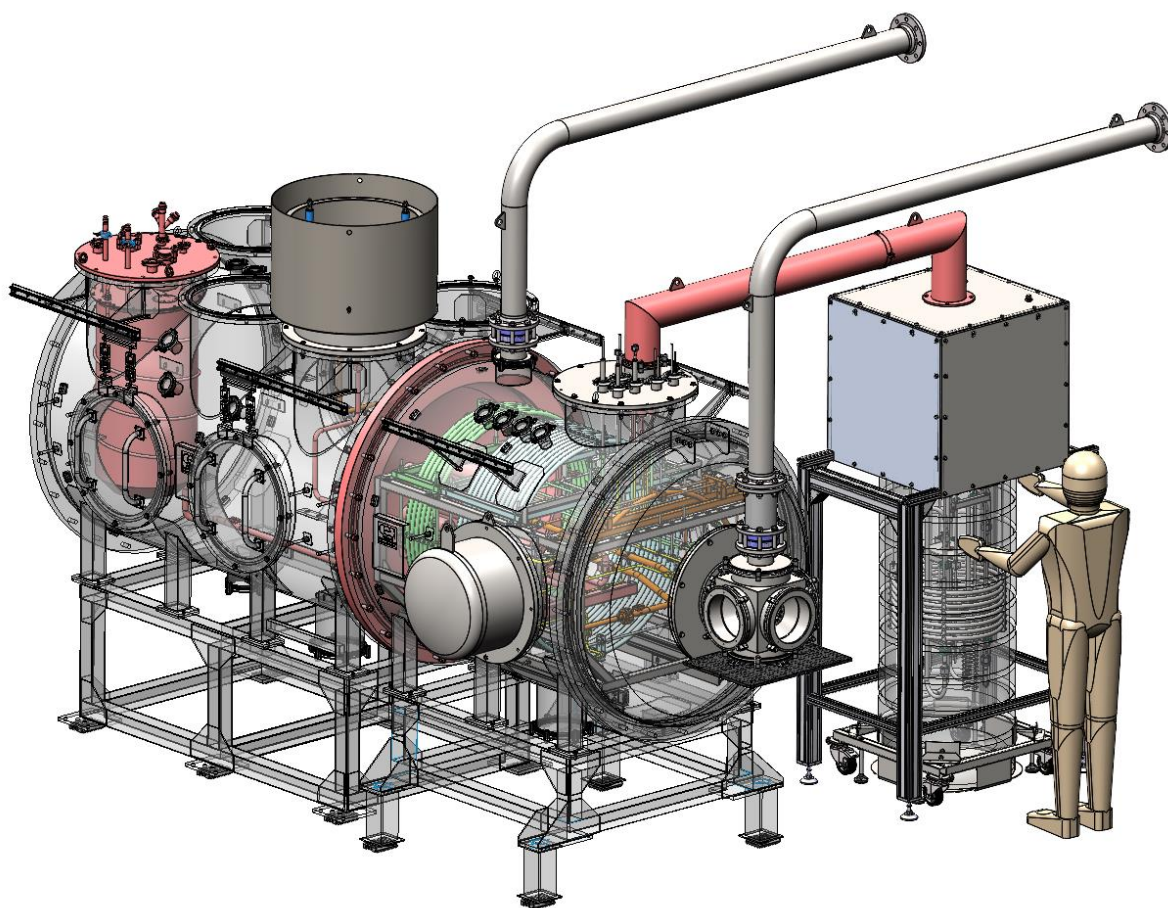


Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.

Date : 17/07/2025

Référence : DSBT-CDC-25-50-1.0




Issue - Révision : 1-0



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. : 04.38.78.26.64 - mail: davide.duri@cea.fr

Etablissement public à industriel et commercial
R.C.S. PARIS B 775 685 019

LRQA
CERTIFIED
ISO 9001


  	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 2 / 21

Révision du document

Issue	Révision	Date	N° de page	Modifications
0	1	17/07/25	-	Création du document


Liste des Acronymes

CEA	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
DSBT	Département des Systèmes Basses Températures
IRIG	Institut de Recherche Interdisciplinaire de Grenoble
PFD	Process Flow Diagram
BPE	Bon pour exécution
He	Hélium
H2	Hydrogène
LH2	Hydrogène liquide
LHe	Hélium liquide

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 3 / 21

CONTENU

1	INTRODUCTION.....	4
2	OBJECT DE LA CONSULTATION.....	4
3	MODULE « HYDROGÈNE.....	6
3.1	Conditions de fonctionnement	7
3.2	Fourniture du CEA.....	7
4	MODULE « BRIDE DE SÉPARATION ».....	8
4.1	Conditions de fonctionnement	8
4.2	Fourniture du Prestataire.....	8
5	PARTIE « HÉLIUM »	9
5.1	Réservoir.....	9
5.2	Réchauffeurs.....	10
5.3	Conditions de fonctionnement	11
6	PARTIE « LIGNE SOUS-VIDE ».....	12
6.1	Conditions de fonctionnement	12
7	PARTIE « AZOTE »	13
7.1	Conditions de fonctionnement	13
8	ELÉMENTS CHAUDRONNÉS POUR L'ENCEINTE À VIDE.....	14
9	PÉRIMÈTRE DE LA CONSULTATION.....	14
10	EXIGENCES TECHNIQUES	15
10.1	Edition du dossier de plans de fabrication	15
10.2	Exigences concernant les procédés	15
10.2.1	<i>Tolérances de fabrication :</i>	15
10.2.2	<i>Usinage</i>	15
10.2.3	<i>Soudage :</i>	16
10.2.4	<i>Brasage fort.....</i>	16
10.2.5	<i>Fabrication des tuyauteries :</i>	16
10.2.6	<i>Autres Procédés.....</i>	17
10.3	Sécurité.....	17
10.4	Propreté	17
10.5	Exigences concernant les matériaux	18
10.6	Exigences concernant le montage en atelier	18
10.7	Exigences concernant les contrôles sur le site du fournisseur	18
10.7.1	<i>Contrôles de fabrication.....</i>	18
10.7.2	<i>Contrôles sur le lieu de fabrication : inspection visuelle, test hydrauliques et tests de fuite</i>	18
11	TRANSPORT ET LIVRAISON	19
12	RÉCEPTION SUR SITE DU CEA	19
13	GESTION DU PROJET.....	19
13.1	Interface CEA-prestataire	19
13.2	Calendrier et suivi du projet.....	20
13.3	Rapports	20
13.4	Réunions.....	21
14	DOCUMENTATION TECHNIQUE, GARANTIE ET ENTRETIEN.....	21
14.1	Documentation technique.....	21
14.2	Garantie et Entretien	21

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures	
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 4 / 21

1 Introduction

Le Département des Systèmes Basses Températures (DSBT) conduit des activités de recherche et de développement en cryotechnologies, prioritairement sur la cryogénie des grands instruments scientifiques, la cryogénie spatiale et la cryogénie des cibles pour les lasers. Les compétences ainsi développées sont mobilisées en tant que besoin pour des développements instrumentaux en lien avec les autres programmes de l'IRIG et ses partenaires, et sur l'étude de la turbulence dans les fluides cryogéniques. Par ailleurs, le DSBT opère les liquéfacteurs Hélium du CEA Grenoble et assure la fourniture de fluides cryogéniques et d'azote pour ce dernier.

Dans le cadre d'un programme de recherche mené par le DSBT en collaboration avec d'autres partenaires académiques et industriels, l'expérience « PHYONA » se propose de caractériser le comportement thermo-hydraulique de composants cryogéniques, nommés dans la suite « échantillons », dans des conditions représentatives des modes opératoires en hydrogène à l'aide de moyens de visualisation et mesure optiques.


Dans ce contexte ce cahier des charges concerne la fabrication, la fourniture et la livraison d'un ensemble cryogénique.

2 Object de la consultation

L'objet de cette consultation est la fabrication, la fourniture et la livraison d'un ensemble cryogénique permettant de refroidir un débit d'hydrogène afin de pouvoir réaliser des mesures spectroscopiques. Il se compose des éléments suivants demandés au titre du présent cahier de charges :

- Un module « hydrogène »
 - Un récupérateur H₂/H₂ « HX1 »
 - Un échangeur H₂/LN₂ « HX2 »
 - Un récupérateur H₂/H₂ « HX3 »
 - Un échangeur H₂/He « HX4 »
 - Un échangeur H₂/He « HX5 »
 - Une structure de supportage
- Un module « bride de séparation »
- Un module « hélium »
 - Un réservoir d'hélium liquide
 - Deux réchauffeurs
- Un module « azote »
 - Echangeur immergé
 - Un écran thermique
 - Ligne sous vide.
- Des éléments chaudronnés pour l'enceinte à vide

Dans son fonctionnement nominal un débit d'hydrogène (H₂) est progressivement refroidi en traversant la chaîne d'échangeurs et récupérateurs pour alimenter une cellule optique (qui n'est pas dans le périmètre de la fourniture) pour ensuite être évacué à l'extérieur. Le refroidissement est réalisé à l'aide d'un échangeur immergé dans un bain d'azote liquide et par deux circuits de refroidissement à l'hélium (HX4 et HX5).

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 5 / 21

L'ensemble est positionné dans une enceinte sous vide (disponible au CEA/DSBT qui n'est pas dans le périmètre de la fourniture). L'exploitation de l'ensemble cryogénique sera réalisée dans les locaux du CEA/DSBT par le personnel du DSBT.

L'ensemble est présenté dans les images suivantes qui sont données à titre indicatif.

Le fichier CAO en format informatique STEP ou Solidworks™ 2025 faisant fois et détaillant les composants est une annexe du cahier des charges. Cette annexe est remise sur demande. Les numéros utilisés dans les paragraphes suivant (ex : G-1) correspondent aux numérotations des ensembles du fichier STEP.

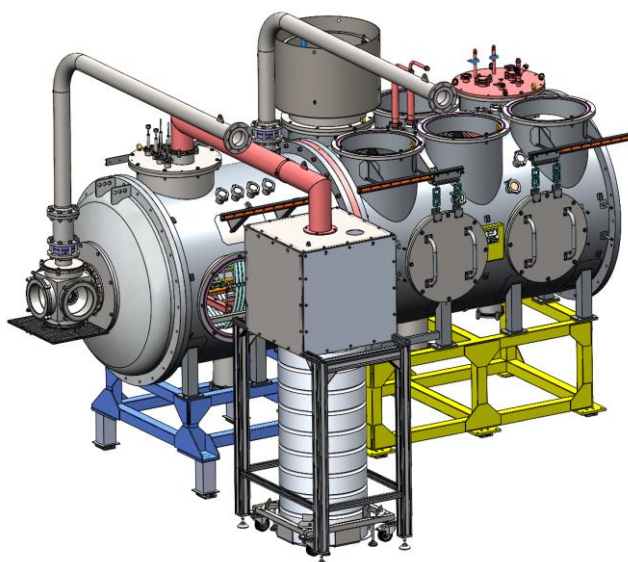


Figure 1 : vue d'ensemble de l'expérience « PHYONA » avec l'enceinte sous-vide.

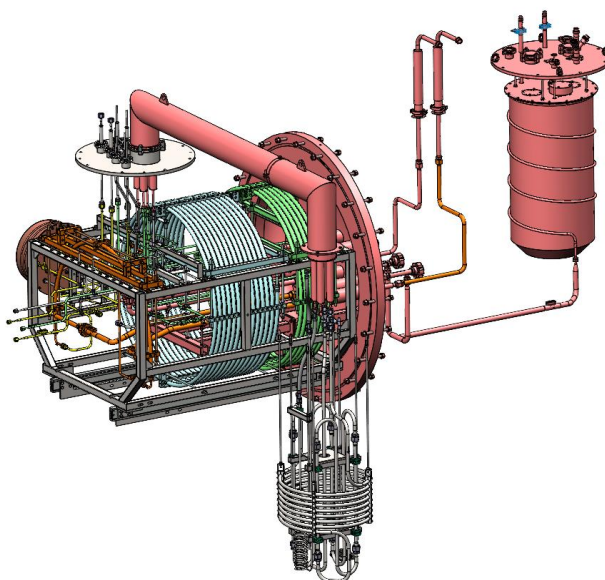



Figure 2 : Vue globale de l'assemblage cryogénique constituant la fourniture spécifiée dans ce cahier des charges

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 6 / 21

3 Module « hydrogène »

La partie se compose des éléments suivants :

- Un récupérateur H₂/H₂ « HX1 » (G-1)
- Un échangeur H₂/LN₂ « HX2 » (G-2)
- Un récupérateur H₂/H₂ « HX3 » (G-3)
- Un échangeur H₂/He « HX4 » (G-4)
- Un échangeur H₂/He « HX5 » (G-5)
- Des tuyauteries (G-41 / G-42 / G-43 / G-44 / G-45 / G-46 / G-47 / G-48 / G-49)
- Une structure de supportage (G-7 / G-15 / G-17 / G-18 / G-19 / G-21)

Chaque composant est présenté dans les images suivantes, sa localisation est mise en évidence par un parallélépipède :

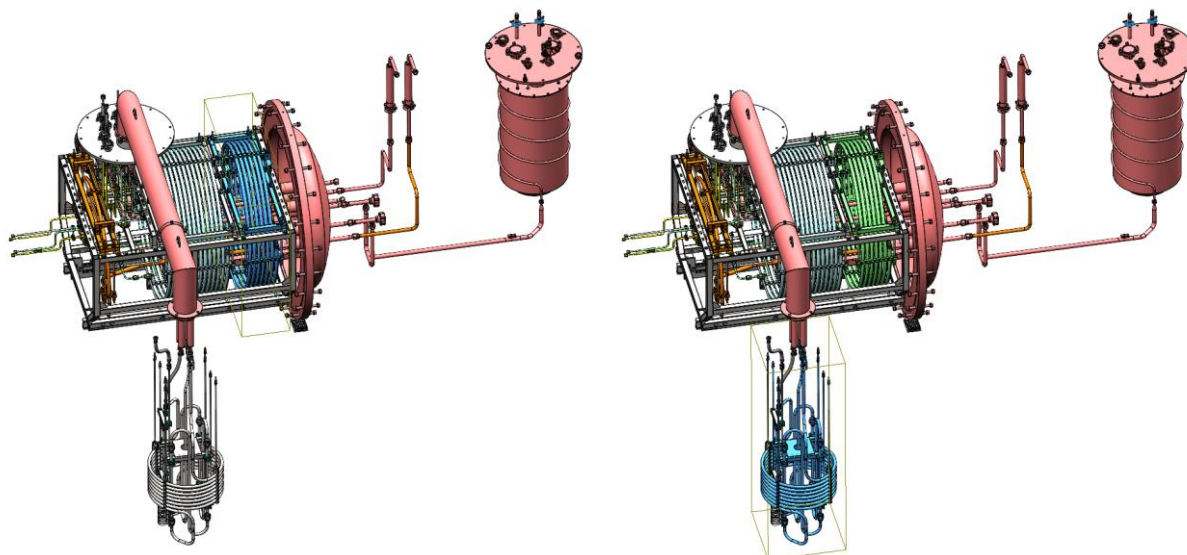
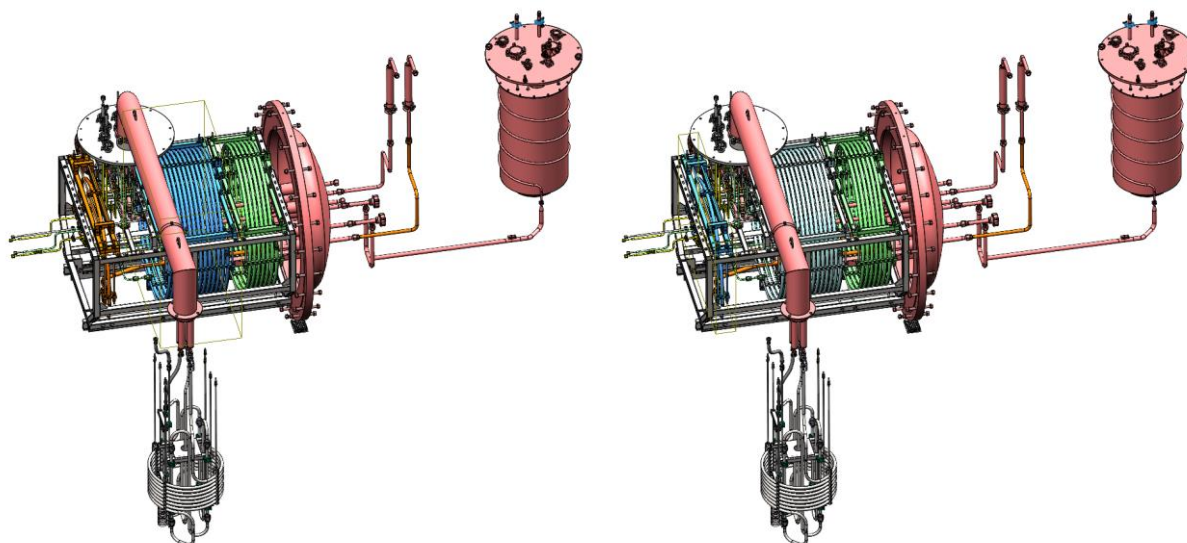


Figure 3. (A gauche) récupérateur H₂/H₂ « HX1 ». (A droite) échangeur H₂/LN₂ « HX2 »




	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 7 / 21

Figure 4 : (A gauche) récupérateur H2/H2 « HX3. (A droite) échangeur H2/He « HX4 »

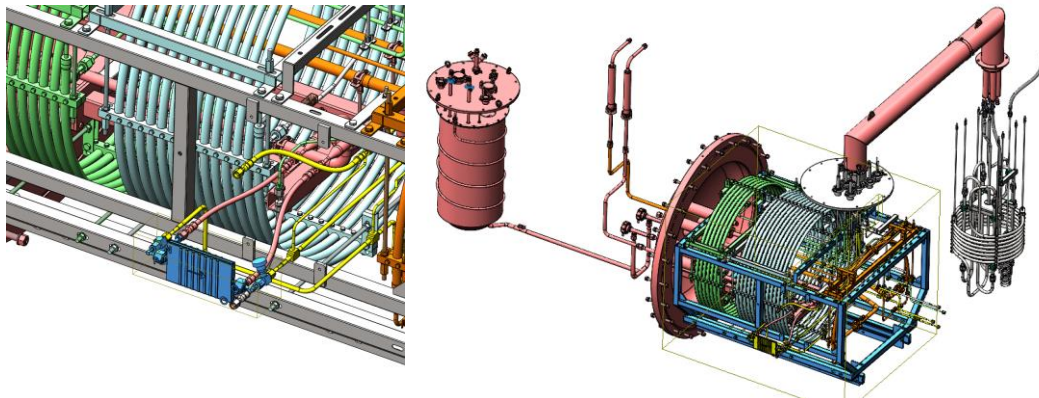


Figure 5 : (A gauche) échangeur H2/He « HX5 ». (A droite) structure de supportage

3.1 Conditions de fonctionnement

L'ensemble doit fonctionner dans les conditions suivantes :


Fluide	Conditions externes au circuit (chambre sous vide)	Conditions interne au circuit	Commentaires
Air	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de transport ou montage/démontage
Azote	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 15 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de purge, rinçage
Hélium	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 5 bar(a)* Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de purge, rinçage (*) valeur indicative
Hydrogène	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 55 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) Entre 300 K et 20 K	Conditions d'essai

Nota : Les conditions d'essai en H2 (en rouge dans le tableau) sont les plus contraignantes.

3.2 Fourniture du CEA

Le CEA/DSBT fournira les éléments suivants :

- Vannes pour l'échangeur HX5

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 8 / 21

4 Module « Bride de séparation »

La partie se compose des éléments suivants :

- Une bride avec 4 passages hélium et 2 passages en spare (G-33)
- La structure de supportage (G-13)

Chaque composant est présenté dans l'image suivante :

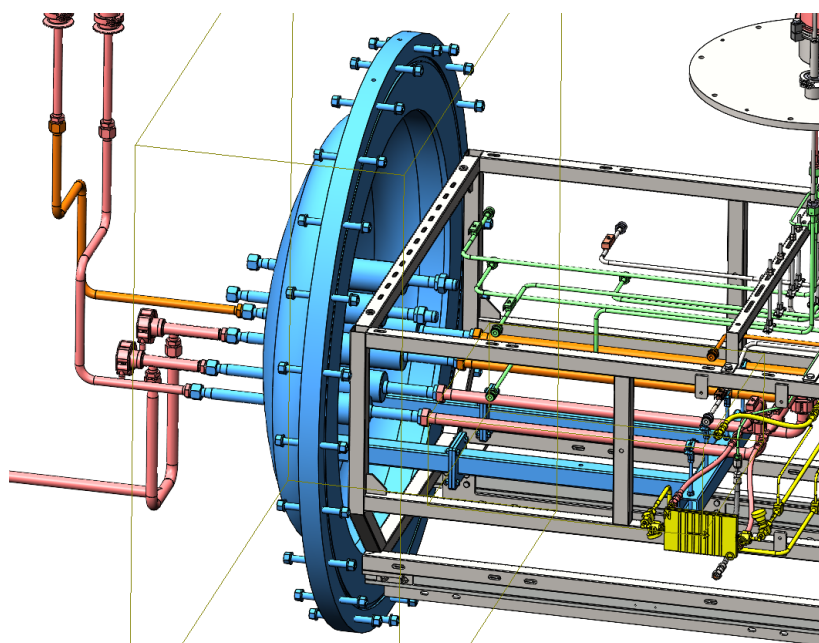


Figure 6 : Bride de séparation et composants associés

4.1 Conditions de fonctionnement

La bride de séparation a pour fonction de séparer deux volumes dans l'enceinte sous vide : un volume associé avec le circuit hélium (à gauche de la bride dans la Figure 6) et le circuit hydrogène (à droite de la bride dans la Figure 6). Ces deux volumes sont protégés par des soupapes et/ou des disques de rupture tarés à 0.1 bar.

La pression en fonctionnement aux bornes de la bride dépend des conditions d'opérations dans la limite de 1.1 bar(a) c'est-à-dire :


- Le vide de chaque côté (10^{-6} mbar)
- La pression 1.0 bar(a) côté He et le vide (10^{-6} mbar) côté H₂
- La pression 1.0 bar(a) côté H₂ et le vide (10^{-6} mbar) côté He

La pression de fonctionnement maximale dans les passages He est limitée à 1.6 bar(a)

La température de fonctionnement est comprise entre la température ambiante (300 K) et la température de l'hélium liquide (4 K) traversant les passages.

4.2 Fourniture du Prestataire

La vérification de l'étanchéité de la bride devra être réalisée sur place au CEA/DSBT en utilisant directement l'enceinte sous vide de PHYONA.

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 9 / 21

5 Partie « hélium »

La partie se compose des éléments suivants :

- Un réservoir d'hélium liquide (LHe) avec ses équipements (G-20)
- Deux réchauffeurs (C-2-10)
- Les tuyauteries (G-14 / G-50 / G-51 / G-52 / G-53 / G-54 / G-55 / G-59)

Ces composants sont représentés en bleu dans l'image suivante :

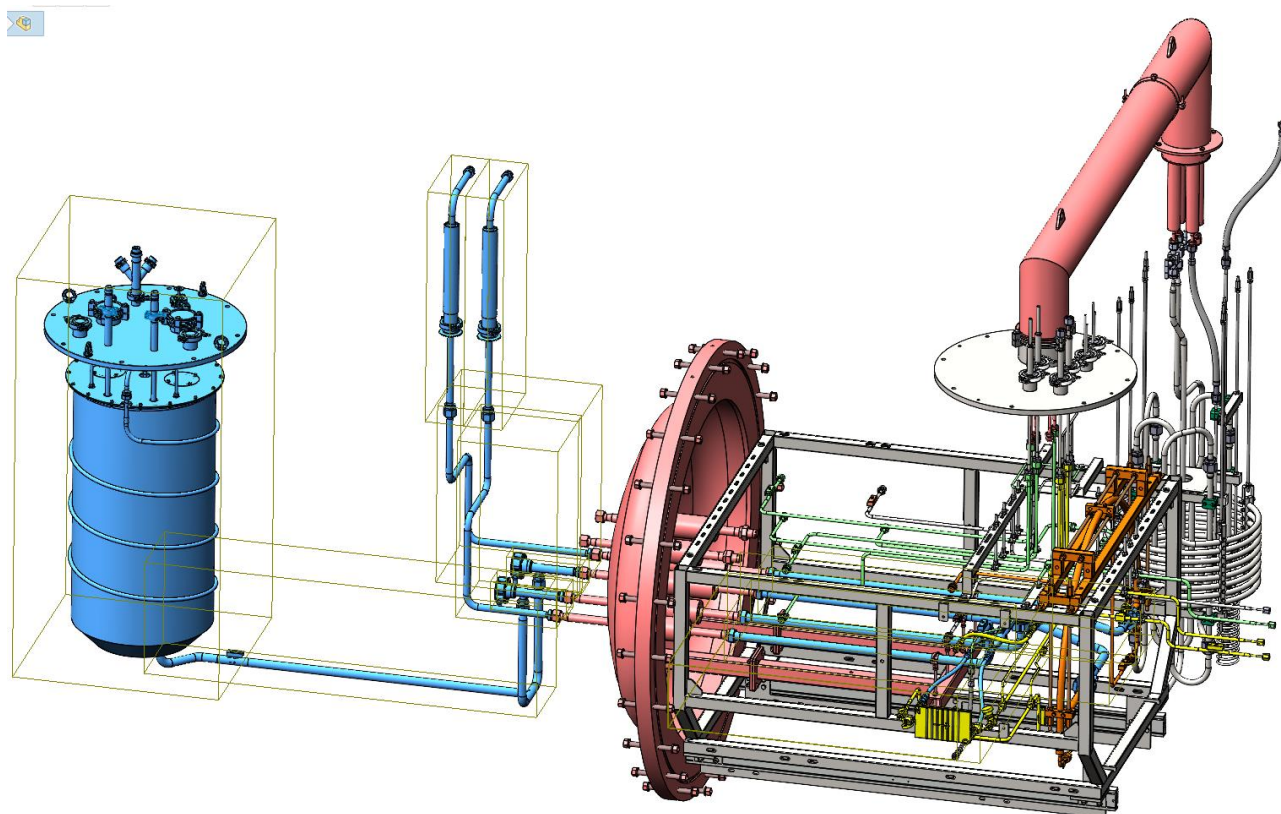



Figure 7 : vue d'ensemble des éléments constituant le circuit hélium dans l'enceinte sous vide

5.1 Réservoir

Le réservoir est présenté dans la Figure 8. Il consiste en :

- Un réservoir cylindrique avec fonds bombés, avec :
 - les interfaces pour le remplissage,
 - les passages de câbles et capteurs,
 - l'interface pour une soupape (fourniture CEA)
- Un écran thermique refroidi par un serpentin brasé,
- Une bride de supportage et les tiges en verre-époxy de suspension

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 10 / 21

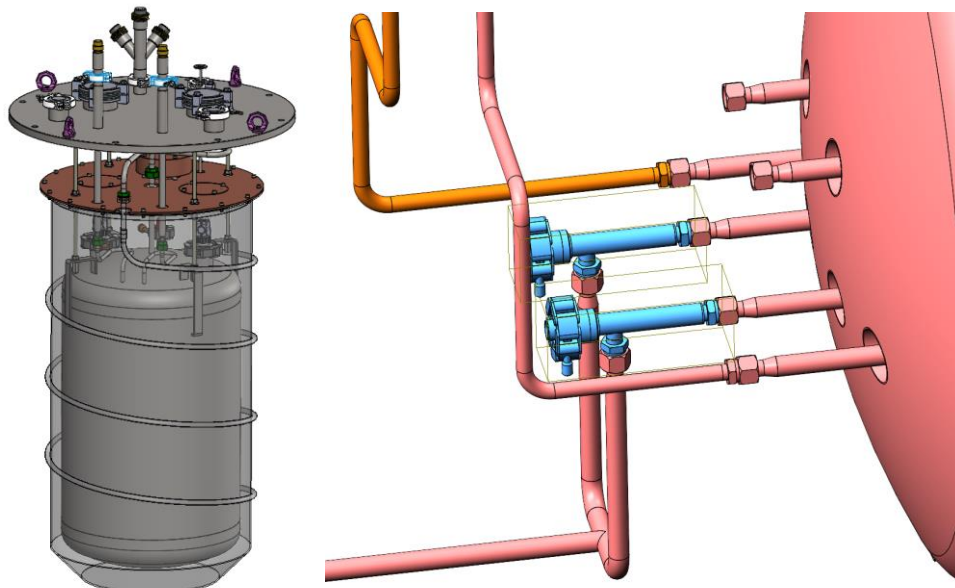


Figure 8 : réservoir LHe (gauche). Deux réchauffeurs (droite)

5.2 Réchauffeurs

Les deux réchauffeurs identiques sont présentés sur la (Figure 8). Une vue en coupe issue de la maquette CAO est présentée dans la Figure 9.

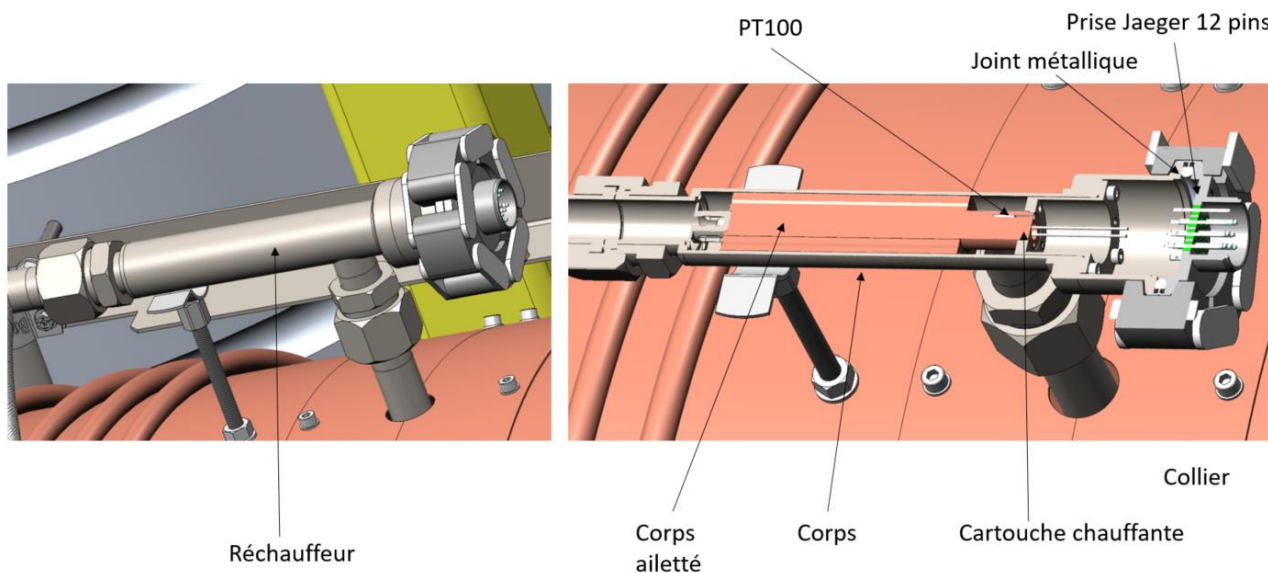



Figure 9 : vue CAO du réchauffeur

L'assemblage de chaque réchauffeur se compose des éléments suivants :

- Un corps usiné et soudé avec 2 interfaces fluide (raccords Kenol) et 1 interface électrique (raccord Pneurop 150 KF55 DN40)
- Un corps usiné avec des ailettes en cuivre
- Des composants internes de centrage et fixation
- Une sonde PT100 (fourniture CEA – assemblée par le personnel CEA après livraison)

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 11 / 21


- Une cartouche chauffante (fourniture CEA – assemblée par le personnel CEA après livraison)
- Une prise Jaeger 12 broches (fourniture CEA)
- Un collier pour bride KF en classe 300 (fourniture CEA)
- Un joint en élastomère pour la fabrication et le montage. Il sera remplacé par un joint métallique lors des essais en pression et en opération (fourniture CEA)
- Un connecteur/prise (hors du scope de la fourniture)

5.3 Conditions de fonctionnement

L'ensemble doit fonctionner dans les conditions suivantes :

Fluide	Conditions externes au circuit (chambre sous vide)	Conditions interne au circuit	Commentaires
Air	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de transport ou montage/démontage
Azote	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 15 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de purge, rinçage
Hélium	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 7 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K – 4 K	Conditions d'essai

Les conditions d'essai en He sont les plus contraignantes (en rouge dans le tableau).

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 12 / 21

6 Partie « ligne sous-vide »

Une ligne sous vide est constituée des éléments suivants :

- Une enveloppe externe contenant 4 lignes (2 pour l'Hydrogène, 1 ligne pour l'azote, 1 ligne de réserve) toutes protégées par 60 couches de MLI (G-16) par ligne
- Une bride d'interface avec l'enceinte à vide (G-8)

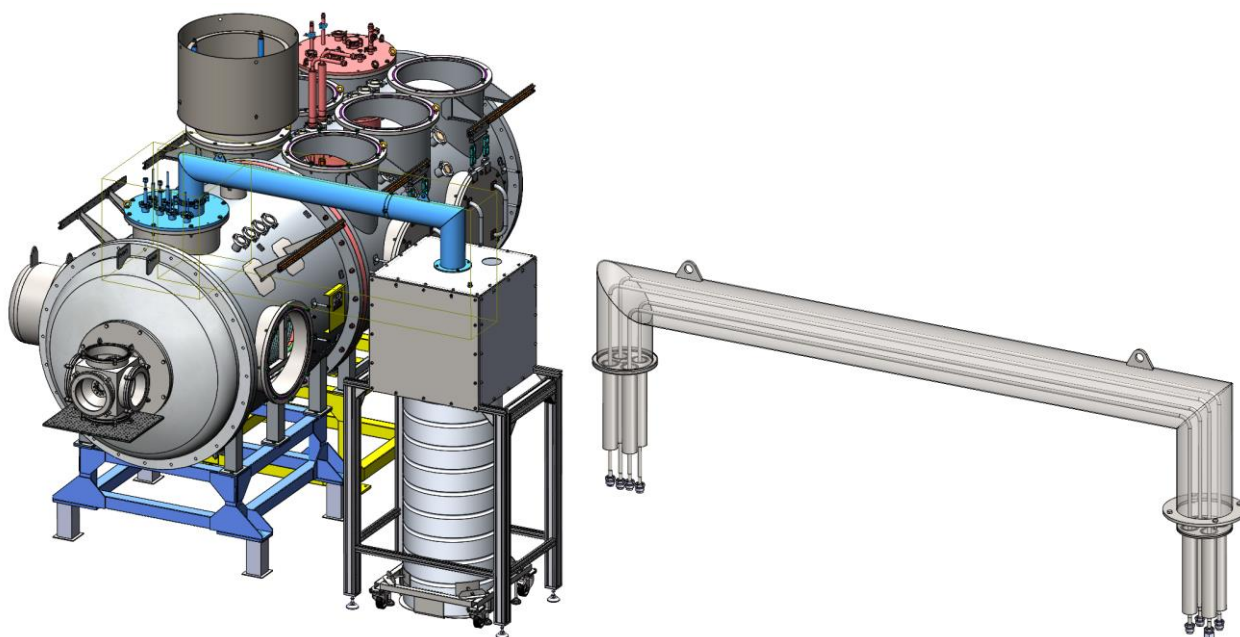



Figure 10 : ligne sous vide (à gauche) et visualisation des circuits internes (à droite)

6.1 Conditions de fonctionnement

L'ensemble fonctionner dans les conditions suivantes :

Fluide	Conditions externes au circuit (chambre sous vide)	Conditions interne au circuit	Commentaires
Air	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de transport ou montage/démontage
Azote	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 15 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) Entre 300 K et 77 K	Conditions de purge, rinçage Conditions d'essai
Hélium	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 5 bar(a)* Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de purge, rinçage
Hydrogène	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 55 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) Entre 300 K et 20 K	Conditions d'essai

Les conditions d'essai en H2 sont les plus contraignantes (en rouge dans le tableau).

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 13 / 21

Le vide dans la ligne est créé à partir de l'enceinte principale.

ATTENTION : nous préconisons que le dimensionnement, la vérification et le test hydraulique des 4 lignes hydraulique soit faite en considérant les conditions du circuit H2.

7 Partie « azote »

La partie se compose des éléments suivants :

- Un échangeur immergé Hx6 (G-6)
- Des tuyauteries (G-56 / G-57 / G-58)
- Un écran cuivre avec serpentín brasé (G-31)
- Une hotte d'aspiration (G-34)
- Un chariot pour le dewar azote (G-32)

Chaque composant est présenté dans les images suivantes :

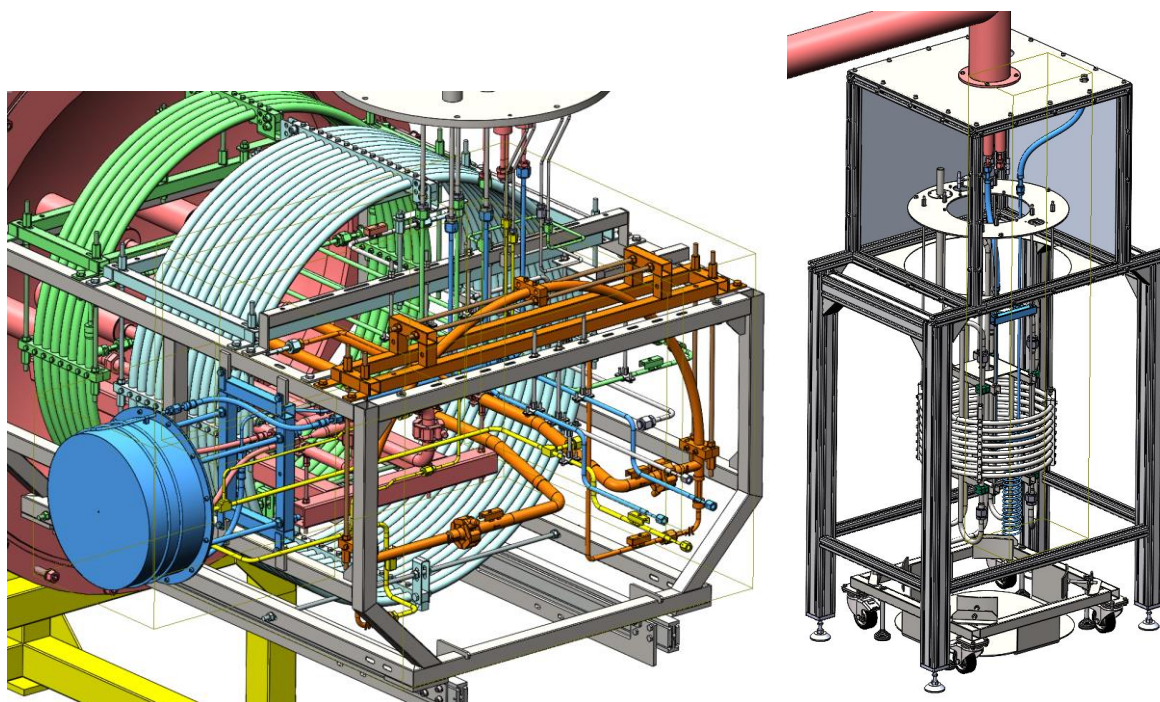



Figure 11 : vue d'ensemble

7.1 Conditions de fonctionnement

L'ensemble fonctionner dans les conditions suivantes :

Fluide	Conditions externes au circuit (chambre sous vide)	Conditions interne au circuit	Commentaires
Air	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar) 300 K	Conditions de transport ou montage/démontage
Azote	Pmax : 1 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar)	Pmax : 15 bar(a) Pmin : vide (10^{-6} mbar)	Conditions de purge, rinçage

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses	
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 14 / 21	
	300 K	Entre 300 K et 77 K	Conditions d'essai

8 Eléments chaudronnés pour l'enceinte à vide

Cette partie comprend deux éléments chaudronnés montés sur l'enceinte à vide :

- Une rehausse pour la soupape de l'enceinte à vide (G-9)
- Une « cloche de fermeture » montée sur un trou d'homme (G-30)

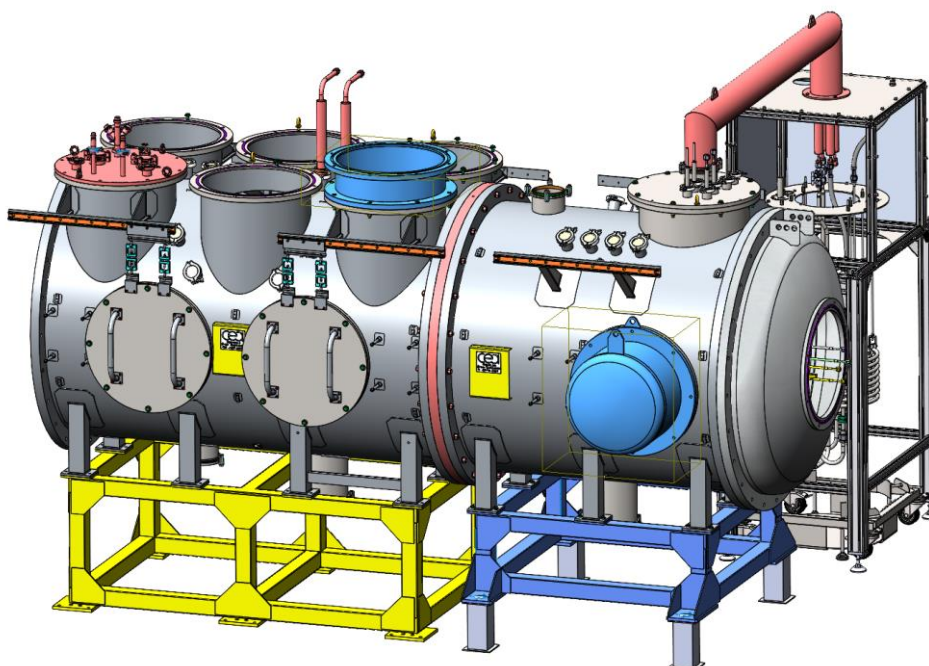


Figure 12 : Rehausse et "cloche de fermeture"


9 Périmètre de la consultation

La consultation concerne l'ensemble des points suivants :

- 1) La fourniture du dossier des plans de fabrication au CEA pour validation avant la production
- 2) La fabrication, l'assemblage, la fourniture d'un équipement dénommé "ensemble cryogénique" composé des modules suivants :
 - a. module « hydrogène »
 - b. module « bride de séparation »
 - c. module « hélium »
 - d. module « azote »
 - e. des éléments chaudronnés pour l'enceinte à vide
- 3) L'intégration des modules dans l'enceinte sous vide (BET) pour appairage
- 4) La fourniture des outillages
- 5) La fourniture de la documentation
- 6) La livraison et assurance pour le transport

Cette consultation n'inclut pas :

- L'intégration des thermomètres et leur câblage
- Le câblage des réchauffeurs He

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 15 / 21

- L'intégration des dispositifs de sécurité (soupapes, disques de rupture etc.), sondes de niveau dans le réservoir He

10 Exigences techniques

10.1 Edition du dossier de plans de fabrication

A partir de l'étude **Ref. 2024-05 A-2 HYGEN - PHYONA** réalisée avec le logiciel « SOLIDWORKS 2025 » par le CEA (voir fichiers 3D STEP fournis), le fournisseur devra réaliser le dossier de plans « Valable pour fabrication ».

Le fournisseur vérifiera la compatibilité des éléments aux normes en vigueur i.e. la DESP 2014/68/UE (directive des équipements sous pression). En cas de divergence avec les dimensions fournies un échange avec le CEA devra être mis en place pour converger.

Le contractant fera une analyse critique de la construction présentée par le CEA et pourra proposer des variantes de fabrication adaptées à son savoir-faire ou techniquement plus pertinentes que celles retenues par le CEA.

Le dossier de plans de détail « Valable pour fabrication » fera l'objet d'un point d'arrêt et d'une validation par le CEA. A cette fin, le contractant fournira au CEA ses propositions de modifications via un lien de téléchargement contenant d'une part les fichiers PDF des plans modifiés et d'autre part l'intégralité de l'étude corrigée au format SOLIDWORKS 2025 (assemblages et pièces). Le CEA validera ces modifications dans les quinze jours suivant la soumission du dossier. La numérotation des plans devra être conforme avec la numérotation proposée par le CEA.

A l'issue de la fabrication, du montage et des tests demandés par le CEA, le fournisseur remettra au CEA un modèle 3D Solidworks « Tel Que Construit » (TQC) qui sera la propriété du CEA.

Le dossier contenant tous les fichiers (pièces, assemblages, plans) au format Solidworks™ 2025 ainsi que les plans de détail et d'ensemble au format PDF sera téléchargeable via un lien fourni par le CEA ou transmis par email.

En fin de tâche les liens 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. L'ensemble du dossier devra être purgé des fichiers inutiles.


10.2 Exigences concernant les procédés

10.2.1 Tolérances de fabrication :

Le fournisseur respectera les tolérances générales et les tolérances particulières données par les plans de fabrication qu'il aura édités et qui auront été validées avec le CEA.

10.2.2 Usinage

L'usinage et la mise en forme des éléments en acier inoxydable devront se faire avec des outillages dédiés uniquement au travail de ce matériau (*pas de contacts préalables avec des aciers noirs*).

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 16 / 21

10.2.3 Soudage :

Toutes les opérations de soudure TIG devront être réalisées dans les règles de l'art de la fabrication des appareils sous pression et seront effectuées par du personnel qualifié.

Les procédures de soudage doivent être consultables chez le fournisseur. Le CEA doit avoir la garantie de la reproductibilité des soudures effectuées. Les soudures devront être effectuées par une personne expérimentée suivant les règles de conception des assemblages soudés décrites dans le code de construction des appareils à pression.

Les opérations de ressuage, de burinage et de meulage pour améliorer l'aspect des cordons de soudure et des surfaces **sont interdites** ainsi que le microbillage à l'intérieur de l'enceinte.

Les soudures d'étanchéité réalisées sur les enceintes doivent avoir un cordon continu coté (intérieur de l'enceinte) et un cordon discontinu coté extérieur (type chaînette). Le contractant veillera à ce que tous les volumes morts situés dans l'enceinte possèdent un trou de dégazage pour pouvoir être pompés.

Chaque soudure nécessitant une étanchéité au vide fera l'objet d'un contrôle d'étanchéité par du personnel expérimenté et certifié (COFREND II) dans le domaine du vide. Pour ce contrôle, le fournisseur fournira le matériel adéquat (pompes à vide, vannes, raccords, joints toriques, spectromètre de masse, fuite étalon, enregistreur, bouteille d'hélium, etc.).

10.2.4 Brasage fort.

Le mode opératoire sera fourni pour chaque opération de brasage.

Certaines brasures n'ont pas de fonction d'étanchéité mais un rôle de transfert thermique (conduction). C'est le cas, pour les écrans actifs, des tubes roulés et brasés sur les viroles. Le DSBT souhaite obtenir une bonne qualité de brasure qui garantira des résistances thermiques de contact faibles entre la virole et le tube pour assurer un échange thermique de bon niveau. En ce sens, un certain nombre d'exigences sont listées ci-dessous :


- Le flux et les résidus de flux seront éliminés après brasage.
- Les congés devront être complets et sans défaut de mouillage.

De plus le DSBT s'appuie sur le paragraphe 4.8, de la norme EN 12799 « Brasage fort-Contrôles non destructifs » pour donner le niveau de qualité de brasure souhaité. Ce paragraphe donne les critères d'acceptabilité des brasures d'après un **contrôle visuel** pouvant s'appuyer sur un **enregistrement photographique qui illustre le niveau d'exigence requis pour l'aspect extérieur des congés brasés**. Ce document photographique est joint en annexe et inclus dans le l'ensemble de la documentation fourni en fin de fabrication.

Les brasures ayant fonction d'étanchéité subiront un test d'étanchéité à l'identique des soudures et devront aussi satisfaire au contrôle visuel.

10.2.5 Fabrication des tuyauteries :

Bien que ces tuyauteries ne soient pas soumises au sens de la Directive Européenne des appareils Sous Pression DESP, ou pour certaines en auto-certification, article 4.3, **les opérations**

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 17 / 21

de soudure TIG devront être réalisées dans les règles de l'art de la fabrication des appareils sous pression et seront effectuées par du personnel qualifié.

Le chanfreinage des tubes, à l'aide d'une machine à chanfreiner est préconisé par le CEA pour une bonne préparation de soudure.

Un brossage de chaque soudure et un décapage/passivation des pièces inox après soudure est à prévoir.

Aucun meulage n'est autorisé, sauf cas exceptionnel qui nécessitera l'autorisation du CEA.

Les ressuyages et le burinage sont interdits.

Un cahier de soudage simplifié (copie des Modes Opératoires de Soudage et de la Qualification des Soudeurs) sera fourni au CEA pour accord.

Tous les outillages et les gaz nécessaires aux protections envers des tuyauteries sont à la charge du fournisseur.

10.2.6 Autres Procédés

Le *fournisseur* identifiera les procédés mis en œuvre dans le cadre de la réalisation des pièces et justifiera de leur pertinence et de leur qualification. Certains traitements sont d'ores et déjà identifiés°:

- Pièces en acier inoxydable : elles devront être ébavurées, nettoyées, décapées, passivées et séchées avant montage.
- Pièces en cuivre : elles seront soigneusement nettoyées, décapées, passivées et séchées avant montage.

10.3 Sécurité


Les pièces doivent être telles que leur manipulation ne doit présenter aucun danger pour le personnel. Toutes les pièces doivent être ébavurées et les angles vifs abattus (sauf indication contraire sur le plan).

10.4 Propreté

Toutes les pièces doivent être livrées propres. Toute pièce livrée sale sera déclarée non conforme. Ce contrôle portera au minimum sur les points suivants :

- l'enlèvement de tout copeau
- l'enlèvement de toute trace d'huile de coupe
- l'enlèvement de toute trace d'oxydation
- l'enlèvement de toute trace de doigts
- l'enlèvement de toute éventuelle trace de produits de réserve de traitement de surface
- l'enlèvement de toute éventuelle trace de primaire de collage
- l'enlèvement de toute trace de produit de nettoyage

En outre, le fournisseur veillera à ce que tous les trous et trous taraudés soient exempts de copeaux, bavures, résidus de protection de traitement de surface.

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 18 / 21

10.5 Exigences concernant les matériaux

Le *fournisseur* ne peut en aucun cas apporter une modification dans le choix d'un matériau, sans demande de dérogation et autorisation écrite préalable du CEA/DSBT.

L'usineur peut à son initiative changer de fournisseur après validation par le BE du CEA/DSBT si les désignations demandées ne sont plus disponibles ou sont moins chères chez un fournisseur connu de l'usineur.

Pour toutes les pièces non spécifiées dans ce cahier des charges il s'agit soit d'un élément standard (pouvant être usiné à condition de respecter la désignation matière de la mise en plan) ou de pièce de chaudronnerie auquel cas le chaudronnier choisira des tubes ou des tôles roulées en respectant la désignation matière indiquée sur la mise en plan.

10.6 Exigences concernant le montage en atelier

Le contractant aura en charge l'assemblage des pièces mécaniques et chaudronnées. Le montage et le stockage des éléments devront être effectués dans des locaux propres adaptés à la chaudronnerie des aciers inoxydables et du cuivre.

10.7 Exigences concernant les contrôles sur le site du fournisseur


10.7.1 Contrôles de fabrication

Le contrôle de fabrication entre dans le cadre de la surveillance en cours de réalisation des pièces. Il a pour but de faire le point sur l'avancement des usinages, le respect des dossiers de fabrication, spécifications, procédures et de mettre en évidence tout éventuel défaut important, rendant impossible ou inutile la poursuite des opérations. Ce type de contrôle peut s'étendre à toute phase des contrôles et des essais et le personnel CEA peut assister à ces contrôles.

10.7.2 Contrôles sur le lieu de fabrication : inspection visuelle, test hydrauliques et tests de fuite

Une recette sur le site de fabrication en usine sera prononcée après un contrôle visuel de l'aspect et de la propreté, ainsi que des tests de contrôle cités ci-dessus. Le fournisseur invitera quinze jours à l'avance le personnel CEA à participer à cette recette en usine et à chaque fois qu'il le jugera nécessaire pour valider l'avancement.

- Test hydrauliques :
Une fois l'ensemble du montage validé un test hydraulique (1.5 fois la pression de service maximale)
Lors du test hydraulique le personnel du CEA **devra** être présent pour y assister.
- Tests d'étanchéité suivant :
Les tests d'étanchéité seront réalisés suivant les normes NF EN 13185 et NF EN 1330-8. Ils seront effectués suivant la méthode par gaz traceur (hélium) et suivant les méthodes « globale sous vide » et « globale inverse » ou encore aspersion à condition de respecter les taux de fuite suivant : 10^{-8} mbar.l/s.
Les tests sous vide seront réalisés avec des joints élastomère (Viton).
Lors du test de fuite le personnel du CEA pourra être présent pour y assister.

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 19 / 21

11 Transport et livraison

Le transport sera sous la responsabilité du contractant. L'assemblage cryogénique sera livré à l'adresse suivant :

Bâtiment « Réception »
CEA-Grenoble
17 avenue des Martyrs
38 054 Grenoble cedex 9

La société contractante adressera au préalable l'identité des personnes assurant les opérations et l'immatriculation du véhicule employé pour ce poste afin qu'ils puissent être autorisés à entrer sur le centre.

12 Réception sur site du CEA

La réception sur site CEA sera prononcée après la vérification visuelle de la conformité par rapport aux plans de fabrication, les tests d'étanchéité finaux et le test d'intégration mécanique dans le BET.

Ces contrôles seront réalisés au CEA-Grenoble, visant à s'assurer que le transport n'a pas provoqué d'endommagement et que aucun défaut de fabrication soit présent.

Après déballage des composants les contrôles comprennent :

- L'inspection visuelle des composants dans leur état de transport
- Un test d'étanchéité identique à celui qui sera fait pour le contrôle sur les lieux de fabrication. Ce test sera réalisé par le CEA pour valider l'intégrité de l'ensemble réalisé après transport.
- Les interfaces fonctionnelles éventuellement bouchées lors du test de fuite seront inspectées après le test de fuite
- Une fois le test d'étanchéité réalisé et validé, un test d'intégration mécanique visant à vérifier la bonne intégration des composants avec l'enceinte du BET sera réalisé

Toutes les non-conformités seront identifiées dans une note technique éditée par le CEA et communiquée au fournisseur afin de les tracer puis d'établir le plan de correction et son implémentation et exécution à la charge du fournisseur. Les tests de réception ayant permis l'identification du défaut seront répétés par le CEA.


La réussite des tests donnera lieu à la réception du matériel par le CEA.

13 GESTION DU PROJET

13.1 Interface CEA-prestataire

Les interlocuteurs CEA à contacter en cours de consultation et de réalisation de la prestation pour répondre à des questions, ou solutionner des problèmes, sont :

Davide Duri Responsable du projet	Tel :04.38.78.26.64	davide.duri@cea.fr
Yves Veillet Technicien Responsable	Tel :04.38.78. 07.84	yves.veillet@cea.fr

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 20 / 21

Des échanges de documents électroniques pourront se faire si nécessaire avant la recette finale entre l'entreprise contractante et le CEA par **courrier électronique**.

13.2 Calendrier et suivi du projet

La fourniture sera jalonnée selon les séquences décrites dans le tableau ci-dessous. Chaque séquence sera approuvée par le CEA selon les modalités indiquées dans la colonne « opérations de réception ».

La structure de gestion de projet suivante est indicative et sera redéfinie avec le fournisseur lors de la réunion de lancement. **Il est toutefois demandé que la durée totale du projet ne dépasse pas 5 mois** à compter de la date de notification du marché.

Tableau 1


Phase	Séquence	Mois	Jalon	Opération de réception
Préparation	1	M0 (notification du marché)	Réunion de lancement	Rapport
	2	M1	Présentation des plans de fabrication	Rapport
	3	M2	Validation des plans de fabrication	Rapport et plans validés
Fabrication et assemblage des modules sur site du fournisseur	4	M3	Assemblage des modules	Rapport & inspection CEA
Contrôle sur site fournisseur	5	M4	Réalisation des tests d'usine (hydraulique et fuite)	Rapport et participation du CEA
Livraison sur site du CEA et réception	6	M5	Livraison, test de fuite Vérification de l'intégration mécanique dans le BET	Rapport final de réception

Le Prestataire s'engagera à réaliser une réunion de démarrage au plus tard 10 jours ouvrés après la date de réception de la commande par le CEA. Cette réunion de démarrage constituera la T0 de l'activité et du planning.

13.3 Rapports

Une réunion sera organisée pour chacune des séquences explicitées dans le tableau 1. Après chaque réunion, un rapport (sous forme de présentation pptx ou de compte rendu écrit) présentant l'état d'avancement du projet sera rédigé par le fournisseur. Chaque rapport sera formellement visé par le CEA. Un dossier de conception sera remis au CEA à la fin de la séquence M2 «Validation des plans de fabrication». Ce dossier sera **approuvé par le CEA avant le début de la fabrication de l'ensemble cryogénique**.

Des comptes rendus de réunion seront rédigés par le CEA en cours de réunion puis validés par les deux parties en fin de réunion. Le contractant conservera confidentielles toutes les informations qui

	CEA - GRENOBLE Températures	Département des Systèmes Basses
	Cahier des charges pour la fabrication d'un ensemble cryogénique pour le CEA de Grenoble.	Date : 17/07/2025 Réf : DSBT-CDC-25-50-1.0 Issue – Révision : 1-0 Page : 21 / 21

pourraient être portées à sa connaissance dans le cadre de la présente consultation et de l'éventuelle prestation.

Toute utilisation d'information destinée à une communication relative à l'équipement du présent cahier des charges doit faire l'objet d'une autorisation préalable par écrit du CEA.

13.4 Réunions

Des réunions d'enclenchement, d'avancement et de validation de l'affaire auront lieu soit en nos locaux au CEA de Grenoble soit dans les locaux de l'entreprise retenue ou encore en visioconférence. *A minima* elles correspondront aux points d'arrêt décrits dans ce document (voir §13.2) et aux modalités d'organisation définies lors de la réunion de démarrage. Elles pourront également être provoquées à la demande du CEA ou du contractant.

Un point d'avancement régulier tous les 15 jours ou hebdomadaire selon le besoin (i.e. pendant la séquence 2) est demandé impérativement indépendamment des jalons hormis quand les deux évènements (jalon et point d'avancement) coïncident.

14 Documentation technique, garantie et entretien

14.1 Documentation technique

En plus des documents cités (plans de validation et plans TQC), les documents suivants seront fournis par le fournisseur :

- Les certificats d'approvisionnement matière,
- Les certificats pour les équipements sous pression
- Les note de calculs pour les éléments les nécessitants
- Les procédures de soudage et les certifications des soudeurs,
- Les résultats des pénétrations sur éprouvettes, s'il y en a.
- Les certificats de traitement thermique, s'il y en a.
- Les PV de dégraissage-décapage-passivation applicables aux aciers inoxydables et au cuivre.
- Les PV de test en pression (si nécessaire),
- Les PV de test d'étanchéité à l'hélium (voir le paragraphe §10.7.2)

14.2 Garantie et Entretien

Nonobstant la garantie légale, l'équipement est garanti 1 an à dater de la réception contre tout vice de matière, de fabrication, de montage et de fonctionnement, en conformité avec les spécifications techniques du cahier des charges.

Cette garantie couvre les pièces, la main d'œuvre, les transports et les déplacements. Pendant la période de garantie, le fournisseur s'engage à intervenir pour les dépannages au plus tard dans les 3 jours ouvrés suivant la réception d'un courrier électronique de demande d'intervention du CEA. Ces prestations sont effectuées tous les jours, du lundi au vendredi de 8 heures à 17 heures.
