

Conception et Fabrication du Cryostat de Purification des Mélanges Hydrogénés (CPMH) pour le CEA de Grenoble

Date : 15 Juillet 2026
Référence : DSBT-CDC-26-30-1.1
Issue - Révision : 1-1

Adresse : Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, centre de Grenoble
IRIG/DSBT - 17 rue des Martyrs - 38054 GRENOBLE CEDEX 9
Secrétariat : Tél. : 04.38.78.38.33
Votre correspondant : Tél. : 04.38.78.50.28 – email : julien.roussely@cea.fr

Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC)
R.C.S. PARIS B 775 685 019



  	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures	
	Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 2 / 21

Liste des Acronymes

CEA	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
CPMH	Cryostat de Purification des Mélanges Hydrogénés
DSBT	Département des Systèmes Basses Températures
IRIG	Institut de Recherche Interdisciplinaire de Grenoble
P&ID	Process and Instrumentation Diagram
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
LOFC	Liste de Ordinale de Fabrication et Contrôle
PV	Procès-Verbal
BPF	Bon Pour Fabrication
TQC	Tel Que Construit

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 3 / 21
---	--	--

CONTENU

1	DOCUMENTS ET FICHIERS APPLICABLES.....	4
2	INTRODUCTION	5
3	PRESENTATION DE L'EQUIPEMENT CPMH	6
3.1	Vue d'ensemble du cryostat CPMH.....	6
3.2	Présentation du cryostat et fonctionnalités principales	7
3.2.1	Structure du cryostat	7
3.2.2	Fonctionnalités principales	7
3.3	Description détaillée du cryostat.....	8
3.3.1	Enceinte à vide	8
3.3.2	Machine froide et raccordement de son circuit hélium.....	10
3.3.3	Ecran thermique	11
3.3.4	Thermalisation des fils reliés à l'instrumentation.....	12
3.3.5	Thermaliseur du premier étage	12
3.3.6	Circuit gaz « passage étanche raccord VCR » et Thermomètres « veines de gaz »	13
3.3.7	Cellule de condensation	14
3.4	Châssis soudé	16
4	PERIMETRE DES PRESTATIONS.....	17
4.1	Périmètre général de la prestation	17
4.2	Poste 0 : Réunion de démarrage.....	17
4.3	Poste 1 : Vérification des études CEA.....	17
4.4	Poste 2 : Revue de conception détaillée	18
4.5	Poste 3 : Plans d'ensemble et plan de détails.....	18
4.6	Poste 4 : Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle	19
4.7	Poste 5 : Fabrication.....	19
4.8	Poste 6 : Assemblage de l'équipement CPMH.....	19
4.9	Poste 7 : Essais dans les locaux du titulaire	20
4.10	Poste 8 : Essais sur site et réception finale	20
5	FOURNITURES CEA	20
6	CONTACTS	20
	ANNEXES	21
A1.	Annexe 1 – Tableau des cas de charge	21

	CEA - GRENOBLE	Département des Systèmes Basses Températures
	Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 4 / 21

1 DOCUMENTS ET FICHIERS APPLICABLES

Les **documents et fichiers applicables** suivant sont remis **sur demande** pendant la consultation : AD1, AD2, AD6, AD7, AD8 et AD11.

Les autres documents et fichiers applicables sont remis lors de la réalisation.

	<i>Titre</i>	<i>Référence</i>
AD1	Tableau des exigences	DSBT-CDC-26-78-1.0
AD2	Nomenclature	DSBT-LI-26-79-1.0
AD3	Plan Bloc thermométrique	S056-A-300
AD4	Plan des éprouvettes de conductivité thermique	S081 Eprouvette conductivité thermique
AD5	Plan des éprouvettes de conductivité thermique	S084 Eprouvette RRR
AD6	Plan implantation instrumentation	CPMH- INSTRUMENTATION
AD7	Fichiers CAO du cryostat CPMH	2026-01 CPMT
AD8	Dossier de spécification des flexibles He et des raccords associés du cryo réfrigérateur	2026_07_09_Specifications_flexibles_cryo-refrigerateur
AD9	Plan clapet de sécurité	2026-01-A-4 Soupape DN 40 collectée_IndA
AD10	Plan sapin 6 branches connecteurs Jaeger 12 pins	2020-05-A-4-3-2 Sapin Jaeger
AD11	Exigences pour la réalisation d'études sismiques pour les cryostats intégrés en INB	DSBT-CDC-26-87-1.0_etude_sismique_INB.docx

L'intégralité de ces documents doivent être impérativement respectés au titre des exigences attendues au titre du présent cahier des charges.

Les **exigences techniques** sont listées dans le **document applicable AD1**. Ce document classe les exigences dans 8 catégories :

- Projet,
- Planning,
- Dimensionnement,
- Conception,
- Fabrication,
- Assemblage,
- Essais,
- Transport.

Le document applicable AD1 fait référence pour la description des exigences de ce cahier des charges.

Le document applicable AD2 complète le document AD1 et détaille la structure du cryostat CPMH ainsi que les matériaux choisis pour la plupart des composants (complété le cas échéant par la CAO).

Les documents applicables AD1 et AD2 sont susceptibles d'évoluer au cours de l'avancée de la prestation, et un onglet « suivi des modifications » est intégré à chaque fichier.

Les suivis des tableaux des exigences techniques du document applicable AD1 et de la nomenclature du document applicable AD2 sont à la charge du titulaire.

  	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 5 / 21
---	--	--

2 INTRODUCTION

Le Département des Systèmes Basses Températures (DSBT) de l'Institut de Recherche Interdisciplinaire de Grenoble (IRIG) participe au sein du CEA au développement des technologies de fusion nucléaire en apportant son support dans le domaine des technologies cryogéniques.

A ce titre le CEA veut procéder à l'acquisition du cryostat CPMH. Ce dispositif cryogénique est conçu pour refroidir une cellule de condensation, elle-même destinée à épurer les polluants potentiels présents dans des mélanges à base d'hydrogène (et de ses isotopes) par l'intermédiaire d'une séparation de phase. Ces mélanges sont quant à eux destinés, à terme, à être utilisés comme combustible pour alimenter la réaction de fusion nucléaire.

Dans la suite de ce cahier des charges, le terme « **Titulaire** » fait référence au prestataire qui sera retenu par le CEA pour **la conception et pour la fabrication du cryostat CPMH**.

Ce Cahier des Charges est complété des fichiers et des documents listés dans le tableau du chapitre 1 Documents ET FICHIERS applicables.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 6 / 21
---	--	--

3 PRESENTATION DE L'EQUIPEMENT CPMH

Remarque préliminaire : toutes les vues figurant dans la présentation qui suit du cryostat CPMH sont données à titre informatif pour la compréhension globale du projet. Seule la CAO (document applicable AD7) ainsi que les autres documents applicables font référence pour la fourniture de l'offre puis la conception et la fabrication du cryostat CPMH par le titulaire.

3.1 VUE D'ENSEMBLE DU CRYOSTAT CPMH

La **Figure 1** présente une vue 3D du cryostat CPMH à fournir par le Titulaire :

- **L'ensemble à fournir** se compose d'un cryostat cubique avec façade avant amovible, monté sur un bâti de support,
- L'encombrement général de l'ensemble est d'environ 2 m de haut, pour 60 cm de profondeur et de largeur,
- En partie supérieure, le cryostat contient la tête du cryo-réfrigérateur et les principales interfaces fluidiques et électrique,
- En partie inférieure, le cryostat contient l'interface avec le système de pompage ainsi que la jauge à vide et une vanne de remise à la Pat de l'enceinte à vide,
- Sur le bâti de support sont montés les groupes de pompage primaire et secondaire.

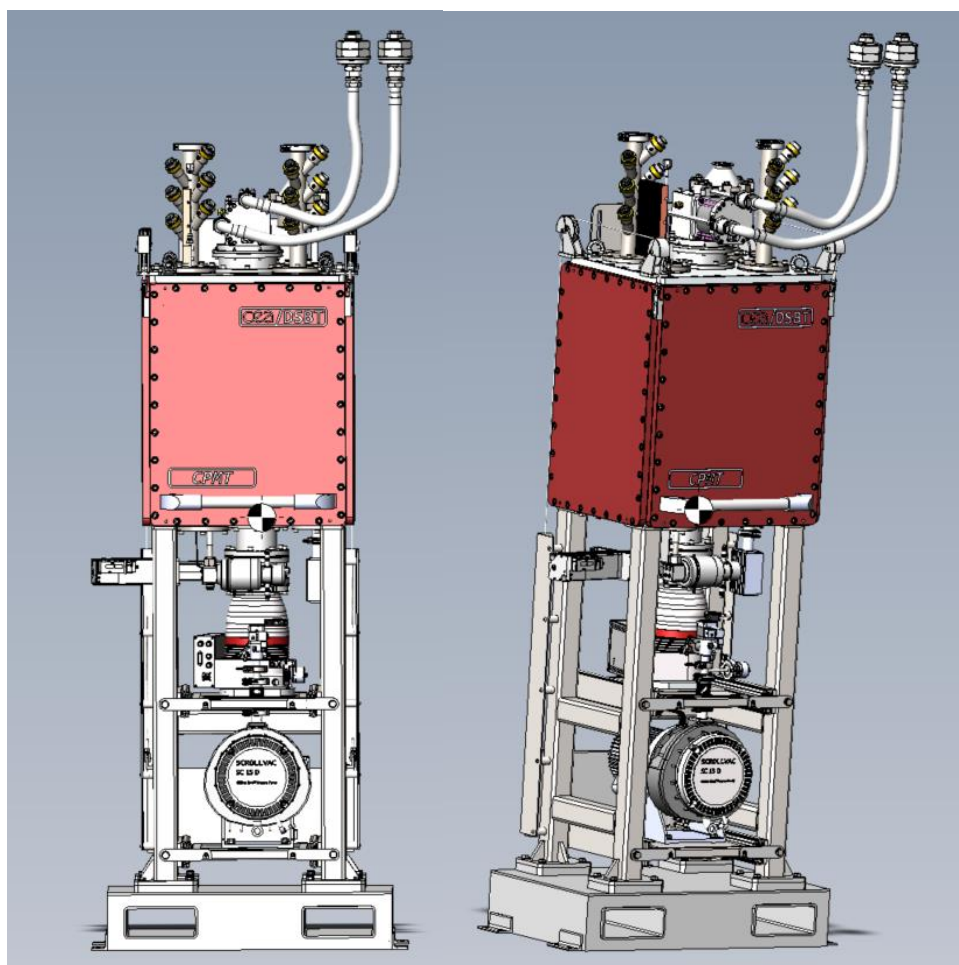


Figure 1: Vue de l'ensemble (cryostat, bâti de support et groupes de pompage)

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 7 / 21
---	--	--

3.2 PRESENTATION DU CRYOSTAT ET FONCTIONNALITES PRINCIPALES

3.2.1 Structure du cryostat

Une vue détaillée du cryostat en position ouverte est visible sur la

Figure 2. Le cryostat se compose principalement :

- D'une **enceinte à vide** parallélépipédique aux parois latérales et supérieure démontables (cadre en acier inoxydable, parois latérales en aluminium et platine supérieure en acier inoxydable),
- D'un **cryo-réfrigérateur** (fourniture CEA) permettant d'atteindre les températures cryogéniques, monté sur la platine supérieure,
- D'un **écran thermique** en cuivre parallélépipédique, aux parois démontables, fixé sur le premier étage du cryo-réfrigérateur,
- D'un échangeur « **thermaliseur** » monté sur le premier étage du cryo-réfrigérateur,
- D'un circuit gaz « **passage étanche avec raccord VCR** » (entrée-sortie gaz dans le cryostat),
- D'une **cellule de condensation** montée sur le second étage du cryo réfrigérateur,
- D'un **système de pompage** (non visible sous la Figure 2 mais situé sous l'enceinte à vide).

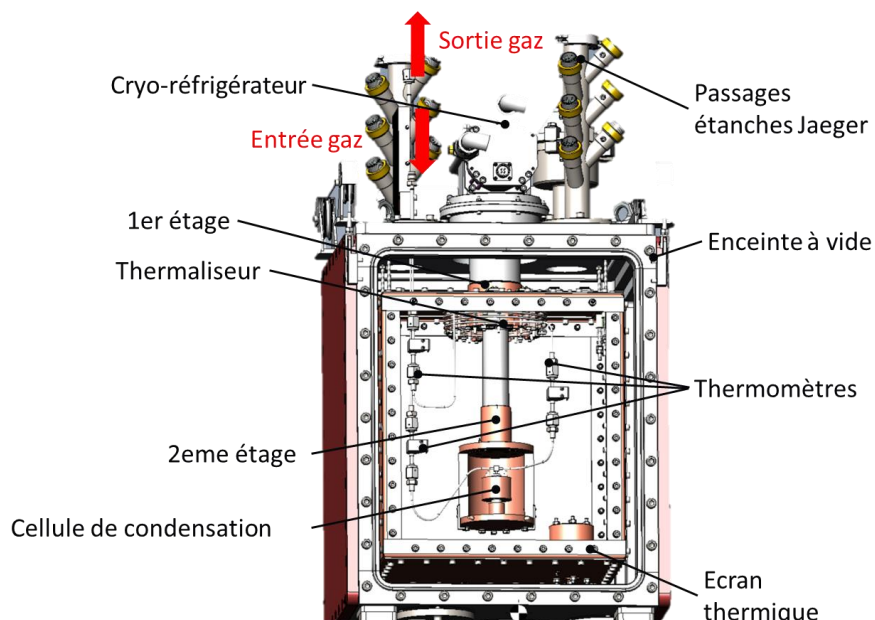


Figure 2 : Vue détaillée en position ouverte révélant l'intérieur du cryostat.

3.2.2 Fonctionnalités principales

- La 1^{ère} fonctionnalité du cryostat CPMH est d'amener un flux gazeux (constitué de dihydrogène) depuis le « passage étanche avec raccord VCR », en le refroidissant jusqu'à une température d'environ 30 Kelvins via le « thermaliseur », jusqu'à la cellule de condensation,
- La 2^{ème} fonctionnalité du cryostat CPMH est d'assurer le refroidissement de cette cellule de condensation jusqu'à une température comprise en 5 et 10 Kelvins environ,
- La 3^{ème} fonctionnalité du cryostat CPMH est de permettre un réchauffage progressif de l'inventaire de gaz piégé, puis liquéfié et solidifié, dans la cellule de condensation afin de le renvoyer vers des circuits extérieurs au cryostat à une température proche de l'ambient par l'intermédiaire du bloc réchauffeur du « passage étanche avec raccord VCR ».

La Figure 3 ci-dessous permet d'appréhender le fonctionnement détaillé ci-dessus.

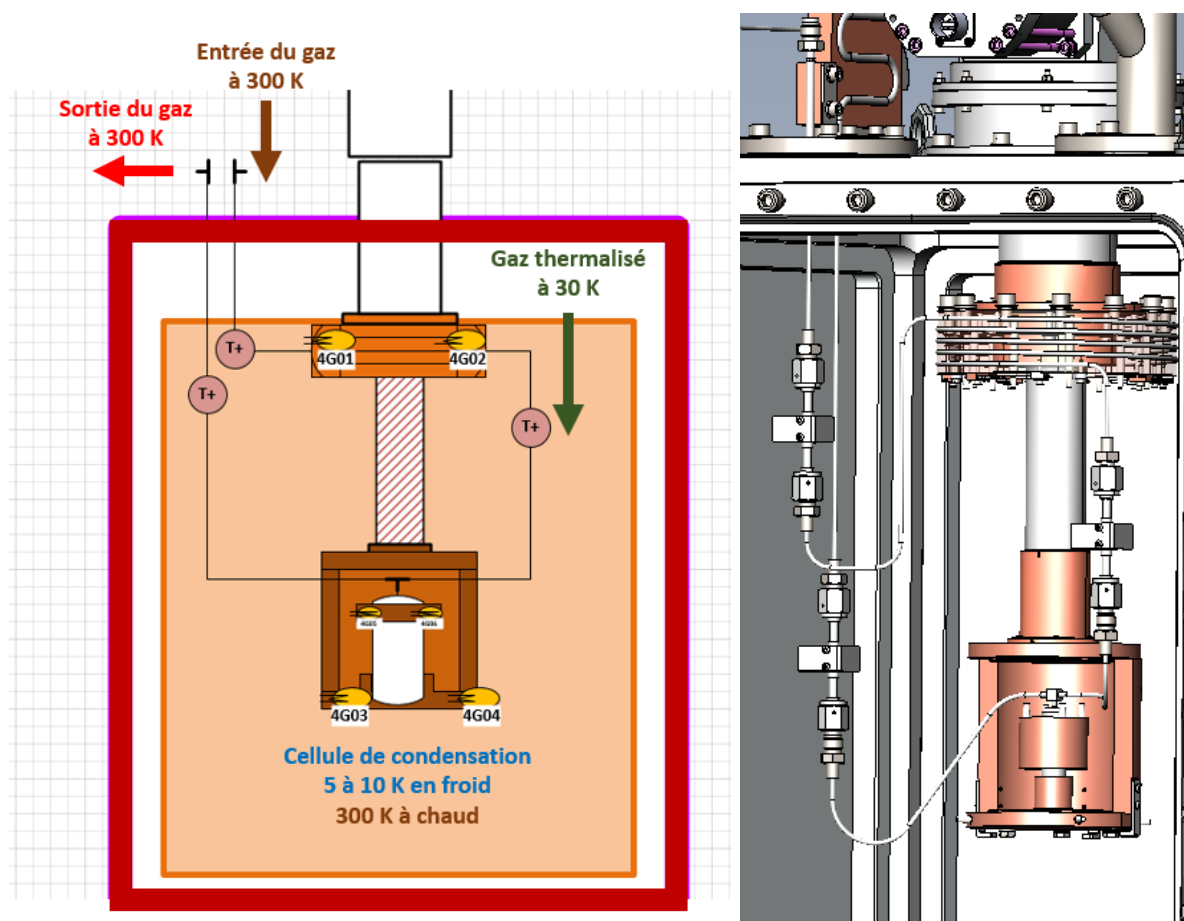


Figure 3 : synoptique de fonctionnement

3.3 DESCRIPTION DETAILLE DU CRYOSTAT

3.3.1 Enceinte à vide

Le cadre structurant de l'**enceinte à vide** est parallélépipédique rectangle en acier inoxydable (dont le grade est précisé dans le doc AD2) mécano-soudé, avec une face inférieure pleine fixe (cf. **Figure 4**).

Le cadre est constitué de 6 éléments (un cadre supérieur horizontal, une face inférieure pleine et 4 montants verticaux). L'assemblage peut être, par exemple, réalisé par goupillage puis soudures TIG.

Les usinages sur la plaque inférieure, notamment les trous taraudés non-débouchants seront effectués avant la soudure des montants verticaux. Le cadre ainsi assemblé est ensuite repris en usinage pour réaliser les taraudages.

Un traitement thermique de « détensionnement », ou équivalent, du cadre mécano-soudé avant sa reprise en usinage est indispensable et est exigé (voir notamment l'exigence de fabrication n°22 dans l'onglet dédié du document AD1).

La face inférieure est percée de quatre accès permettant l'installation du groupe de pompage secondaire (composé d'une vanne à tiroir et d'une pompe turbo-moléculaire, tous les deux de fournitures CEA) via un port de type ISO-KF DN100, de la jauge à vide, de la vanne de la remise à pression atmosphérique et d'un emplacement supplémentaire.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 9 / 21
---	--	--

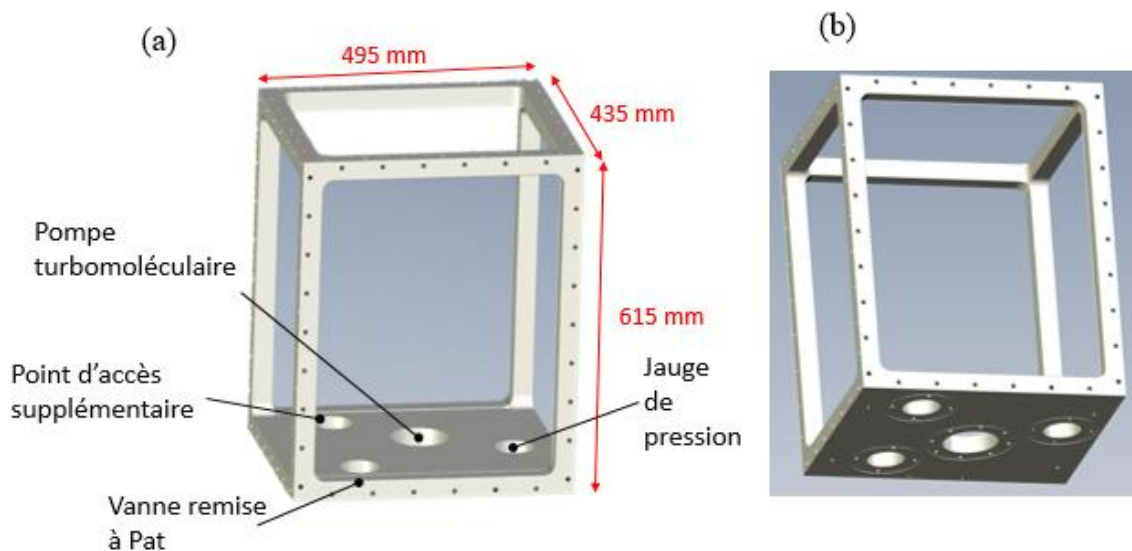


Figure 4 : Cadre de l'enceinte à vide. (a) vue plongeante (b) vue contre-plongée

La partie supérieure du cadre reçoit un panneau en acier inoxydable démontable (cf. **Figure 5**) qui accueillera et supportera le cryo-réfrigérateur (fourniture CEA), les entrée-sortie gaz (la sortie gaz est équipée d'un « radiateur à ailettes » en cuivre) et un clapet de sécurité (voir plan CEA du document AD9). Ce panneau accueille aussi 2 piquages sur lesquels sont soudé des supports de connecteurs 6 branches qui permettent de mettre en place les raccords électriques (de type Jaeger / fournisseur Hummel) étanches destinés au passage des fils de l'instrumentation interne au cryostat (communément nommé « sapins » : voir plan CEA du document AD10).

La face intérieure du panneau est pourvue d'une gorge de joint trapézoïdale avec un Ra de 0.8. Quatre taraudages non-débouchants M6 permettront de suspendre des tirants sur la face intérieure.

Un système de poulie-contrepoids, destiné à escamoter la face avant du cryostat, est aussi installé sur ce panneau supérieur, qui accueille enfin 4 anneaux de levage situés à chaque angle du cryostat.

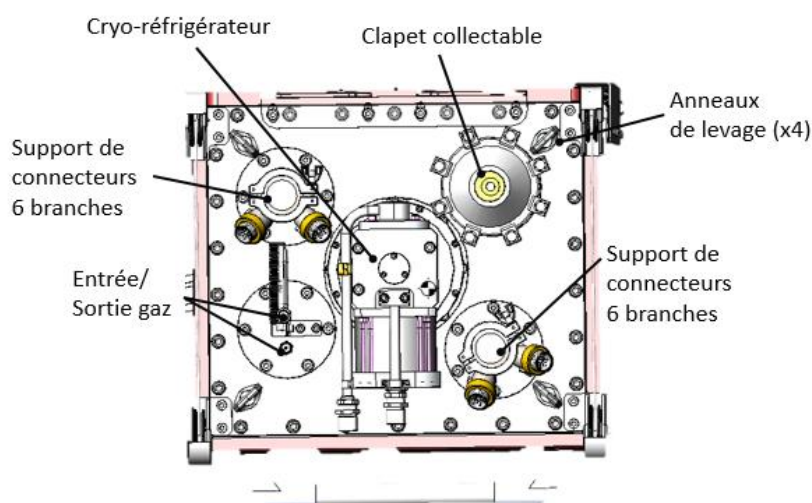


Figure 5 : Panneau supérieur démontable monté sur la partie supérieure du cadre.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 10 / 21
---	---	---

Les quatre faces latérales reçoivent des plaques en aluminium (dont le grade est spécifié dans le document AD2) épaulées permettant la tenue au vide (Figure 6). Les plaques latérales seront anodisées sur la partie extérieure (la couleur sera précisée par le CEA lors de la revue de conception), **l'usinage de la face intérieure sera fait après anodisation**, tout comme les gravures qui seront précisées par le CEA lors de la revue de conception. Le choix définitif de la couleur se fera en concertation avec la société effectuant l'anodisation, et nécessitera l'accord du CEA. Les gorges de joint seront trapézoïdales avec un Ra de 0.8.

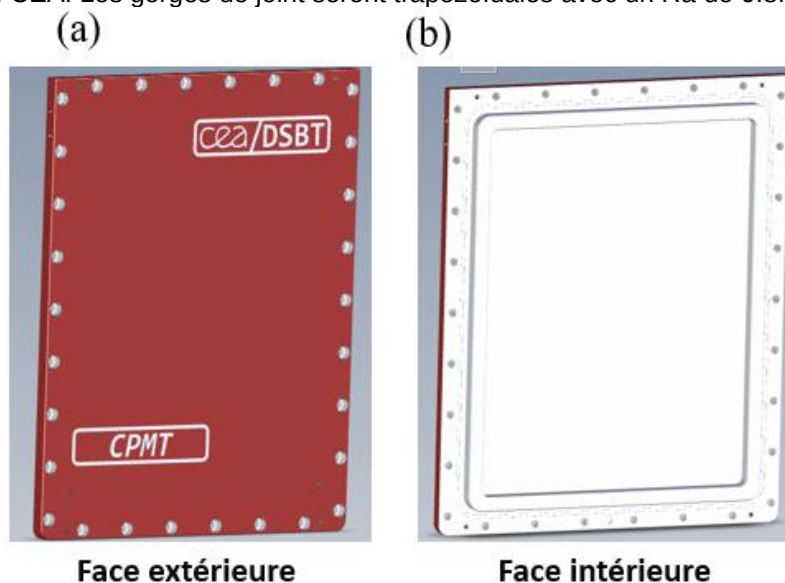


Figure 6 : Face intérieure et extérieure d'un des panneaux latéraux de l'enceinte à vide. L'usinage de la face intérieure sera fait après l'anodisation.

3.3.2 Machine froide et raccordement de son circuit hélium

La machine froide (le cryo réfrigérateur) est **de fourniture CEA et sera installé conjointement par celui-ci et le titulaire lors de l'assemblage du cryostat.**

Le titulaire a cependant en charge la conception et la fabrication (voir notamment les exigences de conception 16 et fabrication 23), **à réaliser** selon spécifications décrites dans le document AD8, **des flexibles et des raccords associés permettant d'alimenter la machine froide en hélium (voir Figure 7 ci-dessous) depuis un compresseur de fourniture CEA.**

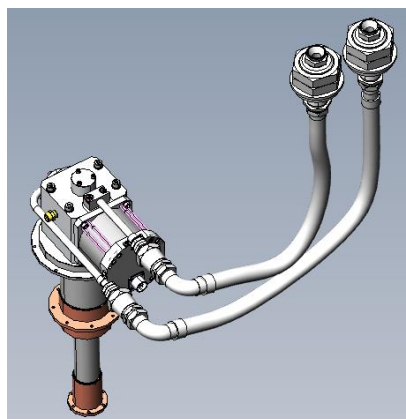


Figure 7 : cryo réfrigérateur équipé de ses flexibles et raccords d'alimentation en hélium

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 11 / 21
---	--	---

3.3.3 Ecran thermique

L'**écran thermique**, visible sur la **Figure 8**, en cuivre (dont le grade est spécifié dans le document AD2) est constitué d'un cadre en cornières recevant les écrous prisonniers et des plaques cuivre latérales amovibles. Les panneaux du fond, inférieurs et latéraux sont équipés de supports thermométriques. Le panneau inférieur est équipé d'un baffle de pompage permettant de faciliter le pompage du système.

L'écran cuivre est connecté sur le premier étage du pulse-tube par l'intermédiaire du panneau supérieur. Le poids de l'ensemble pouvant être trop important pour les capacités de support du cryo-réfrigérateur, 4 tirants équipés de ressorts viendront reprendre une partie de la charge.

Un **traitement de la surface des écrans de type « dorure »** est prévu sur les faces tournées vers l'enceinte à vide pour limiter au mieux l'absorption du rayonnement thermique ambiant. **Le procédé de dépôt et le sous-traitant retenu par le CEA pour cette réalisation sera communiqué au titulaire.**

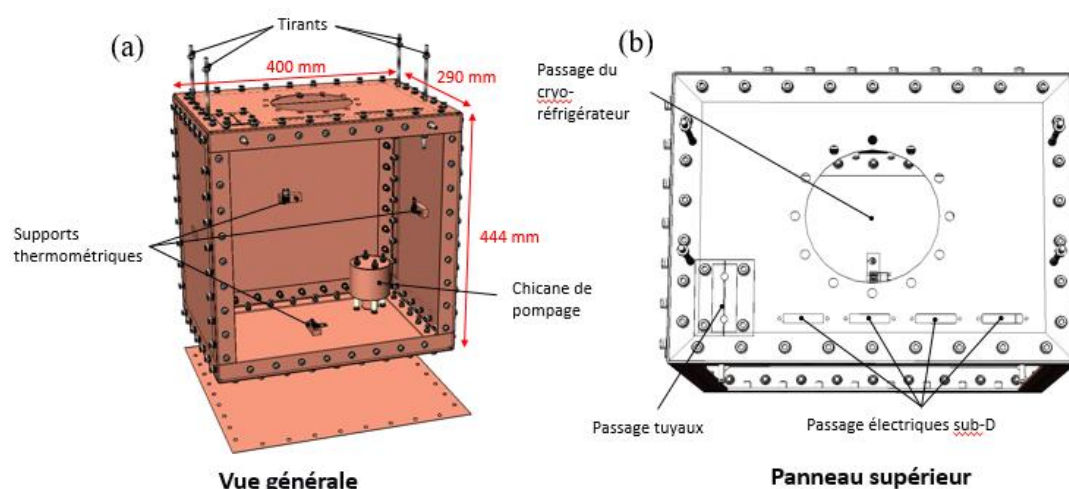


Figure 8 : (a) Vue générale de l'écran thermique en cuivre avec le panneau avant en position ouverte. (b) Le panneau supérieur a 4 passages électriques pour des connecteurs sub-D et un passage pour la tuyauterie gaz.

L'**écran thermique** est constitué en **face avant de 2 écrans amovibles équipés de poignées** de manière à faciliter le démontage et l'accès à la cellule de condensation (voir Figure 9 ci-dessous).

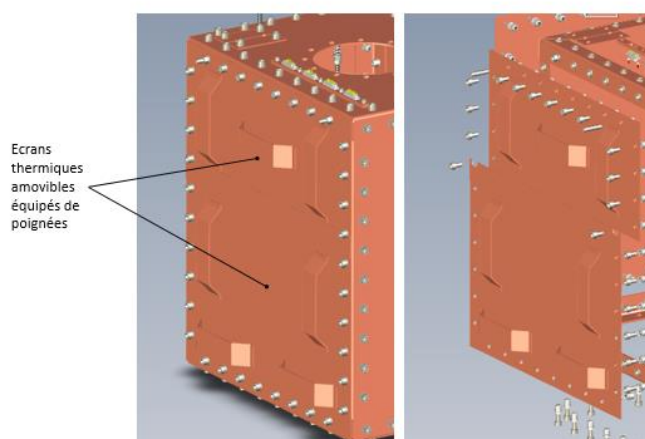


Figure 9 : écrans thermiques amovibles équipés de poignées

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 12 / 21
---	--	---

3.3.4 Thermalisation des fils reliés à l'instrumentation

Deux types de **blocs de thermalisation** des fils (reliés aux thermomètres et aux chauffages disposés sur les parties refroidies du cryostat) sont installés sur les écrans thermiques et le thermaliseur. Le plan des pièces de type 2 est disponible dans le document AD3.

Elles devront être fabriquées en cuivre dont le grade est spécifié dans le document AD2.

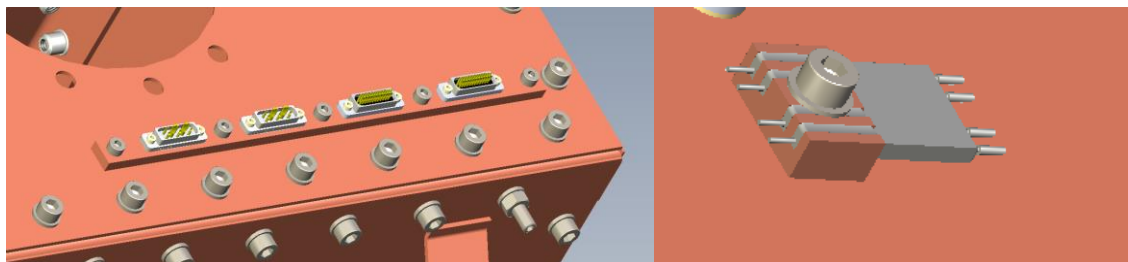


Figure 10 : blocs de thermalisation de type 1 (à gauche) et 2 (à droite)

3.3.5 Thermaliseur du premier étage

Le premier étage du cryo-réfrigérateur recevra un « **thermaliseur** » permettant de pré refroidir le gaz en circulation dans le cryostat. La partie inférieure du thermaliseur comporte 4 points de montage de thermomètres, ainsi que 10 alésages permettant de monter des cartouches chauffantes. Le thermaliseur est constitué d'un serpentín en inox de diamètre extérieur 1/8 po terminé par des raccords VCR, brasé sur un support en cuivre (grade spécifié dans document AD2).

Ces éléments pourront être brasés argent au four sous vide. Le circuit gaz doit être hermétique par rapport au vide d'isolement du cryostat (voir notamment la spécification de fabrication n°21 dans l'onglet dédié du document AD1)

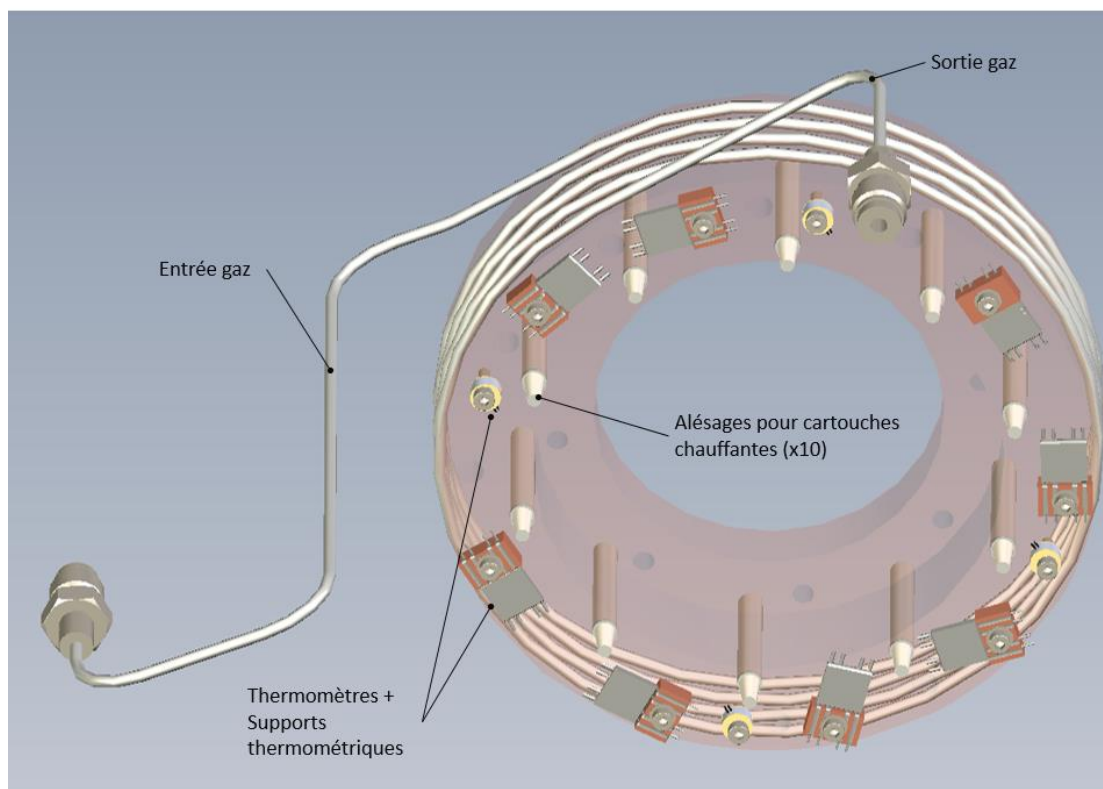


Figure 11 : Thermaliseur du premier étage.

	CEA - GRENOBLE Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	Département des Systèmes Basses Températures 15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 13 / 21
---	---	---

3.3.6 Circuit gaz « passage étanche raccord VCR » et Thermomètres « veines de gaz »

Un **circuit gaz** nommé « **passage étanche raccord VCR** » permet l'injection et le soutirage du gaz qui va passer dans l'échangeur « thermaliseur » puis être traité dans la cellule de condensation. Le circuit qui permet de soutirer le gaz est équipé d'un **bloc réchauffeur** qui permet de réchauffer le gaz si nécessaire après sa sortie du cryostat.

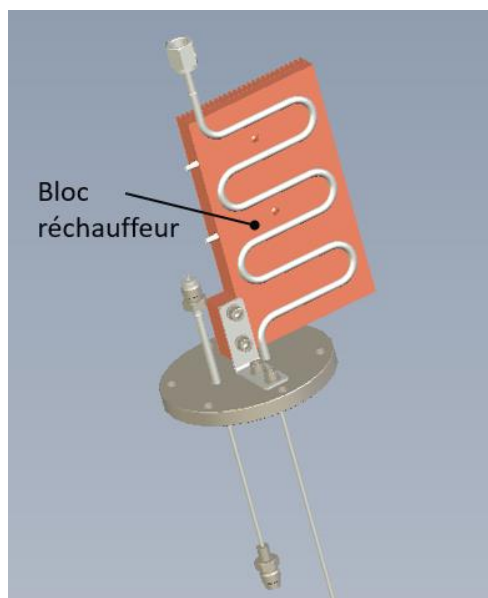


Figure 12 : passage étanche raccord VCR avec bloc réchauffeur

Les **mesures de températures du gaz** qui circule dans les tuyauteries sont réalisées à l'aide de dispositifs développés par le CEA. La conception de ce **thermomètre** permet une mesure de température la plus représentative possible de celle du fluide. Pour cela une sonde de type Cernox Cu (fourniture CEA) est vissée sur une pièce « doigt de gant » qui assure à la fois un contact thermique privilégié avec le fluide et à la fois l'étanchéité entre ce dernier et le corps du thermomètre.

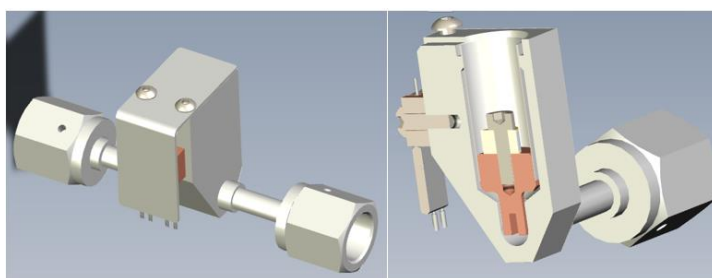


Figure 13 : thermomètre veine de gaz

Le titulaire devra faire évoluer la conception de ces thermomètres selon le point suivant (repris notamment dans l'exigence de conception n°15 du document AD1) :

- Changement du matériau de la pièce 2026-01-F-1-3 : passage du cuivre à l'inox 316L

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 14 / 21
---	---	---

3.3.7 Cellule de condensation

La **cellule de condensation**, reliée au 2nd étage du cryo réfrigérateur, permet d'atteindre des températures (typiquement entre 5 et 10 Kelvins) auxquelles les mélanges de dihydrogène injectés initialement sous forme gazeuse se condensent et se solidifient. D'autres composés présents dans le mélange restent quant à eux sous forme gazeuse, ce qui permet de les soutirer du mélange initialement injecté par l'intermédiaire d'un pompage.

Cette cellule est constituée d'un réservoir en acier inoxydable (dont le grade est indiqué dans le document AD2) auquel sont brasées des pièces en cuivre (grade précisé dans le document AD2) qui assurent le lien thermique avec :

- Le cryo-réfrigérateur en partie basse du réservoir,
- Un système de chauffage en partie haute du réservoir.

Le refroidissement de la cellule est assuré par son pied de manière à initier la condensation et la solidification des mélanges de dihydrogène dans cette zone. Le système de chauffage positionné en partie supérieure permet d'éviter une condensation solide qui boucherait l'alimentation de la cellule lors de son remplissage. Des cartouches chauffantes sont aussi positionnées dans le socle de thermalisation de la cellule pour permettre le réchauffage progressif du mélange solidifié jusqu'à un état gazeux.

La conception de cette cellule de condensation a été faite de manière à faciliter l'interchangeabilité entre les **2 cellules à fournir par le titulaire dans le cadre de ce marché**. Ces 2 cellules correspondent à 2 volumes différents de réservoirs : 10 cm³ et 30 cm³ (voir Figure 14 ci-après). Ces réservoirs sont à concevoir et fabriquer en acier inoxydable dont le grade est indiqué dans le document AD2.

L'interchangeabilité est facilitée par la présence des équerres qui permettent de guider et de maintenir la pièce de thermalisation située en partie basse du réservoir lors des opérations de montage et démontage (voir

Figure 15). Il est néanmoins demandé au titulaire d'améliorer cette conception en proposant une conception qui permette de garantir l'alignement des trous de vis de la pièce 2026-01-C-5<3 avec leur alésage en attente dans la pièce 2026-01-C-2<2.

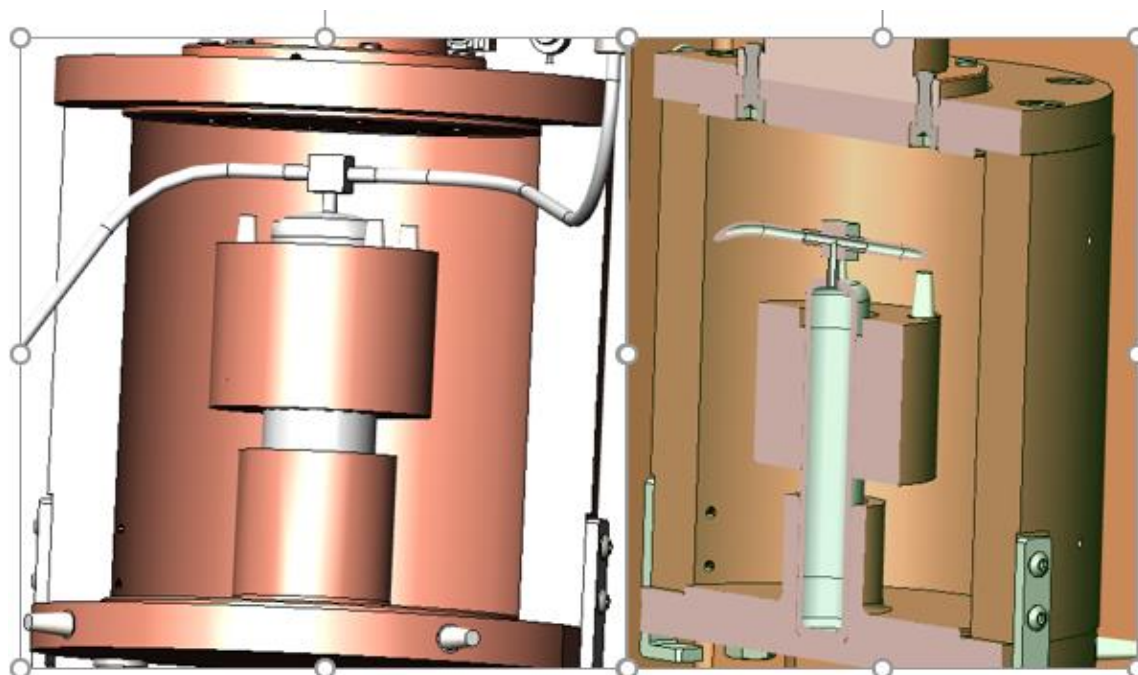


Figure 14 : Cellule de condensation de 30 cm³ avec ses pièces de thermalisation et vue en coupe de la cellule de 10 cm³

	CEA - GRENOBLE Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	Département des Systèmes Basses Températures 15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 15 / 21
---	--	---

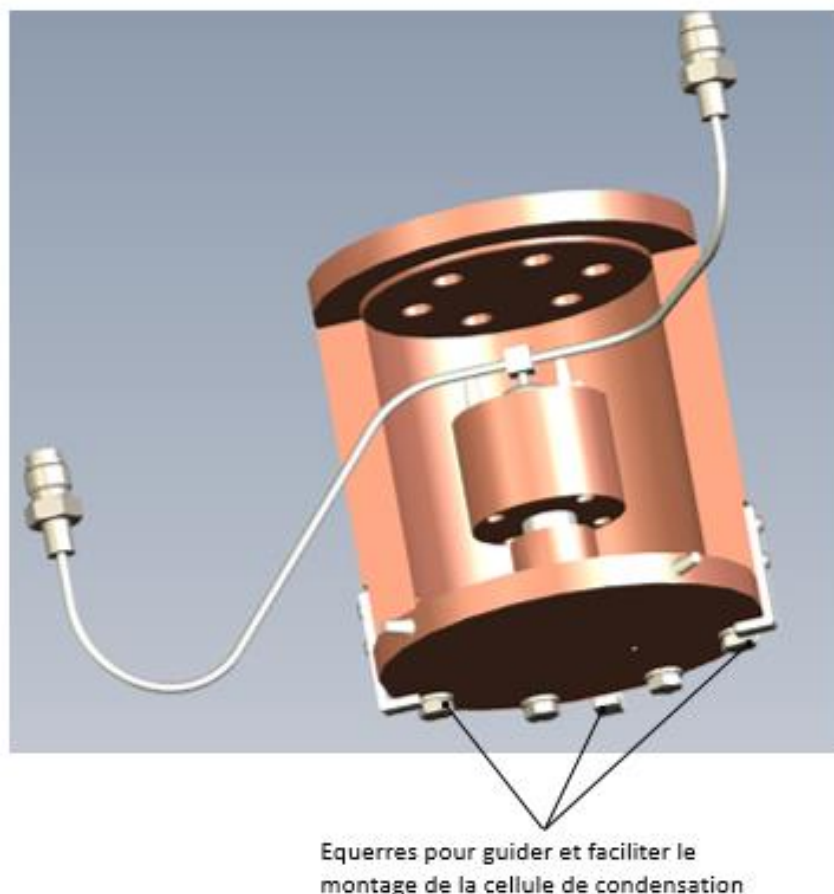


Figure 15 : guidage et supportage des cellules de condensation

La conception et la fabrication de ces 2 cellules de condensation est un point essentiel du projet et fait notamment l'objet d'exigences de dimensionnement (n°3), de conception (n°11, 12, 13 et 17), de fabrication (n°24), d'essai (n°5 et 6) et de suivi de projet (n°4) spécifiquement décrits dans le document AD1 auxquels le titulaire doit prêter la plus grande attention.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 16 / 21
---	--	---

3.4 CHASSIS SOUDE

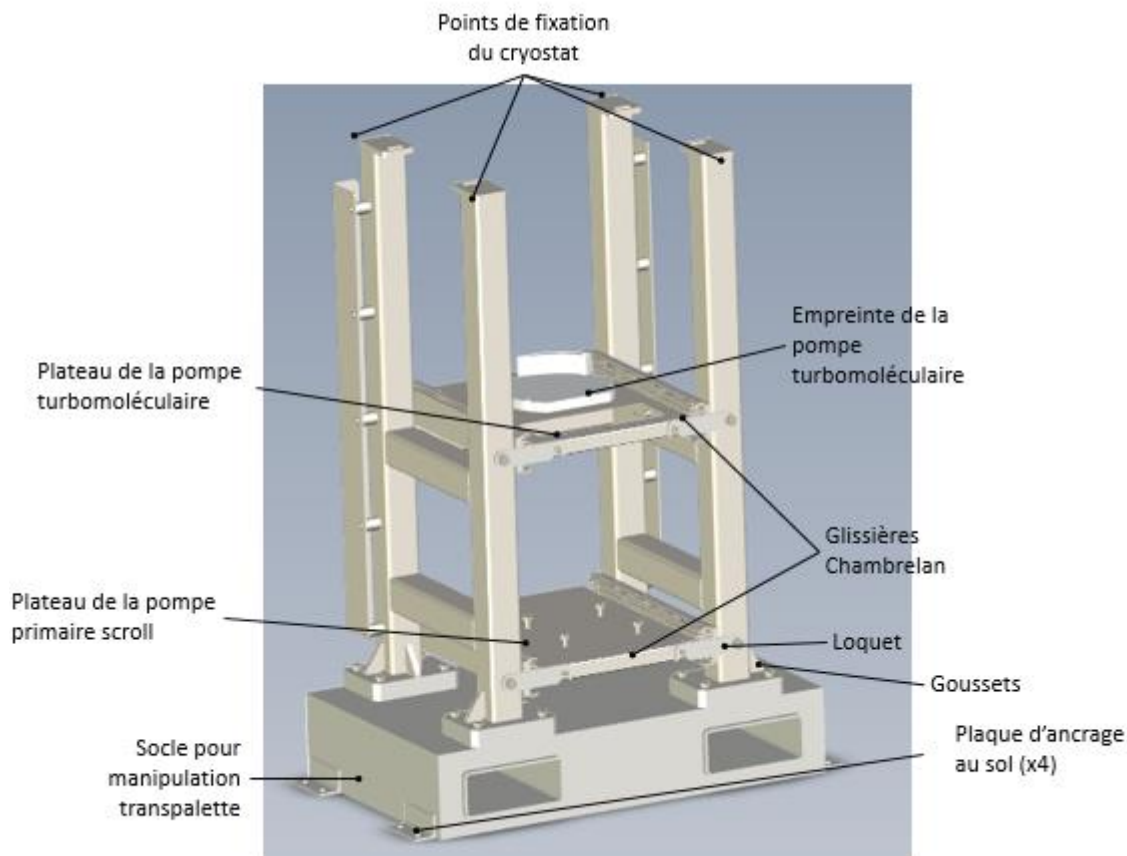


Figure 16 : Châssis soudé sur lequel sera installé le cryostat. Le châssis comporte deux plateaux coulissants permettant l'installation et l'extraction des groupes de pompage.

Le **châssis du cryostat** a pour fonction de supporter l'enceinte à vide du cryostat, d'ancrer au sol l'ensemble et de permettre l'intégration du système de pompage avec un encombrement minimal. Le châssis est réalisé à partir de profilés aciers mécano-soudés. Les plaques d'ancrage sur le socle seront équipées de goussets pour plus de rigidité de la structure (le dimensionnement sera vérifié dans le Poste 1 de la prestation). Le châssis est équipé de deux plateaux coulissants (de type glissières « Chambrelan » ou équivalent) permettant une installation et une extraction aisée des systèmes de pompage. Les plateaux sont bloqués dans leur mouvement par des loquets de sécurité. Une empreinte sera réalisée pour positionner précisément la pompe turbo moléculaire, alors que la pompe primaire sera fixée sur le plateau au moyen de quatre perçages.

Le **titulaire aura la charge d'étudier et de réaliser** un dispositif permettant **d'éviter à la face avant de l'enceinte à vide de « ramponner » sur les loquets lors de sa manipulation** en montée/descente. Pour cela des patins peuvent par exemple être simplement installés sur le châssis (voir notamment l'exigence de conception n°13 du document AD1)

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 17 / 21
---	--	---

4 PERIMETRE DES PRESTATIONS

Pour effectuer le chiffrage puis la réalisation des prestations, le Titulaire devra s'appuyer sur le présent Cahier des Charges et sur les documents et fichiers applicables. Les fichiers CAO du cryostat CPMH fournis lors de la consultation sont au format SOLIDWORKS 2025.

4.1 PERIMETRE GENERAL DE LA PRESTATION

Le Titulaire aura à charge l'ensemble des postes **principaux** suivants, correspondant à différentes phases du projet de conception et de fabrication du cryostat CPMH :

- La **vérification de la conception** du cryostat CPMH,
- La **revue de conception** du cryostat CPMH à partir de l'étude CAO sous SOLIDWORKS 2025 fournie par le CEA et des points listés au poste 1,
- La fourniture de l'ensemble **des plans d'ensemble et de détails** nécessaires à la fabrication et à l'assemblage des cryostats,
- La **Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle (LOFC)**,
- La **fabrication, le contrôle et l'assemblage de tous les équipements** qui constituent le cryostat CPMH, c'est-à-dire le cryostat installé sur son châssis,
- **Les essais sur le site du titulaire et la signature du PV « Contrôle sur le lieu de fabrication** (voir l'article correspondant du marché),
- La **livraison** et les **essais sur site du CEA**,
- La **réception sur le site du CEA** (voir l'article correspondant du marché).

Aucune prestation de câblage n'est demandée en ce qui concerne les **parties internes du cryostat**.

Les **délais souhaités par le CEA pour la réalisation des différentes phases**, décrites dans les chapitres qui suivent, sont indiqués dans l'onglet planning du document applicable AD1.

Les **livrables associés à chaque phase du projet sont à la charge du titulaire et sont précisés dans les chapitres qui suivent. Ils doivent faire l'objet d'une approbation du CEA pour l'enclenchement de la phase suivante.**

Le document applicable AD1 synthétise l'ensemble des livrables dus par le titulaire au CEA avec, le cas échéant, mention **des délais accordés pour la prise en compte des remarques CEA**.

4.2 POSTE 0 : REUNION DE DEMARRAGE

Une **réunion de démarrage en présentiel** sera organisée, à l'initiative du CEA, dans un délai de 2 semaines maximum après la notification du marché.

Le titulaire sera convié dans les locaux du CEA Grenoble pour la tenue de cette réunion au cours de laquelle seront abordés les points **principaux** suivants :

- Revue du cahier des charges et de l'offre du titulaire,
- Revue des documents et fichiers applicables,
- Gestion du projet et planning,

Le **livrable** de ce poste 0 est un **rapport** qui synthétise l'ensemble de points abordés et des décisions prises au cours de la réunion. Ce rapport devra être validé par le CEA.

4.3 POSTE 1 : VERIFICATION DES ETUDES CEA

Le titulaire a la charge de vérifier le dimensionnement mécanique des éléments constitutifs du cryostat CPMH vis-à-vis des pressions, des températures et des masses en fonctionnement, tel que détaillés en Annexe 1 – Tableau des cas de charge et repris dans le document applicable AD1. Le document AD11 décrit en détail les attendus pour la partie de l'étude dédiée à la vérification sismique.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 18 / 21
---	--	---

Le titulaire devra pour cela réaliser une note de calcul pour vérifier la conception CEA du cryostat CPMH, vis-à-vis des cas de charges spécifiés, avant sa fabrication.

Si le titulaire ne valide pas la conception CEA, il procédera à de nouvelles études de conception pour garantir la tenue du cryostat CPMH aux cas de charges spécifiés.

Ces nouvelles études, à réaliser dans un délai de 4 semaines maximum, feront l'objet de complément(s) à apporter à l'offre initiale du titulaire et au planning initial.

Les **livrables** de ce poste 1 sont :

- La **note de calcul** décrite ci-dessus,
- Complété le cas échéant d'un **rapport décrivant les modifications** entre la conception CEA et celle retenue pour la fabrication du cryostat CPMH par le titulaire.

Ces 2 documents **devront être validés par le CEA**. Le titulaire devra ensuite réaliser **une revue de conception** à l'issue du poste 1.

4.4 POSTE 2 : REVUE DE CONCEPTION DETAILLEE

L'objet de ce poste est la réalisation d'une **revue de conception**. Cette revue de conception intervient obligatoirement à l'issue des livrables du poste 1 réceptionnés par le CEA.

Les **livrables** de ce poste 2 sont :

- Un **rapport de synthèse**,
- La **CAO mise à jour** au format SOLIDWORKS 2025,
- Une **nomenclature** de la solution proposée (intégrant ; nom, numéro de pièce, matière et quantité),
- Le **tableau des exigences AD1** complété et les **éventuelles déviations**.

Le CEA devra valider le rapport issu de cette revue ainsi que la CAO mise à jour avant la production des plans de détails. Le CEA validera aussi les matériaux sélectionnés pour la fabrication lors de cette étape (avant commande et accompagnés d'un certificat matière type 3.1).

4.5 POSTE 3 : PLANS D'ENSEMBLE ET PLAN DE DETAILS

Le titulaire devra fournir l'ensemble des plans d'ensemble et des plans de détails nécessaires à la fabrication et à l'assemblage du cryostat CPMH. La cotation fonctionnelle, les ajustements et les chaînes de cotes devront être détaillés dans un rapport rattaché au dossier de plans.

La numérotation des ensembles, sous-ensembles et plans de détails devra suivre la numérotation CEA telle que définie dans la CAO SOLIDWORKS fournie au titulaire.

Le dossier de plans de détails « Valable pour fabrication » fera l'objet d'un point d'arrêt et d'une approbation par le CEA.

A cette fin, le titulaire fournira au CEA un exemplaire provisoire du dossier de plans sous forme d'une liasse papier (format réel) et via un serveur FTP contenant d'une part, les fichiers PDF des plans et d'autre part, l'intégralité de l'étude corrigée au format SOLIDWORKS 2025 (assemblages, pièce et mises en plan).

Le CEA procédera à une relecture de l'ensemble des dossiers de plans afin de pouvoir notamment en prendre connaissance.

Cette prise de connaissance ne constitue pas une validation du CEA.

Les éventuelles modifications issues de cette relecture sont comprises dans le coût global du projet, à l'exception de demandes CEA spécifiques de modifications.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 19 / 21
---	--	---

Elles seront intégrées au dossier pour une nouvelle soumission au CEA.

La relecture ne représente pas une prise de responsabilité du CEA quant aux erreurs de cotation éventuelles pouvant apparaître lors de la fabrication et/ou du montage.

Dans le cas où des erreurs de cotation seraient constatées, le titulaire reste responsable de l'actualisation des plans concernés et de la rectification des pièces fabriquées.

A l'issue de la fabrication, du montage et des tests demandés par le CEA, le titulaire remettra au CEA un dossier de plans « Tel Que Construit » (TQC) compris dans le chiffrage de son offre.

Le dossier de plans comprendra :

- 2 exemplaires des plans papier avec, portée sur chaque plan, la mention « Bon Pour Fabrication » (BPF) et « Tel Que Construit » (TQC),
- 2 exemplaires des plans papier BPF et TQC au format réduit A3 et présentés classés dans deux classeurs,
- Une transmission via un serveur FTP contenant tous les fichiers (pièces, assemblages, plans) au format SOLIDWORKS 2025 ainsi que les plans de détails et d'ensemble BPF et TQC au format PDF ainsi qu'au format SOLIDWORKS (SLDDRW).

A la fin de ce poste 3, chaque lien entre les fichiers « Mise en plan » et leurs fichiers sources « pièces » ou « assemblage », ainsi que les liens entre les fichiers « assemblage » et leurs fichiers sources « pièces » devront être vérifiés par le Titulaire.

L'ensemble du dossier devra être purgé des fichiers inutiles.

4.6 POSTE 4 : LISTE DES OPERATIONS DE FABRICATION ET DE CONTROLE

Le titulaire aura la charge de rédiger la **Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle (LOFC)**.

Le **livrable** de ce poste est la **LOFC** qui devra être **validé par le CEA**.

4.7 POSTE 5 : FABRICATION

Le titulaire devra **fabriquer et fournir tous les éléments** décrits dans le chapitre 3, complété le cas échéant d'éléments présent dans la CAO et à l'exclusion des éléments fournis par le CEA (voir document applicable AD2), suivant les exigences du document applicable AD1.

Les **livrables** de ce poste sont :

- La **fabrication ou l'approvisionnement** (pour les équipements issus du commerce) **et le contrôle, à minima géométrique**, de tous les éléments du cryostat CPMH. **Le CEA se rendra dans les locaux du titulaire** (ou de ses sous-traitants) pour **inspecter** les différents éléments pendant ou à l'issue de leur fabrication (ou de leur approvisionnement).
- La **fourniture d'éprouvettes** issues des lots de cuivre utilisés pour la fabrication des éléments de la cellule de condensation (pièces de support/thermalisation) pour contrôle par le CEA des propriétés thermiques. Le CEA fournira les plans de détails de ces éprouvettes (cylindres de 50 à 200mm de longueur pour un diamètre de 1.5 à 5mm : voir documents AD4 et AD5).

4.8 POSTE 6 : ASSEMBLAGE DE L'EQUIPEMENT CPMH

Le titulaire devra réaliser l'**assemblage de tous les éléments composant le cryostat CPMH** tel que spécifié dans l'onglet dédié du document applicable AD1.

Des éléments à monter sur le cryostat seront fournis par le CEA. Leur liste est disponible dans l'onglet dédié du document applicable AD2. Leur livraison au titulaire sera assurée par le CEA.

	CEA - GRENOBLE	Département des Systèmes Basses Températures
	Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 20 / 21

Le **livrable** de ce poste est un rapport décrivant **la procédure d'assemblage réalisée**. Ce livrable **devra être validé par le CEA**.

4.9 POSTE 7 : ESSAIS DANS LES LOCAUX DU TITULAIRE

Les essais du cryostat CPMH à réaliser par **le titulaire dans ses locaux**, après la réalisation de l'assemblage, sont détaillés dans le document applicable AD1.

Le **livrable** de ce poste est le **rapport des essais qui devra être validé par le CEA**.

4.10 POSTE 8 : ESSAIS SUR SITE ET RECEPTION FINALE

Les essais du cryostat CPMH à réaliser par le titulaire **dans les locaux du CEA** après livraison et remontage sont détaillés dans le document applicable AD1. Les **livrables** de ce poste, qui **devront être validés par le CEA**, sont :

- Le **rapport des essais finaux réalisés au CEA**,
- Le **Dossier Constructeur**.

5 FOURNITURES CEA

L'ensemble des fournitures CEA, que ce soit en termes de référence de matériel à approvisionner, de matériel fourni ou de plans de pièces à fabriquer, est détaillé dans le document applicable AD2 dans des onglets dédiés.

6 CONTACTS

Les interlocuteurs du CEA à contacter, par téléphone ou par mail, pendant la consultation et la réalisation du marché sont (voir tableau ci-après) :

	Tel	E mail
Julien ROUSSELY Correspondant Technique	04.38.78.50.28	julien.roussely@cea.fr
Bertrand ROLLET Projeteur	04 38 78 41 28	bertrand.rollet@cea.fr

Les échanges de documents électroniques seront faits entre le Titulaire et le CEA soit par courrier électronique, soit par un serveur ftp de dépôt de documents du CEA. Des instructions d'utilisation de ce serveur seront fournies au titulaire.

	CEA - GRENOBLE	Département des Systèmes Basses Températures
	Cahier des Charges pour la conception et la fabrication du cryostat CPMH	15 juillet 2026 Réf : DSBT-CDC-26-30-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 21 / 21

ANNEXES

A1. ANNEXE 1 – TABLEAU DES CAS DE CHARGE

Le tableau ci-dessous définit les différents cas de charge à étudier pour les composants du cryostat CPMH.

#	Pression interne [bar abs]	Pression externe [bar abs]	Température [K]	Composant	Physique	Type
1-A	0	1	300	Enceinte à vide	Méca / Flamb	Statique
1-B	1.6	1	300	Enceinte à vide	Méca	Statique
2	60	0 - 1	300 - 5	Circuit gaz procédés	Thermo/Méca	Statique
3	60	0-1	300 - 5	Cellule condensation	Méca	Statique
4	N/A	N/A	300	CPMH et attaches	Méca (Levage)	Statique
5	N/A	N/A	300 - 5	CPMH	Séisme	Dynamique

Fin du document