

CAISSON HYPERBARE : Cahier des charges pour l'acquisition d'un caisson hyperbare 2000 bars.

Christophe MARTIN – Ifremer Toulon - PDG-DFO-SM-IIDM

Unité Systèmes Sous-Marins

PDG/DFO/SM/2025-082, indice A du 04/12/2025



CAISSON HYPERBARE : Cahier des charges pour l'acquisition d'un caisson hyperbare 2000 bars et de prestations éventuelles sur les caissons 1000 bars existants.

Diffusion :

- O. LEFORT – Directeur du Département DFO
- J. OPDERBECKE – Chef de l'unité SM
- E. RAUGEL – Chef du Service 2IDM
- Correspondant SGDT
- Responsable essais

Visibilité GED :

- ☒ Libre
- ☐ Restreinte SM
- ☐ Restreinte SMD
- ☐ Documentation opérationnelle
- ☐ Archiver

Résumé :

L'objectif principal de ce document est de définir les spécificités techniques pour la conception, la construction, l'approvisionnement, l'installation et les essais du nouveau caisson hyperbare – 2000 bars, ainsi que les différents postes inhérents à ce caisson.

Mots-clés / Catégorie(s) / Classement GED :

Révisions

Indice	Objet	Rédigé par	Vérifié par	Validé par Responsable
A	Création du document + prise en compte des remarques	24/03/2026 C. MARTIN 	03/12/2025 J. DIFALLAH 	03/12/2025 E. RAUGEL 
B	Ajout des paragraphes 5 et 6	28/01/2026		

Sommaire

1. Objectif du document.....	5
2. Présentation des exigences	5
2.1. Description de la fourniture	5
2.2. Description de l'environnement	6
3. Exigences de conception et de construction	6
3.1. Considérations générales	6
3.1.1. Peinture et protection.....	6
3.1.2. Composants électriques.....	6
3.1.3. Système hydraulique haute pression.....	7
3.1.4. Accès et protection du personnel	7
3.2. Exigences relatives aux dimensions et structures.....	7
3.3. Interfaces	7
3.3.1. Interfaces mécaniques	7
3.3.2. Interfaces électriques, haut voltage.....	8
3.3.3. Interfaces électriques, courant faible	8
3.3.4. Air comprimé.....	8
3.3.5. Eau douce / eau de mer	8
4. Description du besoin.....	8
4.1. Caisson 2000bars	8
4.1.1. Fluides	8
4.1.2. Dimension des caissons hyperbares	8
4.1.3. Position.....	9
4.1.4. Pression	9
4.1.5. Température	9
4.1.6. Système de fermeture des caissons.....	9
4.1.7. Interface mécanique	10
4.1.8. Support.....	10
4.1.9. Bac de rétention.....	10
4.1.10. Arrivée des fluides.....	10

4.1.11.	Générateur de pression	11
4.1.12.	Type de pompe	11
4.1.13.	Pilotage, chaine de commande / contrôle	11
4.1.14.	Environnement.....	11
4.1.15.	Pièces de rechanges	11
4.2.	Essais et certification.....	12
4.2.1.	Essai de réception en usine, FAT.....	12
4.2.2.	Essai de réception, SAT	12
4.3.	Formation.....	13
4.4.	Livrables techniques.....	13
4.4.1.	Documents pour approbation suite à la conception	13
4.4.2.	Documents pour approbation suite aux essais en usine	13
4.4.3.	Dossier technique final.....	13
4.5.	Outillages	14
4.6.	Instrumentations.....	14
5.	Caisson 1000 bars KW	14
6.	Caisson 1000 bars TDI.....	15
6.1.	Une refonte complète de l'armoire hydraulique.....	15
6.2.	Système de régulation de la température	15
6.3.	Accessibilité du caisson TDI.....	15
7.	Annexes.....	16
7.1.	Annexe 1 : Tape pleine.....	16
7.2.	Annexe 2 : Plan implantation.	17
7.3.	Annexe 3 : Plan de la fosse.....	18

1. Objectif du document

Le présent document vise à décrire toutes les fonctionnalités et contraintes liées à la conception, à la construction, à l'approvisionnement, à l'installation et aux essais des prestations suivantes :

- Caisson hyperbare 2000bars ;
- Raccordement au système de régulation de la température existant ;
- Raccordement aux différents réseaux d'énergie ;
- Pièces de rechange pour le caisson 2000bar ;
- Outillages pour les caissons.

2. Présentation des exigences

2.1. Description de la fourniture

Le fabricant doit fournir les éléments suivants :

- Les éléments décrits dans la description de la présente spécification technique ;
- La livraison et installation des équipements sur le site d'Ifrermer, La Seyne sur Mer ; France,
- Le raccordement aux différents réseaux d'énergie ;
- Un planning prévisionnel détaillé des phases de conception, réalisation et tests des éléments ;
- Une FAT et une SAT ;
- La formation du personnel, en langue française, aux procédures complètes d'installation, de maintenance, de montage, de désassemblage et d'utilisation. Ces procédures doivent intégrer les aspects sécurité des personnes et des installations. Elles doivent être disponibles sous forme de documents informatiques ;
- Dispositif de commande ;
- Dispositif de surveillance et de sécurité ;
- Pièces de rechange ;
 - Kits de rechange pour la ou les pompes ;
 - Joints d'étanchéité du bouchon ou du corps ;
 - Bague de guidage ;
 - Bagues anti-extrusion si cette technologie est proposée par le prestataire
- Un ensemble d'outils spécifiques si nécessaire ;
- Un dossier technique mis à jour, en français, comprenant à minima :
 - Instruction d'utilisation ;
 - Analyse de risque ;
 - Certificat de conformité au CE DESP 97/23 ;
 - Plans de tous les équipements ;
 - Liste des pièces de rechange avec références aux plans et aux fournisseurs ;
 - Notes de dimensionnement ;
 - Manuel de l'opérateur ;
 - Instructions de maintenance.

Tout objet de la présente spécification qui n'est pas expressément indiqué comme étant fourni par l'**Ifremer** et qui est spécifique et requis pour l'utilisation du système doit être fourni par le **titulaire du/des marchés**.

2.2. Description de l'environnement

La construction de l'équipement et le choix des matériaux doivent tenir compte de l'utilisation permanente en milieu humide (huile ou eau douce ou eau de mer).

Le système sera utilisé dans des conditions avec les considérations suivantes :

1. Les conditions d'été sont l'air à 40 °C et l'hygrométrie maximale de 90% ;
2. Les conditions hivernales sont l'air à 2 °C et l'hygrométrie maximale de 90%.

3. Exigences de conception et de construction

3.1. Considérations générales

3.1.1. Peinture et protection

Une peinture doit être appliquée sur toutes les structures sauf celles en acier inoxydable et les éléments plastiques. La peinture doit être réalisée selon les spécifications ci-dessous :

- 1 couche de 60µ de ETHYL SILICATE DE ZINC ;
- 1 couche de 60µ de EPOXY SEALER ;
- 1 couche de 100µ EPOXY ANTICORROSION ;
- 2 couches de 50µ (chacune) POLYURETHANE FINITION.

Un système de peinture équivalent ou un type de protection adapté, peut être proposé (par exemple le système de peinture référencé ACQPA - C5Ma).

Le plus grand soin doit être apporté à la préparation des surfaces et à l'application des couches de peinture protectrice. Le fabricant devra détailler à Ifremer sa norme de peinture, celle-ci sera soumise à validation par Ifremer.

La couleur de peinture est RAL 5012.

Les articulations et les fixations doivent être disposées de façon à ce qu'aucune corrosion n'apparaisse.

La visserie autre que celle destinée à la fermeture de l'enceinte sous pression sera réalisée en acier inoxydable de type A4

3.1.2. Composants électriques

Le matériel et le matériel électrique doivent avoir au moins le degré de sécurité minimal suivant :

- IP54

3.1.3. Système hydraulique haute pression

Le nettoyage des conduites hydrauliques doit être effectué avec le plus grand soin avant la mise en service.

Les raccords hydrauliques haute pression seront de type :

- TOP INDUSTRIE - 4000 bar **ou équivalent**.

3.1.4. Accès et protection du personnel

Le système de génération de pression doit être facile d'accès aux composants principaux (pompes, vannes, ...). Il doit aussi être d'une taille minimale et conçu dans un esprit « Plug and Play ».

Celui-ci sera **dans une armoire avec une isolation acoustique environ 60 Db et vibratoire des éléments générant du bruit (pompe pneumo-hydraulique)**. Une mesure de bruit sera réalisée lors de la FAT.

Le réservoir doit être dimensionné en fonction du volume utile du caisson et du calcul de l'appoint d'huile correspondant à la pression maximale à atteindre et température minimale, soit 2°C et suivant les différents cas de figures des essais hyperbares.

Le raccordement du réservoir à ou aux pompes se fera par flexible avec une vanne d'isolation.

3.2. Exigences relatives aux dimensions et structures

Tous les équipements sous pression doivent être conçus suivant CE DESP 97/23 (ou plus récent si applicable) et leur transcription dans les lois des autorités françaises.

Au cours de l'étude, le titulaire du marché informe l'Ifremer des charges transmises au sol et détaille l'interface mécanique avec le bâtiment en utilisant des plans détaillés.

La charge au sol ne pourra excéder 1,5 tonne/m².

3.3. Interfaces

Le titulaire du marché doit établir un plan de coordination indiquant toutes les interfaces et leurs spécifications.

3.3.1. Interfaces mécaniques

Les parties lourdes du système (châssis, générateur de pression, réservoir, ...) seront fixées au plancher ou mur du bâtiment. Les fixations et l'installation sont comprises dans les prestations.

3.3.2. Interfaces électriques, haut voltage

La source d'énergie électrique présente les caractéristiques suivantes :

- 400V, 230 V et 24 V ;
- 50Hz.

Le câblage du système de génération de pression est à adapter.

3.3.3. Interfaces électriques, courant faible

Les câbles nécessaires pour les données et le réseau de contrôle du système sont internes au système et ne nécessitent aucune interface spécifique. L'influence électromagnétique doit être minimale.

Le câblage existant doit être adapté.

3.3.4. Air comprimé

La source d'air comprimé présente les caractéristiques suivantes :

- 8 bars.

Le circuit doit être adapté.

3.3.5. Eau douce / eau de mer

Lorsque des essais nécessiteront l'utilisation d'eau douce ou d'eau de mer, un cylindre fermé par le fond sera ajouté dans le caisson afin qu'il n'y ait pas de contact entre le caisson et l'eau. Celui-ci devra être manipulable par l'intermédiaire du pont du labo hyperbare. Ces dimensions seront au plus près des dimensions internes du caisson. Il faut y associer son système de levage pour sa mise en place dans le caisson et pour sa sortie.

4. Description du besoin

4.1. Caisson 2000bars

4.1.1. Fluides

Les fluides utilisés sont l'huile de type C10 Morlina ou eau de mer ou eau douce.

4.1.2. Dimension des caissons hyperbares

Les dimensions internes et utiles du caisson sont 1500 mm de haut et un diamètre interne de **300 mm**.

Celui-ci sera livré avec ces anneaux de levage pour sa mise en place. Il est conseillé de prévoir trois anneaux de levage.

4.1.3. Position

Le caisson doit être en position verticale.

4.1.4. Pression

La pression maximale de service est de 2000 bars.

Un disque de rupture doit être considéré avec une pression supérieure à 2000 bars afin d'assurer une pression d'utilisation jusqu'à 2000 bars.

Le disque de rupture doit être éloigné du caisson, pour ne pas voir la température de ce dernier.

Le capteur de pression doit être positionné sur le bouchon pour ne pas subir la fréquence de pression dû à la ou les pompes.

Un limiteur de pression peut être intégré afin de protéger les équipements/matériels testés en pression. Il devra être accessible et facilement réglable.

4.1.5. Température

Le système de régulation de température de l'ancien caisson (1000 bars TDI) sera utilisé pour le nouveau caisson.

La plage de températures lors d'essais dans le caisson hyperbare, est entre -5 et +50 °C.

Le caisson hyperbare doit avoir au moins 1 thermocouples (ou PT 100) mesurant la température à l'intérieur du caisson. Celui-ci sera positionné sous le bouchon s'il est fixe ou bien peut-être « volant » dans le caisson.

Un système de sécurité doit être conçu pour éviter toute surchauffe au-dessus d'une température définie comme par exemple 5 °C supérieure à la température de service et idem avec les températures négatives.

Il faudra prévoir un nouveau manteau et son raccordement au circuit existant ainsi qu'une protection thermique sur tous les composants.

4.1.6. Système de fermeture des caissons

Le caisson hyperbare peut être ouvert plusieurs fois par jour. Ce qui signifie que le système de fermeture doit être facilement manipulable, l'ouverture rapide et non automatisée. Le bouchon de fermeture sera manipulé par un pont existant (Charge de travail sécurisée 2000 Kg).

Il faut prévoir un support pour le bouchon positionné près du caisson.

4.1.7. Interface mécanique

Le bouchon du caisson hyperbare doit comporter 3 taraudages M12 sur la partie externe du bouchon afin de pouvoir le manipuler facilement (points de levage). Ces points de levage sont à conserver même si le fabricant propose un autre type de levage. Il faudra prévoir un système « souple » reliant le bouchon ou crochet du pont.

Pour fixer les échantillons sous le bouchon, six taraudages M10 (non débouchant), sont situés dans la partie interne du bouchon de l'enceinte sous pression.

Les anneaux de levage en inox correspondant aux différents taraudages seront fournis.

Quatre traversées de paroi spécifiques de diamètre minimum 15 mm, doivent être placées sur le bouchon du caisson pour les futurs connecteurs électriques. Trois traversées pourront être acceptées sur preuve des justificatifs du titulaire au vue des calculs mécaniques.

Ces interfaces seront obturées par des tapes dotées d'un joint torique assurant leur étanchéité selon le plan en annexe 1 - Tape pleine non marquée. (Épaisseur et matériau à déterminer par le titulaire du marché).

Quatre passages hydrauliques sont aussi à prévoir pour l'implantation de matériel via des raccords de type TOP INDUSTRIE. Voir le plan du bouchon du caisson 1000 bars TDI pour les différentes implantations en annexe 2.

Les implantations seront validées à la première réunion de lancement du marché.

4.1.8. Support

Un support métallique doit être utilisé pour que l'opérateur soit à une hauteur permettant une utilisation adéquate de l'installation. La hauteur du support sera à définir en fonction du type de caisson proposé et par rapport à sa hauteur de dépassement du plancher.

4.1.9. Bac de rétention

Un bac de rétention compatible avec l'eau douce, eau de mer et huile C10, doit être placé sous le caisson. Le bac doit avoir une évacuation sur sa partie inférieure. Les dimensions de ce bac seront définies pour permettre une évacuation correcte des liquides mais permettra également de ne pas affecter l'accessibilité au caisson. Celui-ci servira aussi à répartir la masse du caisson au sol. **Il faudra y inclure une pompe de vidange avec flexible.**

4.1.10. Arrivée des fluides

L'arrivée et le retour se font par le dessous du caisson.

4.1.11. Générateur de pression

Le titulaire du marché proposera un système complet répondant au cahier des charges et à l'utilisation faite par l'Ifremer ainsi qu'à la vitesse de montée et de descente en pression de 1 à 80 bars par minutes.

Un nouveau tuyautage sera à fournir et à mettre en place, hydraulique, air comprimé, et cetera.

Il faut avoir à l'esprit que le nombre d'essais par année est compris entre 90 et 200 et les plages en pression des différents essais va de quelques bars à 2000 bars et le nombre de cycle peut-être très élevé, plus de 3000 cycles par an.

4.1.12. Type de pompe

La pompe actuelle utilisée pour la mise en pression est **de type** Haskel, DSHF 300. Le titulaire du marché peut proposer d'autres types de pompes équivalentes.

La vitesse de montée en pression doit être contrôlée et réglable par l'utilisateur dans une plage de 1 à 80 bar/min (+ ou – 2 bars) souhaitée sur l'ensemble de la plage de pression de service. La vitesse de dépressurisation doit être contrôlée et réglable par l'utilisateur dans une plage de 1 à 80 bar/min (+ ou – 2 bars) souhaitée sur l'ensemble de la plage de pression de service.

4.1.13. Pilotage, chaine de commande / contrôle

Une nouvelle chaine de pilotage doit être fournie à minima identique à l'existant, pilotage du caisson TDI et KW.

Elle comprend à minima, la fourniture d'une armoire électrique, d'un automate et d'un ensemble PC + écran, câblage permettant le pilotage du nouveau caisson.

Le logiciel de contrôle actuel des essais (pilotage et acquisition) permettant l'émission de rapports doit être utilisé avec le nouveau caisson.

Le prestataire peut proposer un nouveau système permettant le pilotage des caissons.

4.1.14. Environnement

Le caisson sera installé dans le laboratoire d'essais hyperbare à côté d'autres équipement de test, le titulaire du marché doit s'assurer de la bonne intégration du système dans le laboratoire et de sa compatibilité avec les équipements existants. Une visite du site sera programmée avant la clôture de l'appel d'offre pour permettre aux soumissionnaires de prendre en compte les contraintes d'intégration. Voir annexe 3.

4.1.15. Pièces de rechanges

Le titulaire du marché doit joindre à sa proposition une liste des pièces de rechange (y compris les prix, les références et les fournisseurs) qui selon lui, sont nécessaires pour effectuer tous les essais et toutes les opérations pendant la période de garantie, en complément de la liste dans le paragraphe 2.1.

4.2. Essais et certification

Des essais et tests doivent être effectués sur le caisson, **FAT et SAT, co-écrites par Ifremer et le prestataire**. Ces essais doivent être effectués selon les meilleures pratiques, conformément aux procédures CE et selon un calendrier défini par l'Ifremer et le titulaire du marché. Les essais doivent être effectués en présence de l'Ifremer et de l'agence de classification selon les procédures approuvées.

Le titulaire du marché de l'équipement doit informer l'Ifremer, à l'aide d'un préavis de quatre semaines civiles, de chaque essai prévu et fournir à l'Ifremer un avis détaillé sur l'équipement ainsi qu'un modèle de formulaire d'acceptation. Les représentants peuvent assister à tous les essais et devront signer les rapports d'acceptation.

4.2.1. Essai de réception en usine, FAT

Les essais de réception en usine visent à contrôler que, les caractéristiques fonctionnelles et opérationnelles des équipements planifiés sont atteintes dans des conditions climatiques données.

Tous les essais requis pour obtenir la certification CE doivent être effectués en usine.

Les câbles et tuyaux nécessaires aux essais (électriques, mécaniques, hydrauliques ...) doivent être fournis par le titulaire du marché.

Au cours des essais, l'accès aux différents composants et la conformité complète des plans, des dessins et des spécifications seront vérifiés pour les installations principales et pour les dispositifs de contrôle-commande. Tous les certificats CE doivent être présentés. Les essais comportent au moins les éléments suivants :

1. Remplissage du système hydraulique, rinçage / nettoyage / ouverture et fermeture du caisson ;
2. Tests en pression, pression max atteint, vitesse de montée et de descente ;
3. Tests fonctionnels ;
4. Test du disque de rupture.

4.2.2. Essai de réception, SAT

Le constructeur doit affecter à minima une personne pour vérifier l'installation finale, faire la connexion au système et effectuer les essais de réception de l'installation d'essai à Ifremer. Cette période d'essai sera également mise à profit pour assurer la formation de tout le personnel participant à cette étape de l'acceptation du système.

Pour la mise en service, le titulaire du marché doit fournir une assistance technique pour :

1. Vérification de l'installation sur le site d'essai Ifremer ;
2. Mise en service.

Les essais d'acceptation visent à contrôler :

1. La mise en fonction du système doit être effectuée sans problème majeur ;
2. L'équipement atteint les performances définies ;

3. Le bon état de fonctionnement de toute l'installation dans des conditions opérationnelles.

Le calendrier des essais d'acceptation sera choisi et défini avec l'Ifremer et le titulaire du marché au cours des études.

4.3. Formation

Le titulaire du marché doit effectuer une période de formation en français pour environ trois personnes de l'Ifremer, incluant :

1. Fonctionnement du système ;
2. Maintenance du système.

Cette formation sera effectuée à l'Ifremer au cours des essais de réception.

4.4. Livrables techniques

4.4.1. Documents pour approbation suite à la conception

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

- Une présentation générale du système fourni ;
- Les notes de calcul, nombre de cycles max par pression 308, 625, 750, 1000, 1500 et 2000 bars ;
- Une description globale comprenant la taille des éléments ;
- Valeurs de pression de travail et critères de conception ;
- Estimation de la puissance et de la consommation ;
- Calendrier des réalisations et essais ;
- Une liste des principaux fournisseurs ;
- Plan de coordination ;
- Procédures d'essais.

4.4.2. Documents pour approbation suite aux essais en usine

Suite aux essais en usine, les documents suivants seront fournis à l'Ifremer pour approbation :

- Une présentation générale des essais (méthodologie) ;
- Une présentation détaillée des résultats.

4.4.3. Dossier technique final

Le dossier technique final sera soumis à l'Ifremer lors de la livraison du système. Ce fichier contiendra au moins les éléments livrables suivants :

- Toutes les notes de calcul, nombre de cycles max par pression 308, 625, 750, 1000, 1500 et 2000 bars ;
- Tous les fichiers et plans mis à jour dans un dossier spécifique ;
- Une liste de tous les composants utilisés (avec références et fournisseurs) ;
- Instructions d'utilisation et d'entretien ;
- Les certifications d'inspection des matériaux et des soudures ;
- Certificats d'inspection de peinture ;
- Rapports d'essais et d'acceptation ;
- Certificat de conformité CE DESP 97/23.

Les livrables comprennent une copie papier de chaque document et une version électronique (ADOBE ACROBAT pour les fichiers techniques complets). Les plans détaillés du plan général du système incluent un fichier 3D au format IGES ou STEP.

4.5. Outillages

En fonction des essais, différents outillages et système de mesures pourront être utilisées pour ce nouveau caisson et le caisson 1000 bars diamètre 600 et hauteur utile 1500.

Cela concernera :

- Outillage modulable de mise en place du ou des équipements à mettre dans le caisson ;
- Panier de différentes tailles ajourés et pleins ;
- Système d'attache des outillages ci-dessus.

4.6. Instrumentations

Mesure de la flottabilité / reprise d'eau par l'intermédiaire de :

- Capteur +/-10N résistant à la pression ;
- Capteur +/-100N résistant à la pression.

5. Caisson 1000 bars KW

L'armoire de protection de la partie hydraulique de commande du caisson sera remplacée par **une armoire avec une isolation acoustique environ 60 Db et vibratoire des éléments générant du bruit (pompe pneumo-hydraulique)**. Une mesure de bruit sera réalisée lors de la SAT.

Le raccordement du réservoir à ou aux pompes se fera par flexible avec une vanne d'isolation. Le flexible en place et sa vanne qui sont déjà en place, pourront être réutilisés.

6. Caisson 1000 bars TDI

6.1. Une refonte complète de l'armoire hydraulique

- Fourniture d'une armoire avec une isolation acoustique environ 60 Db et **vibratoire des éléments générant du bruit (pompe pneumo-hydraulique)** ;
- Intégration de tous les composants hydrauliques et pneumatiques ;
- Dimensions de l'armoire adaptées à l'environnement actuel.

6.2. Système de régulation de la température

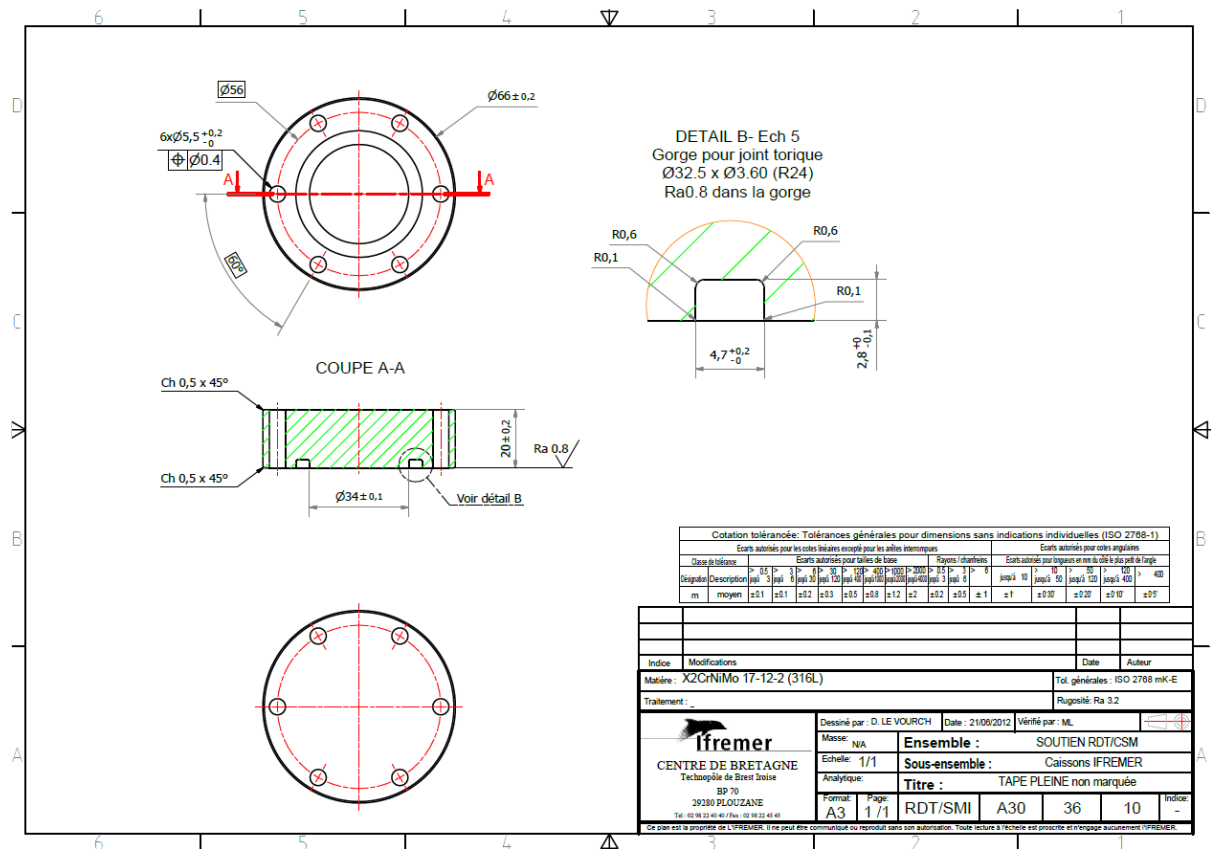
Etudier la possibilité d'utiliser le système actuel de gestion de la température entre le nouveau caisson et le caisson TDI.

6.3. Accessibilité du caisson TDI

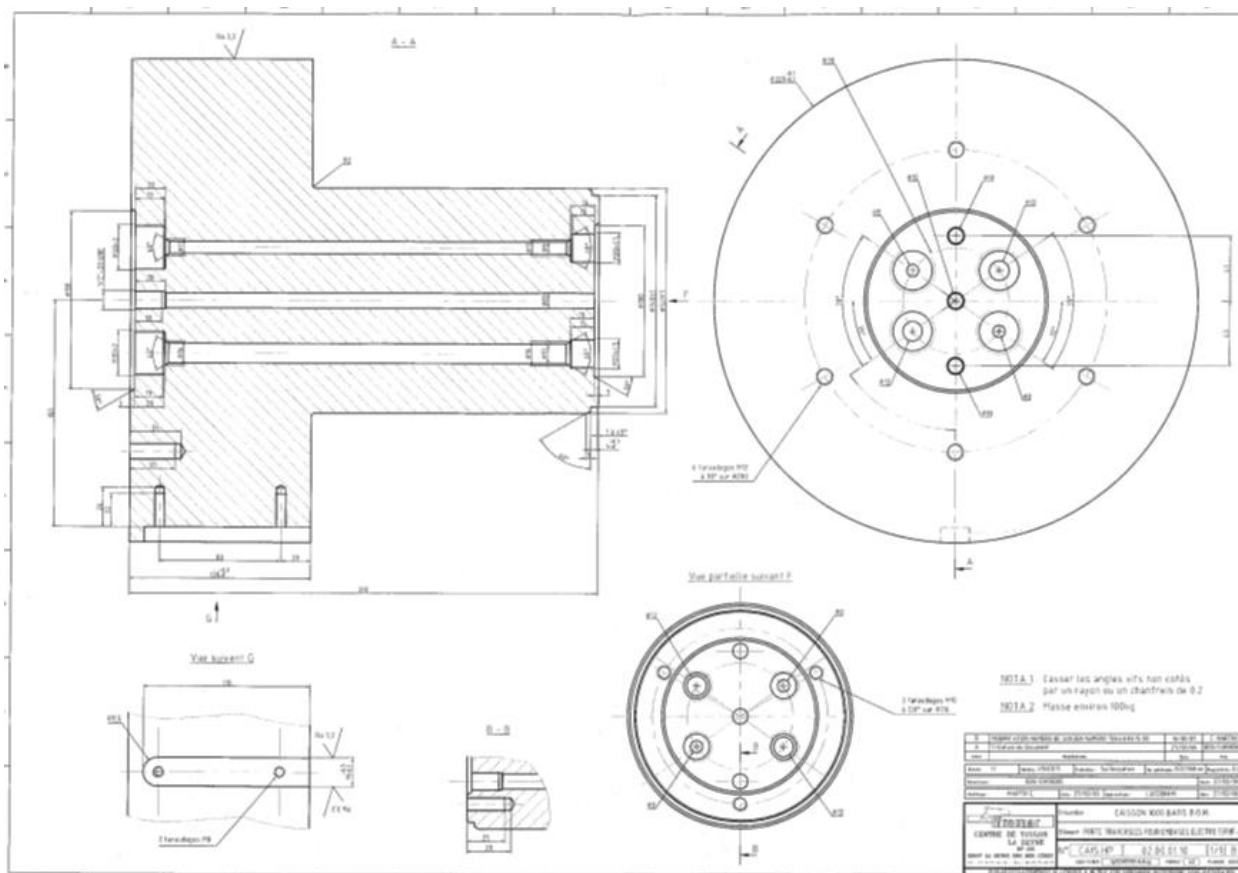
Un support métallique doit être utilisé pour que l'opérateur soit à une hauteur permettant une utilisation adéquate de l'installation. La hauteur du support sera à définir en fonction du type de caisson proposé et par rapport à sa hauteur de dépassement du plancher.

7. Annexes

7.1. Annexe 1 : Tape pleine.



7.2. Annexe 2 : Plan implantation.



7.3. Annexe 3 : Plan de la fosse.

Dimension de la fosse hyperbare

Hauteur 1 mètre 32, Longueur 0 mètre 90

Puisard

