-après MoCHy). Ce caisson sera déployé en remplacement du caisson 1000 bars actuel (nommé ci-après ACB) ;

Ce système sera *a priori* constitué :

1. d'un groupe hydraulique ;
2. de deux (ou plus) amplificateurs hydrauliques ;
3. des équipements électrotechniques pour assurer le fonctionnement, le pilotage et la sécurité du système ;
4. des bacs de rétention contre les pollutions accidentelles ;
5. des éléments de connexion nécessaires au raccordement du système à l'automate pilotant les installations existantes.

L'Ifremer se charge de la maîtrise d'œuvre du projet de renouvellement de l'ensemble des sous-systèmes du caisson (enceinte résistante, systèmes de mise en charge, groupe froid, intégration aux automates...). Les réceptions finales de ces sous-systèmes pourront donc être relativement tardive par rapport à leur livraison ou installation sur site. L'attention des candidats est attirée sur cette contrainte.

2.2. Description générale de la fourniture

Le candidat doit fournir *a minima* les éléments suivants :

- les équipements techniques objets du présent CCTP ;
- les livraison et installation des équipements sur le site d'Ifremer, Plouzané, France ;
- un planning prévisionnel des phases de conception, réalisation et tests des systèmes ;
- la formation du personnel aux procédures complètes d'utilisation et de maintenance.
- les dispositifs de commande, de surveillance et de sécurité liés à l'utilisation du système ;
- les pièces de rechange, le cas échéant ;
- un dossier technique à jour comprenant à minima :
 - Manuel de l'opérateur, instructions d'utilisation ;
 - Nomenclature et documentation des équipements installés ;
 - Plans et/ou schémas de tous les équipements (hydraulique, électrique...) ;
 - Liste des pièces de rechange avec références aux plans et aux fournisseurs ;
 - Instructions de maintenance,

Ces prestations sont précisées dans la suite du document. Toutefois, tout objet qui n'est pas spécifiquement inclus dans le CCTP mais qui est requis pour son respect devra être fourni par le titulaire du marché. Il devra donc être décrit et chiffré par le candidat.

De manière générale, si une solution technique envisagée dans le présent CCTP ne paraît pas adaptée ou optimale au candidat, une solution alternative et argumentée pourra être proposée (variante libre autorisée, voir règlement de consultation).

2.3. Exigences générales de conception et construction

Le choix des équipements et matériaux doivent tenir compte de l'utilisation permanente en milieu humide. Le système sera utilisé dans des conditions suivantes :

- été : air à 45°C maximum, hygrométrie maximale 90% ;
- hiver : air à 0°C minimum, hygrométrie maximale 90%.

Les équipements électriques doivent avoir les indices de protection :

- IP 54 : local supervision ;
- IP 56 : hall caisson ;
- IP 66 : raccordements extérieurs.

De manière générale, les armoires électriques doivent posséder une réserve de 30% en place pour d'éventuelles futures évolutions.

En plus du réseau 220V, la source d'énergie électrique disponible dans les locaux présente les caractéristiques suivantes :

- 400V triphasé
- 50Hz
- Régime neutre IT
- Icc3 : 23 kA

Le local des caissons hyperbare est soumis à des perturbations électromagnétiques dus à de nombreux systèmes électromécaniques. De plus, les caissons sont utilisés pour conduire des expérimentations scientifiques qui nécessitent la mise en place de systèmes de mesure précis, systèmes pouvant être perturbés par des interférences.

Même si aucune norme n'est spécifiée, l'offre technique doit intégrer l'aspect Compatibilité Électromagnétique, en particulier dans le choix des composants électrotechniques, des armoires et des câbles. Il faudra *a minima* prévoir :

- la mise à la terre de l'ensemble des chemins de câbles ;
- le blindage des câbles de puissance et de commande/communication ;
- la séparation des câbles de puissance et de commande/communication ;
- le blindage des capteurs analogiques, le cas échéant.

3. Caractéristiques de l'équipement à fournir

Pour rappel, le caisson MoCHy présente les caractéristiques suivantes :

1. Volume : ~2 m³
2. Pression de service : 1500 bars

Les essais réalisés requièrent :

- des vitesses de charges généralement comprises entre 0 et 50 bar/min. La vitesse la plus couramment utilisée est de 12 bar/min ;
- une précision de régulation en pression de l'enceinte de ± 1 bar (l'automate de régulation n'est pas inclus dans la fourniture ;
- des durées de fonctionnement pouvant dépasser un mois (en continu mais pas à pleine charge).

N.B. : Le pilotage en décharge du caisson est assuré par un système indépendant du groupe hydraulique et piloté par l'automate de régulation. Il n'est pas inclus dans la fourniture.

3.1. Principe de fonctionnement

La mise en charge actuelle est assurée par deux amplificateurs hydrauliques alimentés par une centrale hydraulique. Les amplificateurs sont montés en parallèle et fonctionnent alternativement, l'un prenant le relais de l'autre pendant son retour et son remplissage basse pression. La vitesse d'avance des amplificateurs est liée à une consigne de régulation proportionnelle délivrée par l'automate de pilotage des caissons. Leur vitesse de retour est constante, préréglée et capable d'assurer le débit maximum requis.

Ce principe de fonctionnement donne pleine satisfaction et est donc *a priori* requis pour le nouvel équipement, sans préjuger du nombre d'amplificateurs. Une solution alternative pourra être justifiée techniquement et économiquement.

3.2. Performances requises

Le système doit permettre d'atteindre une vitesse de charge de 75 bar/min de 0 à 1500 bars, caisson rempli d'eau douce à température ambiante.

Les calculs de performance pour dimensionnement du système seront inclus dans le dossier pour approbation de la conception.

3.3. Alimentation en eau

Le raccordement au réseau d'eau de ville est inclus dans la fourniture. Il comportera les systèmes de filtration nécessaires au bon fonctionnement du système (en particulier en termes de finesse de filtration). Ces systèmes devront être mécaniquement résistants et peu sensible à la corrosion (inox exigé).

La tuyauterie, type standard, sera dimensionnée pour permettre le fonctionnement optimal du système.

La pression statique du réseau d'adduction est comprise entre 4 et 5 bars. Si le fonctionnement du système proposé nécessite une pression différente, le dispositif adapté devra être inclus dans la fourniture.

3.4. Raccordement électrique

La fourniture inclut le raccordement électrique jusqu'à un boîtier de distribution situé à l'intérieur du hall d'essai hyperbare (local 221.00.49, coin nord-est). Ce boîtier est fourni par l'Ifremer.

3.5. Raccordement au caisson hyperbare

La fourniture inclut le tuyautage Haute Pression raccordant le système de mise en charge au caisson hyperbare MoCHy. Son supportage sera réalisé selon les règles de l'art.

Les standards utilisés et composants retenus seront choisis avec l'équipe en charge de l'installation et décrits dans le dossier pour approbation de la conception. Une estimation des pertes de charge sera également incluse.

3.6. Refroidissement

Le système fourni inclut les dispositifs de refroidissement qui permettent son fonctionnement autonome.

La description de la solution de refroidissement retenue sera incluse dans le dossier pour approbation de la conception.

3.7. Maintien en température de l'huile

Le système fourni inclut, si nécessaire, les dispositifs automatiques de maintien en température de l'huile permettant le démarrage de l'installation.

3.8. Implantation / abri

Le système de mise en charge sera installé à l'extérieur du hall d'essai, à proximité immédiate de la façade est du bâtiment 221 (plan en annexe). Il inclura donc un abri ou container permettant cette implantation, incluant les interfaces avec le système de refroidissement.

Cet abri intégrera un ou plusieurs bacs de rétention permettant la récupération totale des fluides en cas d'accident de fonctionnement ou en cas d'incident de maintenance.

La conception de l'abri permettra les opérations de réparation et maintenance dans de bonnes conditions d'ergonomie.

Une attention particulière sera apportée à l'isolation phonique car le système sera disposé à proximité de lieux de parking et passage.

La description de la conception de cet abri sera incluse dans le dossier pour approbation de la conception.

3.9. Sécurité de fonctionnement

Le système de mise en charge inclut tous les capteurs et automatismes nécessaires aux diagnostics avant démarrage, au fonctionnement et son suivi, aux opérations d'arrêt, aux alertes pour maintenance, etc.

3.10. Intégration au système de pilotage des caissons hyperbares

Seront fournis tous les documents et éléments techniques (grafcet, liste d'entrée/sorties dont alarmes et variables de surveillance...) nécessaires à l'intégration du système à l'automate de pilotage des caissons.

Un soutien pour l'interfaçage avec l'automate et paramétrage du logiciel de pilotage du caisson sera prévu dans la fourniture.

4. Pilotage et qualité

Les éléments suivants sont requis pour permettre à l'Ifremer de gérer l'ensemble du projet de modernisation de la plateforme d'essais hyperbares.

4.1. Dispositif de suivi de l'avancement et du respect du CCTP

Le Titulaire s'engage à organiser les réunions suivantes :

- Réunion de lancement du marché ;
- Réunions d'avancement mensuelles ;
- Réunion de préparation des tests et qualifications avant livraison ;
- Réunion de préparation des tests sur site après intégration aux systèmes de pilotage.

4.1.1. Réunion de lancement

La réunion de lancement est effectuée, dans un délai de quinze (15) jours à compter de la notification du marché au titulaire.

L'ordre du jour de la réunion de lancement comporte à minima les thèmes suivants qui seront confirmés sur l'avis de réunion :

- rappel des exigences générales du marché ;
- présentation détaillée de l'organisation mise en place par le Titulaire pour l'exécution du marché ;
- présentation des responsables de l'exécution du marché chez le Titulaire et de ceux du pouvoir adjudicateur ;
- présentation du planning des échéances (réunions, points d'arrêt, livrables, etc...) nécessaires au suivi de la bonne exécution du marché, dans le respect du planning directeur, soumis à l'approbation du pouvoir adjudicateur ;
- présentation de la liste des sous-traitants ;
- rappel du contenu de l'offre technique.

4.1.2. Réunions d'avancement mensuelles

Pour suivre l'exécution du marché pendant les études de conception, le titulaire organise chaque mois une réunion d'avancement avec le pouvoir adjudicateur dans le but de faire un bilan de l'activité sur la période écoulée. Préalablement à chaque réunion, le titulaire devra communiquer au plus tard deux (2) jours ouvrés avant la réunion le bilan d'activité qui sera présenté.

Les réunions mentionnées aux articles suivants pourront avoir lieu lors des réunions d'avancement mensuelle.

4.1.3. Réunion de préparation des tests, qualification et recette finale et qualifications avant livraison

Ces réunions ont pour objectif de préparer les tests concernés, en particulier :

- programme et objectif des tests ;
- planning des opérations ;
- organisation logistique et partage des tâches le cas échéant ;
- mise en place des procédures d'accueil et plans de prévention.

4.2. Dossier pour approbation de la conception

A la fin des études de conception et avant lancement de la fabrication, les livrables ci-dessous seront soumis à l'Ifremer pour approbation :

- une présentation générale du système ;
- une description globale de l'implantation des éléments ;
- une mise à jour de planning prévisionnel des réalisations et essais ;
- une liste confirmée des principaux fournisseurs envisagés ;
- un plan de coordination et d'affectation des tâches. Les aspects HST devront y être abordés.

Ces documents feront l'objet d'une revue sur le site de l'installation.

4.3. Gestion des déchets et rebus

Le cas échéant, l'ensemble des matériaux et matériels démantelés doit être enlevé et détruit suivant les règlements en vigueur, en particulier dans le cadre du respect de l'environnement.

5. Contrôles et essais

5.1. Tests initiaux, épreuves et certifications

Si nécessaire, les premiers tests de fonctionnement, les épreuves réglementaires et les démarches pour certification en accord avec les réglementations européennes peuvent être réalisés par le titulaire en ses locaux.

Des représentants de l'Ifremer peuvent assister aux essais réalisés chez le titulaire.

5.2. Livraison et installation

Le système de mise en charge est livré et installé par le titulaire à l'adresse :

Ifremer – Centre de Bretagne – Bâtiment 221.00.49
Rond-point Auguste Piccard
ZI de la Pointe du Diable
29280 Plouzané

Des personnels désignés de l'Ifremer peuvent apporter leur soutien dans des conditions compatibles avec leurs compétences et habilitations.

5.3. Intégration à la plateforme automatisée

Lors de l'intégration aux automates de pilotage partagés par l'ensemble des caissons de la plateforme, un représentant qualifié du titulaire apporte son soutien à l'Ifremer et son sous-traitant automatique. Une présence sur site pourra être requise.

Les travaux (câblage, modification des programmes...) de cette phase d'intégration pourront entraîner un délai de 1 à 3 mois entre l'installation physique du groupe hydraulique et la phase des essais de fonctionnement tels que décrits dans le paragraphe 6.4.

5.4. Essais de fonctionnement sur site

Après intégration, des essais de fonctionnement sont réalisés sur site sous la conduite du titulaire et en présence de l'équipe de l'Ifremer en charge des moyens hyperbares. Sont menés :

- des cycles démarrage, arrêt, arrêt d'urgence ;
- quelques mises en charge à pression maximale ;
- quelques cycles à pression intermédiaire à différentes vitesses de charge.

Durant cette période est assurée la formation des utilisateurs.

5.5. Recette

Le fournisseur devra nommer un responsable des vérifications de sécurité, de fonctionnement de l'installation finale. Ceci inclut *a minima* :

- vérification avant mise en service ;
- mise en service ;
- vérification de la cohérence des documents de conception, de maintenance et d'utilisation avec l'installation.

Cette personne sera également en charge des essais de réception sous contrôle des opérateurs des moyens hyperbares de l'Ifremer. La période dédiée aux essais de réception sera au minimum d'une semaine pour pouvoir tester toutes les fonctionnalités.

Les essais de réception visent à contrôler la conformité aux cahiers des charges, soit au minimum :

- La fiabilité des démarrages et arrêts du système ;
- Les performances atteintes par l'ensemble supervision/automate/groupe hydraulique/caisson ;
- La robustesse du système sur plusieurs essais ;
- La gestion correcte des alarmes et procédures de sécurité.

Le calendrier des essais de réception sera choisi et défini avec l'Ifremer et le titulaire du marché au cours des travaux. Ces essais peuvent être combinés avec les essais de fonctionnement précédemment décrits.

5.6. Mise à disposition du dossier conception

Le dossier technique final sera soumis à l'Ifremer lors de la livraison du système. Il contiendra les éléments suivants :

- les documents de présentation et d'utilisation des équipements livrés;
- tous les fichiers et plans mis à jour 'tels que construit' dans un dossier spécifique ;;
- une liste de tous les composants utilisés (avec références, fournisseurs et documentations techniques). Les composants dont la fiabilité ou la criticité nécessitent la constitution d'un stock en vue de maintenir la continuité de service seront identifiés.

Cette liste n'est pas exhaustive et tout document nécessaire à la future utilisation et maintenance du système sera joint.

L'ensemble des documents finaux sera livré dans une version électronique (format PDF).

Ces documents feront l'objet d'une revue sur le site de l'installation après les essais de réception et la formation des opérateurs.

6. Annexes

A1. Plan bâtiment (fichier joint)

A2. Plan locaux fosse (fichier joint)