


Conception et fabrication d'un Cryostat de Qualification des Cibles Cryogéniques (CQCC) et de sa table optique pour le CEA de Grenoble

Date : 20 Octobre 2025
Référence : DSBT-CDC-25-65-1.1 (voir Gestion Documentaire)
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 réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 2 / 28
---	--	---


Diffusion

Plateforme PLACE pour consultation
Tous les auteurs et contributeurs DSBT
Secrétariat

par mail
par mail
par mail


Liste des Acronymes

CEA	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
CQCC	Cryostat de Qualification des Cibles Cryogéniques
DSBT	Département des Systèmes Basses Températures
IRIG	Institut de Recherche Interdisciplinaire de Grenoble
P&ID	Process and Instrumentation Diagram
RX	Radiographie X

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 3 / 28
---	--	---

CONTENU

1	DOCUMENTS ET FICHIERS APPLICABLES.....	4
2	INTRODUCTION	5
3	PRÉSENTATION DE L'ÉQUIPEMENT CQCC	6
3.1	Vue d'ensemble de l'équipement CQCC	6
3.2	Présentation du cryostat et fonctionnalités principales	7
3.2.1	<i>Structure du cryostat</i>	<i>7</i>
3.2.2	<i>Enceintes à vide</i>	<i>7</i>
3.2.3	<i>Chaîne froide</i>	<i>8</i>
3.2.4	<i>Système d'écrans thermiques</i>	<i>8</i>
3.2.5	<i>Fonctions principales du cryostat</i>	<i>9</i>
3.3	Description détaillée du cryostat.....	10
3.3.1	<i>Enceintes à vide</i>	<i>10</i>
3.3.2	<i>Système d'écrans thermiques</i>	<i>13</i>
3.3.3	<i>Chaîne froide</i>	<i>16</i>
3.4	Description de la table optique équipée	19
3.4.1	<i>Table optique</i>	<i>19</i>
3.4.2	<i>Système de translation et de positionnement du cryostat.....</i>	<i>20</i>
3.4.3	<i>Plateaux coulissants et plots de supportage des enceintes à vide</i>	<i>20</i>
3.4.4	<i>Chaines porte-câbles et porte-flexibles fluides.....</i>	<i>21</i>
3.4.5	<i>Systèmes complémentaires positionnés sur la table optique équipée</i>	<i>22</i>
4	PÉRIMÈTRE DES PRESTATIONS.....	23
4.1	Périmètre général de la prestation	23
4.2	Poste 0 : Réunion de démarrage.....	23
4.3	Poste 1 : Vérification, Finalisation des études CEA et réalisation d'études de conception	23
4.3.1	<i>Poste 1-A : Vérification des notes calculs</i>	<i>23</i>
4.3.2	<i>Poste 1-B : Vérification et finalisation des études CEA et réalisation d'études complémentaires</i>	<i>24</i>
4.4	Poste 2 : Revue de conception détaillée	24
4.5	Poste 3 : Plans d'ensemble et plan de détails.....	25
4.6	Poste 4 : Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle	25
4.7	Poste 5 : Fabrication	25
4.8	Poste 6 : Assemblage de l'équipement CQCC.....	26
4.9	Poste 7 : Essais Usine.....	26
4.10	Poste 8 : Essais sur site CEA	26
5	EXIGENCES TECHNIQUES	26
6	FOURNITURES CEA	26
7	CONTACTS	27
	ANNEXES	28
A1.	Annexe 1 – Tableau des cas de charge	28




	CEA - GRENOBLE	Département des Systèmes Basses Températures
	Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 4 / 28

1 DOCUMENTS ET FICHIERS APPLICABLES

Les documents et fichiers applicables suivant sont remis **sur demande** pendant la consultation : AD1, AD2, AD12.

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

	<i>Titre</i>	<i>Référence</i>
AD1	Tableau des exigences	DSBT-CDC-25-66-1.0
AD2	Nomenclature	DSBT-LI-25-67-1.0
AD3	Plan soufflet	2023-09-B-1 Soufflet à ressorts
AD4	Plan Bloc thermométrique	S056-A-300
AD5	Plan baïonnette	2020-4-A Baïonnette
AD6	Plan des éprouvettes de conductivité thermique	S081 Eprouvette conductivité thermique
AD7	Plan des éprouvettes de conductivité thermique	S084 Eprouvette RRR
AD8	Plan implantation instrumentation	CQCC-INSTRUMENTATION
AD9	Note de calcul de tenue mécanique des enceintes au vide et à la pression	CQCC-Calculs-vide-pression
AD10	Note de calcul de tenue mécanique des enceintes au flambage lors de la mise sous vide	CQCC-Calculs-flambage
AD11	Note de calcul de tenue mécanique des éléments internes du cryostat aux contraintes d'origine thermomécanique	CQCC-Calculs-thermomécaniques
AD12	Fichiers CAO de l'équipement CQCC	2023-09 CQCC

  	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 5 / 28
---	--	---


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 de l'équipement CQCC qui permettra d'étudier et d'établir les paramètres physiques de formation de cibles cryogéniques. Dans le cas présent ces cibles se présentent sous la forme de sphère de quelques millimètres de diamètre, composées d'isotopes de dihydrogène portés à l'état solide, et sont destinées à terme à être utilisées 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 finalisation et la vérification de la conception, la réalisation d'études complémentaires et pour la fourniture de l'équipement CQCC.**

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 réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 6 / 28
---	---	---

3 PRÉSENTATION DE L'ÉQUIPEMENT CQCC

3.1 VUE D'ENSEMBLE DE L'ÉQUIPEMENT CQCC

La Figure 1 présente une vue 3D de l'équipement CQCC. Cet équipement est principalement composé d'un cryostat disposé sur une table optique « équipée ». Le cryostat et la table optique « équipée » sont l'objet de ce cahier des charges. La table constitue la surface de référence pour le cryostat et pour un système caractérisation des cibles cryogéniques par radiographie X. Ce système n'est pas représenté sur la Figure 1 mais sera fourni et positionné par le CEA à sur l'extrémité avant de la table optique (côté droit sur la Figure 1) à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC.

Le cryostat peut être déplacé entre deux positions de travail principales : soit maintenance/caractérisation optique soit caractérisation RX (voir Figure 2). La chaîne porte-câbles installée sous la table optique permet aux tuyauteries et aux câbles reliés au cryostat d'accompagner son déplacement.

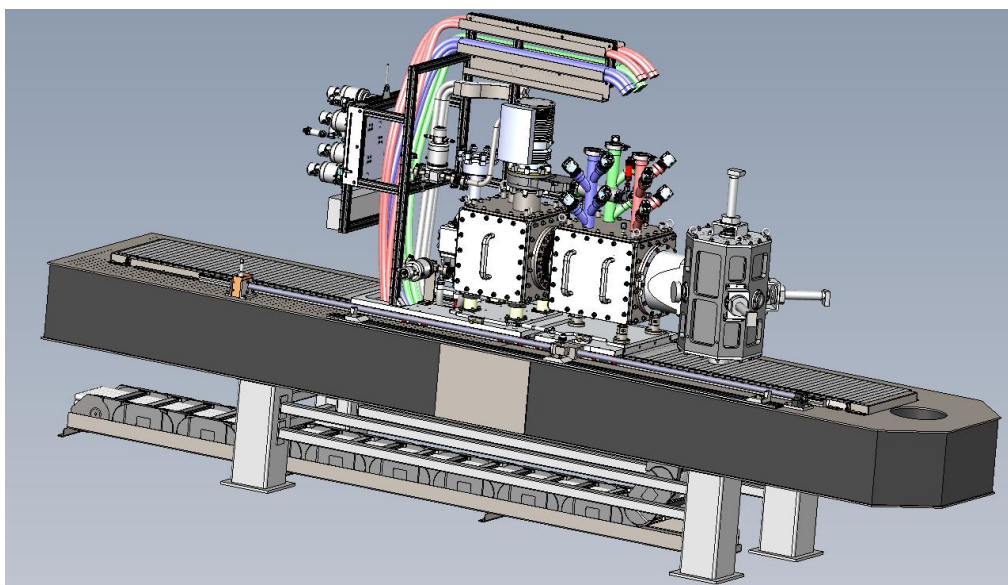


Figure 1 : vue d'ensemble de l'équipement CQCC (cryostat disposé sur une table optique)

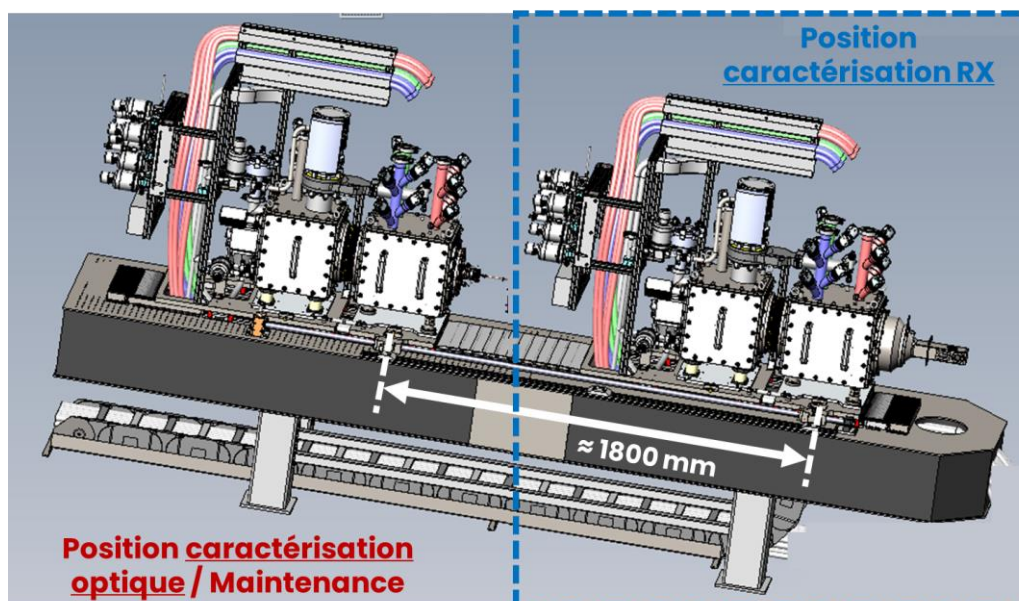



Figure 2 : illustration des positions de travail

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 7 / 28
---	---	---

3.2 PRÉSENTATION DU CRYOSTAT ET FONCTIONNALITÉS PRINCIPALES

3.2.1 Structure du cryostat

Le cryostat est composé de 3 ensembles principaux : les enceintes à vides, les écrans thermiques et la chaîne froide qui sont décrits plus en détails dans les chapitres suivants. Ces 3 ensembles sont imbriqués les uns dans les autres comme la vue en coupe de la **Figure 3** ci-dessous le présente.

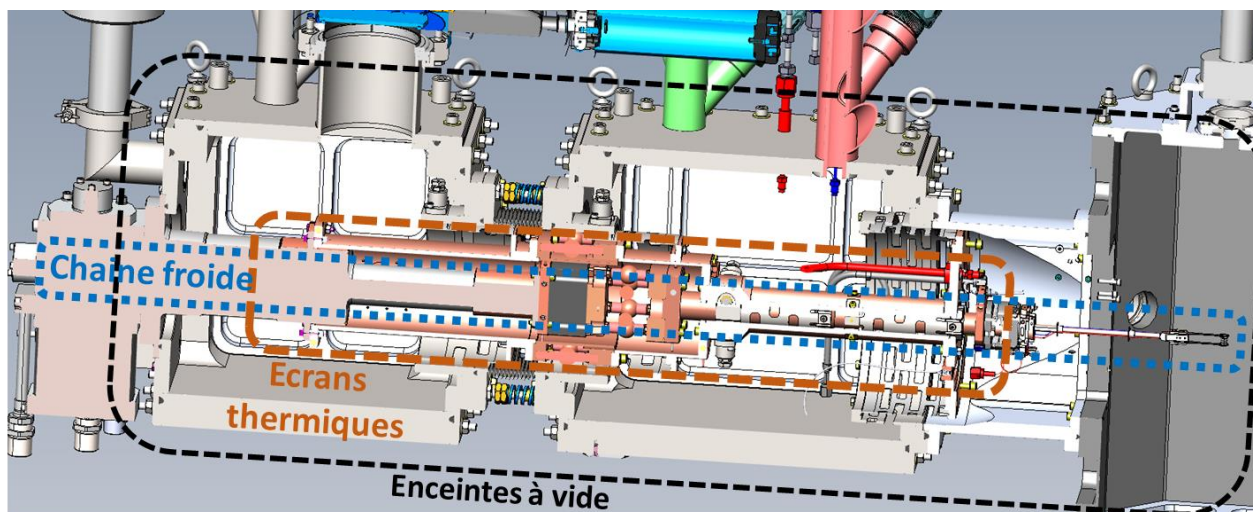


Figure 3 : vue en coupe du cryostat

3.2.2 Enceintes à vide

Le cryostat est composé de trois enceintes à vide interconnectées, illustrées sur la Figure 4, avec pour chacune d'entre-elles une fonction principale :

- L'enceinte n°1 permet l'intégration d'un cryo-réfrigérateur et la connexion au système de pompage (vanne et pompe turbo-moléculaire fixées au cryostat).
- L'enceinte n°2 assure le positionnement de la cible cryogénique au sein de l'enceinte n°3 pour garantir son observation par un système de caractérisation optique. Cette enceinte est découplée de l'enceinte n°1 par un dispositif d'atténuation des vibrations (soufflet).
- L'enceinte n°3 permet la caractérisation de la cible cryogénique à l'aide d'un système optique composé de caméras et d'éclairages qui seront fournis et installés par le CEA à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC.

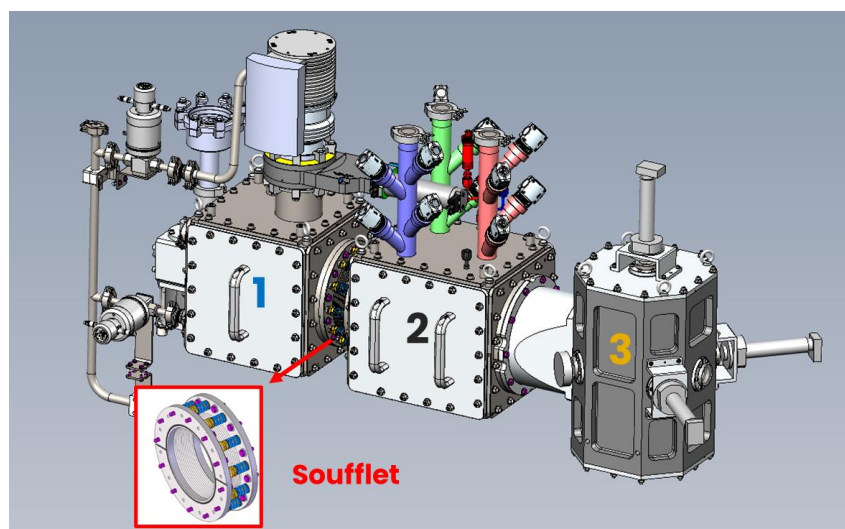



Figure 4 : cryostat composé de 3 enceintes à vide

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 8 / 28
---	---	---

3.2.3 Chaîne froide

L'intérieur du volume défini par les 3 enceintes à vide interconnectées est occupé par la chaîne froide, un ensemble de pièce qui constitue la partie opérationnelle du cryostat. Cet ensemble, visible sur la Figure 5 ci-dessous, comprend principalement :

- Le cryo-réfrigérateur,
- Un buffer thermique relié au 2nd étage de la machine qui permet un maintien à températures cryogéniques pendant quelques minutes lors de l'arrêt de la machine frigorifique (pour permettre l'observation de la cible),
- Un collier de tresse en cuivre qui est destiné à isoler au mieux la cible des vibrations induites par le fonctionnement de la machine cryogénique,
- Un barreau qui assure le supportage et la liaison thermique de l'édifice porte-cible cryogénique (l'édifice porte-cible sera installé par le CEA à l'issue de la fourniture de l'équipement). Le barreau est positionné au sein du système d'écrans thermiques par l'intermédiaire de pièces de centrage.

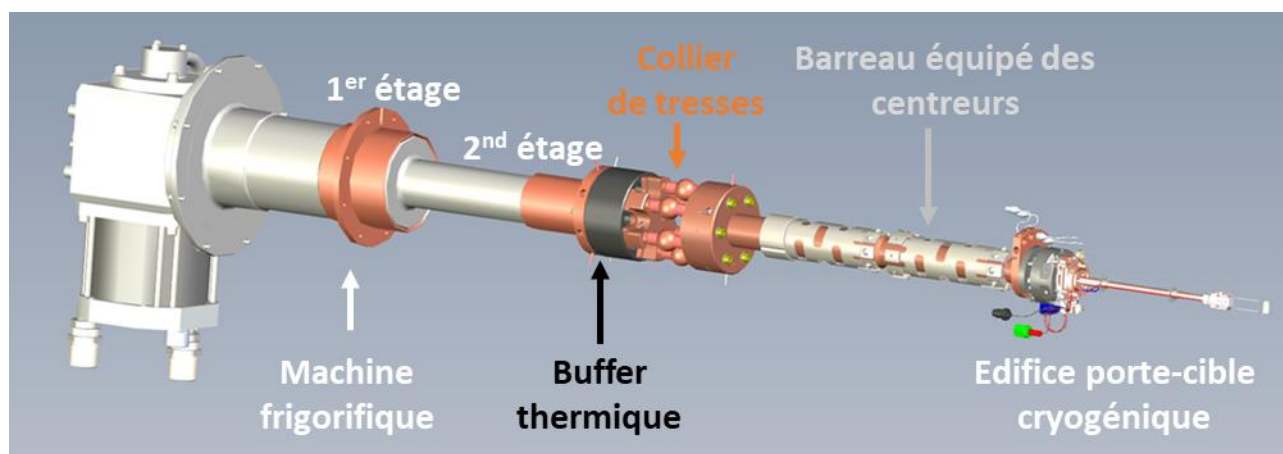


Figure 5 : chaîne froide du cryostat

3.2.4 Système d'écrans thermiques

La chaîne froide est encapsulée et centrée à l'intérieur du système d'écrans thermiques, visible sur la Figure 6 ci-dessous. Cet ensemble d'écrans a pour rôle de protéger la chaîne froide du rayonnement thermique ambiant provenant de l'intérieur des enceintes à vide.

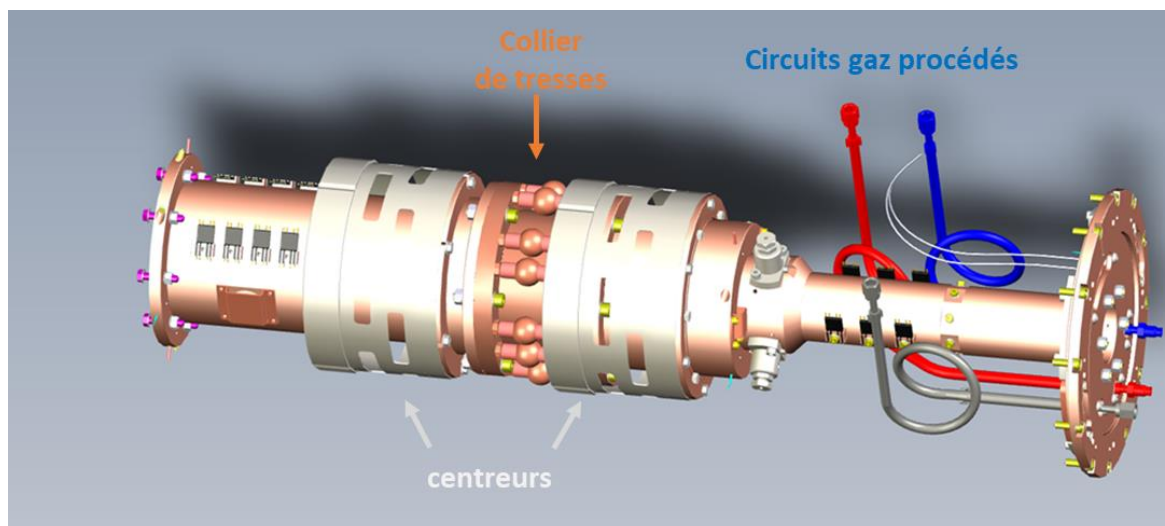



Figure 6 : système d'écrans thermiques

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 9 / 28
---	---	---

Ce système d'écrans est lui aussi relié au cryo-réfrigérateur, au niveau de son 1^{er} étage. Un collier de tresses en cuivre est inséré dans l'assemblage pour limiter la propagation des vibrations induites par le fonctionnement de la machine vers les pièces en contact avec la chaîne froide.

Des circuits permettant d'acheminer les gaz nécessaires à la production de la cible cryogénique sont associés à cet ensemble. Le positionnement du système d'écrans thermiques au sein des enceintes à vide est lui aussi réalisé par l'intermédiaire de pièces de centrage.

3.2.5 Fonctions principales du cryostat

La vue en coupe, visible ci-après sur la Figure 7, met en évidence les principales fonctionnalités du cryostat, rendue possible par la conception du CEA, pour permettre l'étude des cibles cryogéniques :

- 1) Fonctionnement sous vide et à températures cryogéniques,
- 2) Amortissement des vibrations mécaniques générées par la machine froide vis-à-vis de la cible,
- 3) Positionnement de la cible au sein de l'enceinte de caractérisation optique,
- 4) Alimentation de la cible en gaz procédé,
- 5) Caractérisation de la cible par le système optique

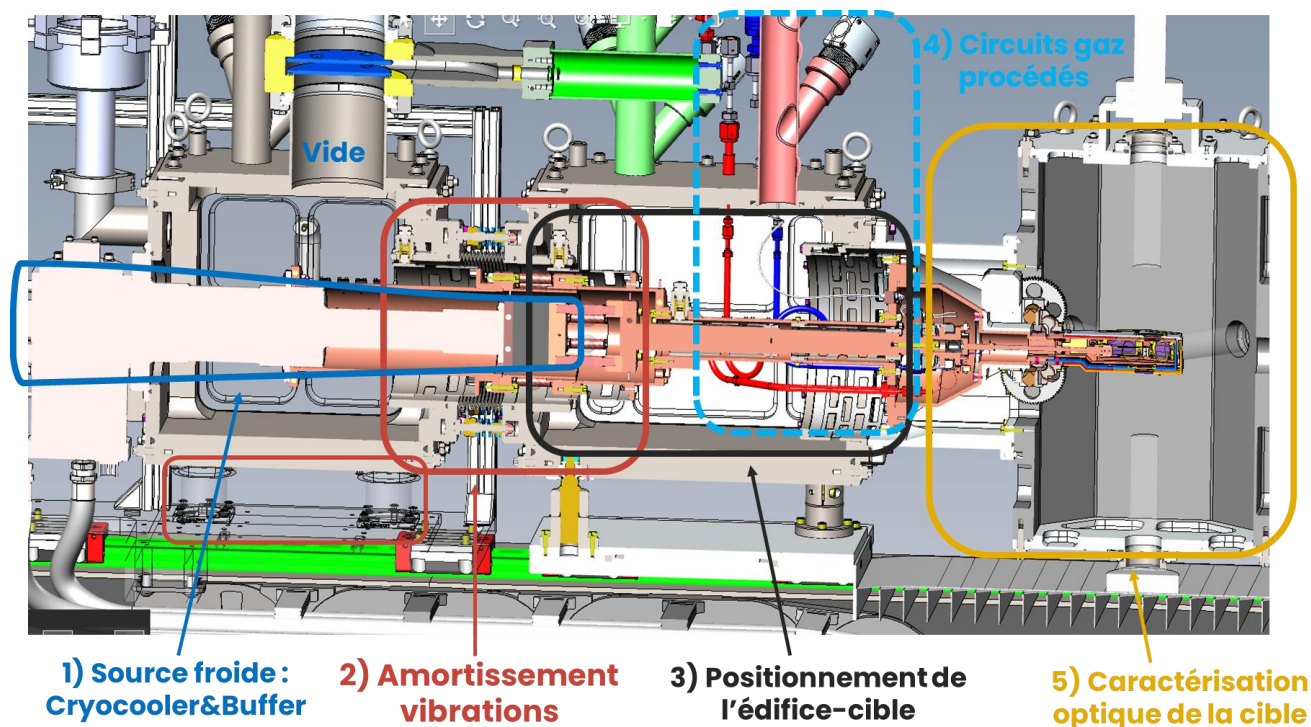



Figure 7 : Vue en coupe du cryostat et fonctionnalités principales

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 10 / 28
---	---	--

3.3 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU CRYOSTAT

Remarque préalable : L'ensemble des matériaux constitutifs des pièces décrites ci-après est précisé dans le document applicable AD2.

3.3.1 Enceintes à vide

A. Enceinte à vide n°1

Cette enceinte est composée d'un châssis mécano-soudé qui accueille des panneaux sur chacune de ses 6 faces. Quatre anneaux de levage sont positionnés sur la partie supérieure du châssis.

Ces 6 panneaux présentent les caractéristiques et les fonctionnalités suivantes :

- Le panneau horizontal inférieur est soudé au châssis. Il permet de positionner l'enceinte sur 4 plots de supportage qui seront eux-mêmes positionnés sur un plateau (les pieds et plateaux sont décrits au 3.4.3).
- Le panneau horizontal supérieur, vissé quant à lui sur le châssis, accueille le 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. Ce panneau accueille aussi un piquage sur lequel est soudé un support de connecteurs 4 branches qui permet de mettre en place les raccords électriques étanches destinés au passage des fils de l'instrumentation interne au cryostat (communément nommé « sapins »).
- Le panneau vertical en face arrière, boulonné au châssis, permet de fixer le cryo-réfrigérateur (fourniture CEA). Ce panneau accueille aussi 2 embouts de type ISO-KF DN25 pour positionner une vanne (by-pass pompage turbo) et une jauge à vide. Un raccord coudé DN40 est aussi soudé sur le panneau. Il permet l'installation d'un clapet de sécurité par l'intermédiaire d'un port de type ISO-KF DN40. Sur ce panneau est enfin soudé un tube DN4 sur lequel est installé un raccord gaz de type VCR.
- Le panneau vertical en face avant (nommé porte-soufflet) permet de fixer, du côté externe à l'enceinte, le soufflet à coupelles soudées équipé de ressorts. Du côté interne à l'enceinte la conception permet de supporter 3 poussoirs à bille flexibles qui constituent avec des centreurs dits « à glissière » le système de centrage glissant des écrans thermiques (voir chapitre 3.3.2). Ce panneau est boulonné au châssis.
- Les deux panneaux verticaux latéraux permettent d'accéder aux éléments internes de cette enceinte et sont donc chacun équipés à cette fin d'une poignée pour être manipulés à la main. Ces panneaux sont tous les 2 boulonnés sur le châssis. Une anodisation devra être appliquée sur la face externe de ces panneaux.

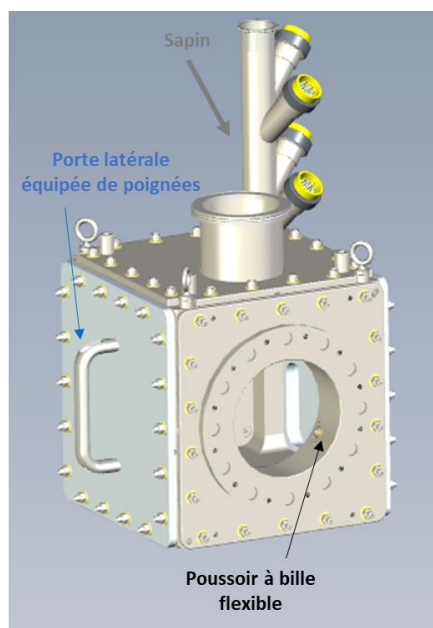



Figure 8 : enceinte n°1

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 11 / 28
---	---	--

B. Enceinte à vide n°2

Cette enceinte a une structure similaire à l'enceinte n°1. Elle aussi est composée d'un châssis mécano-soudé qui accueille des panneaux sur chacune de ses 6 faces. Quatre anneaux de levage sont positionnés sur la partie supérieure du châssis.

Ces 6 panneaux présentent les caractéristiques et les fonctionnalités suivantes :

- Le panneau horizontal inférieur est soudé au châssis. Il permet de positionner l'enceinte sur 3 plots réglables de supportage de l'enceinte qui seront eux-mêmes positionnés sur un plateau (les pieds et plateaux sont décrits au chapitre 3.4.3).
- Le panneau horizontal supérieur, vissé quant à lui sur le châssis, accueille 3 piquages sur lesquels sont soudés des supports de connecteurs 4 branches qui permettent de mettre en place des raccords électriques étanches destinés au passage des fils de l'instrumentation interne au cryostat (communément nommé « sapins »). Ce panneau accueille aussi 3 tubes soudés sur lesquels sont rapportés les raccords gaz du circuit gaz procédé (décrit au chapitre 3.3.2).
- Le panneau vertical en face arrière (nommé porte-soufflet) permet de fixer, du côté externe à l'enceinte, le soufflet à coupelle soudée équipé de ressorts. Du côté interne à l'enceinte la conception permet de supporter 3 poussoirs à bille flexibles qui constituent avec des centreurs dits « à glissière » le système de centrage glissant des écrans thermiques (voir chapitre 3.3.2). Ce panneau est boulonné au châssis.
- Le panneau vertical en face avant est équipé, du côté extérieur à l'enceinte, d'une bride destinée à recevoir l'enceinte n°3. Du côté interne de l'enceinte la conception de ce panneau offre une interface de positionnement dite « fixe » aux écrans thermiques.
- Les deux panneaux verticaux latéraux permettent d'accéder aux éléments internes de cette enceinte et sont donc chacun équipés à cette fin de deux poignées pour être manipulés à la main. Ces panneaux sont tous les 2 boulonnés sur le châssis. Une anodisation devra être appliquée sur la face externe de ces panneaux.

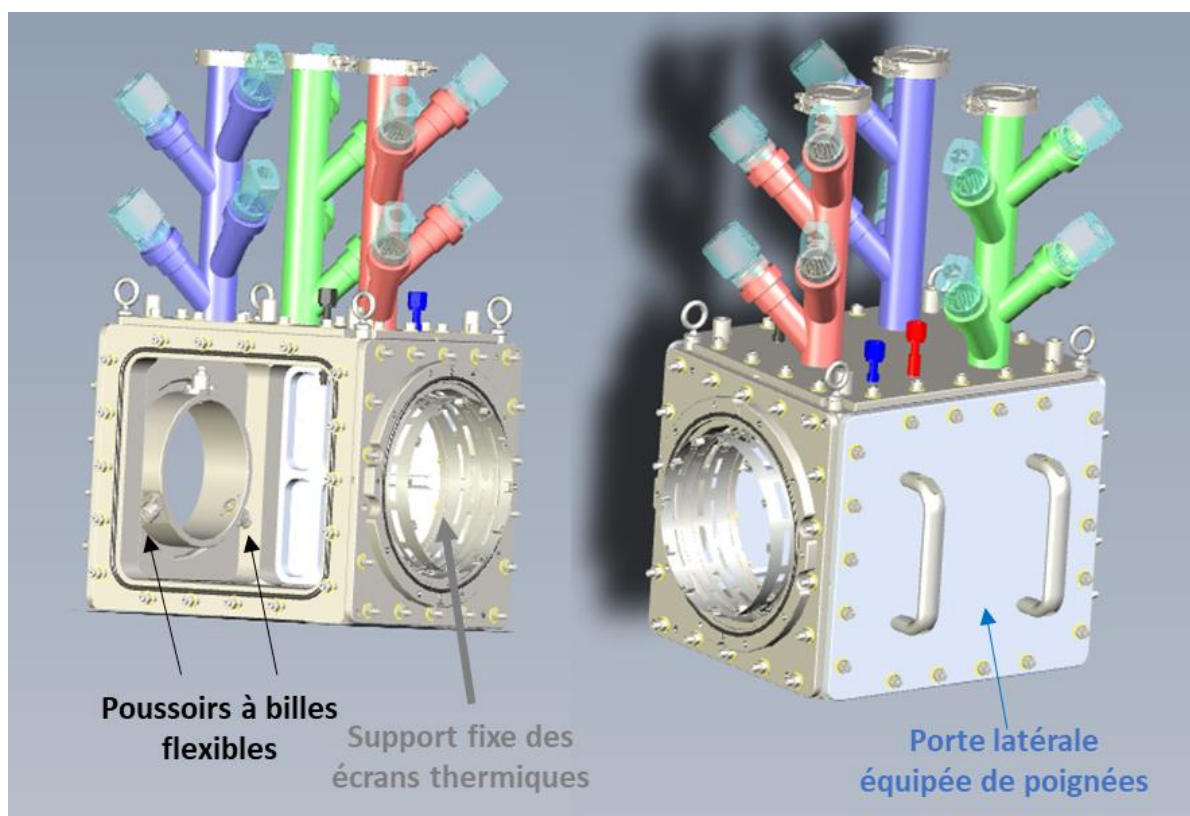



Figure 9 : enceinte n°2

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 12 / 28
---	---	--

C. Soufflet d'amortissement à coupelles soudées et à ressorts

Cet ensemble se compose principalement d'un soufflet à coupelles soudées et de 12 ressorts disposés en périphérie qui ont pour fonction de contre-carrer l'effet de fond lié à la mise sous vide (qui comprimerait autrement le soufflet).

Le CEA a sélectionné un soufflet et des ressorts adaptés. Les fournisseurs et les références de ces éléments sont disponibles dans les onglets dédiés du document applicable AD2.

Le CEA fournira au titulaire la précontrainte à appliquer sur les ressorts pour contrecarrer l'effet de fond. **Le titulaire a la charge de vérifier** que cette précontrainte des ressorts n'entraîne pas un déplacement lié à la compression du soufflet de plus de **1 mm** lors de la mise sous vide.

D. Enceinte à vide optique

Cette enceinte se présente sous la forme d'un octogone (Figure 10) sur lequel sont rapportés des capots horizontaux inférieur et supérieur ainsi qu'une « manchette » qui permet de raccorder l'ensemble ainsi constitué à l'enceinte n°2. Tous ces éléments sont en alliage d'aluminium, dont le grade est spécifié dans le document applicable AD2, afin de limiter la masse de cette enceinte pour favoriser les opérations de manutention. Cette enceinte octogonale est prévue à ce stade d'être usinée dans la masse. La manchette serait quant à elle soudée à cette enceinte. Les capots inférieur et supérieur sont boulonnés à l'enceinte octogonale. Le panneau supérieur reçoit 4 anneaux de levage. Cette enceinte devra être anodisée sur ces faces externes.

Cette enceinte sera équipée, en regard des hublots, de caméras et d'éclairage qui seront fournis et installés par le CEA à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC. La référence des hublots à monter sur cette enceinte est disponible dans le document applicable AD2

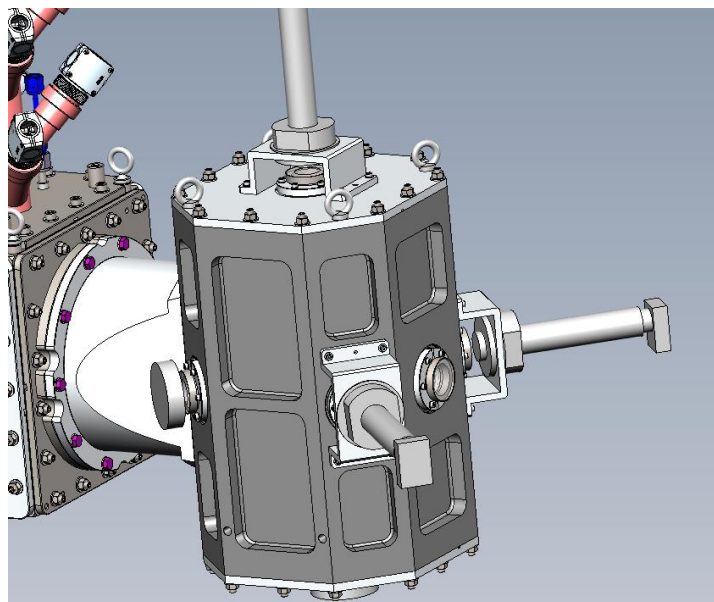



Figure 10 : enceinte à vide optique

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 13 / 28
---	---	--

3.3.2 Système d'écrans thermiques

Le système d'écrans thermiques est composé des pièces principales suivantes qui sont décrites dans la suite du chapitre : les écrans thermiques (n°1, 2, 3 et 4) sur lesquels sont fixés des blocs de thermalisation, un collier de tresses, des centreurs à glissières, des poussoirs à billes et les circuits gaz procédés.

A. Ecrans thermiques n°1, n°2, n°3 et n°4

Le système d'écrantage se compose de 4 écrans thermiques fixes. A titre d'information un écran thermique amovible, conçu pour la caractérisation optique, peut être raccordé à l'écran n°4. Cet écran sera fourni et installé par le CEA à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC.

Il est prévu à ce stade que le matériau constitutif de ces écrans thermiques soit du cuivre dont le grade est indiqué dans le document applicable AD2.

Un **traitement de la surface des écrans de type « dorure »** est prévu 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.**

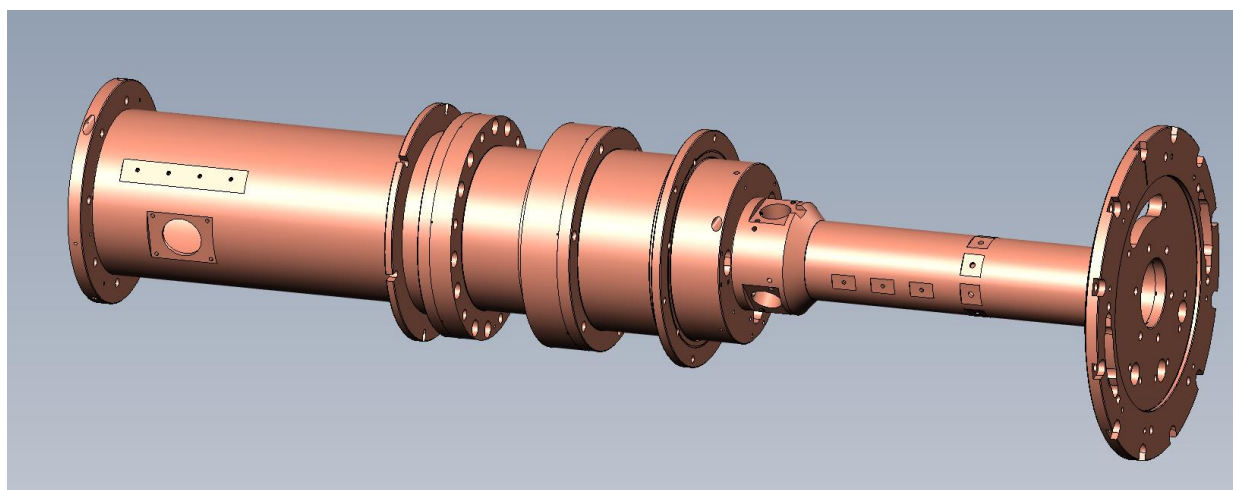


Figure 11 : écrans thermiques

B. Thermalisation des fils reliés à l'instrumentation

Des blocs de thermalisation des fils (reliés aux thermomètres et aux chauffages disposés sur la chaîne froide) sont positionnés sur les écrans thermiques n°1 et n°3.

Le plan de ces pièces est inclus dans les documents applicables de ce cahier des charges. Elles devront être fabriquées en cuivre dont le grade est spécifié dans le document applicable AD2. Les connecteurs de type Glenair seront mis en place par le CEA en même temps que le reste de l'instrumentation interne du cryostat, lors de points d'arrêts de l'assemblage de l'équipement convenus avec le titulaire (voir chapitre 4.8)

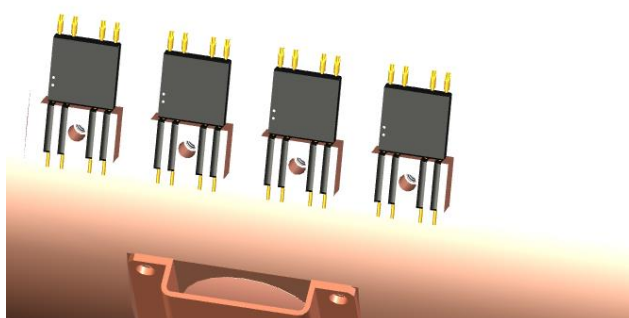



Figure 12 : blocs de thermalisation

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 14 / 28
---	---	--

C. Collier à tresses 1^{er} étage

Ce collier de tresses est un dispositif qui, en plus de son rôle d'amortisseur de vibrations précédemment présenté, permet de compenser les modifications de longueur des écrans thermiques rigides auxquels il est mécaniquement lié en lien avec les contractions à froid.

Lors de l'assemblage de l'ensemble du système d'écrans thermiques dans les enceintes à vide, **le collier devra pour cela être monté avec les tresses en position pré-comprimées sur une course de 10 mm** (ce qui est rendu possible par la souplesse des tresses).

Le matériau retenu pour la confection des brides et des tresses est du cuivre dont le grade est spécifié dans le document applicable AD2. Les brides recevront le même traitement de surface que les écrans.

Le mode d'assemblage demandé par le CEA pour les tresses dans les brides est une soudure par faisceau d'électrons de manière à garantir un lien mécanique et thermique optimal. Le CEA fournira au titulaire et la **référence des tresses à utiliser**.

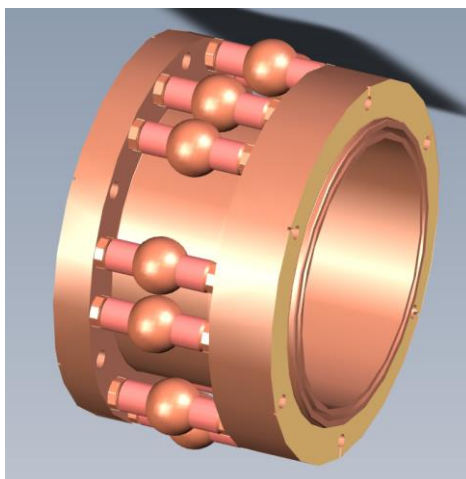


Figure 13 : collier de tresse du 1er étage avec les tresses montées « pré-comprimées »

D. Centreurs à glissière des écrans

Ces 2 centreurs sont guidés et supportés chacun par 3 poussoirs à billes flexibles, eux-mêmes maintenus par les portes soufflet des enceintes n°1 et n°2 (voir schéma d'ensemble du système au 3.3.3 / E).

L'ensemble ainsi formé constitue un système de centrage dit « glissant » des écrans thermiques. En association avec les colliers de tresses, ce système permet d'accompagner les mouvements relatifs à la contraction à froid des écrans thermiques tout en assurant le centrage des écrans. Le matériau constitutif de ces centreurs est précisé dans le document applicable AD2.

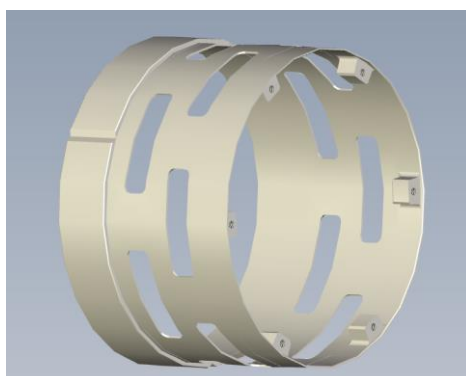



Figure 14 : centreurs à glissière des écrans

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 15 / 28
---	---	--

E. Poussoirs à billes flexible

Ces ensembles équipent à la fois les panneaux des enceintes nommés « porte soufflet », pour assurer le positionnement des écrans, et le présent système d'écrans thermiques pour assurer le positionnement de la chaîne froide. Cette fonction de positionnement est assurée en association avec les centreurs à glissière.

Les **poussoirs à billes flexibles** sont à fabriquer par le titulaire. Le CEA a sélectionné une référence du commerce en ce qui concerne le palier lisse associé à la bille. Cette référence est disponible dans le document applicable AD2. **Le choix du type de ressorts reste à la charge du titulaire.**

Le titulaire devra porter une attention particulière à ce dispositif et s'assurer que la conception du CEA permettra bien d'obtenir les fonctionnalités de positionnement et de glissement à température cryogénique.

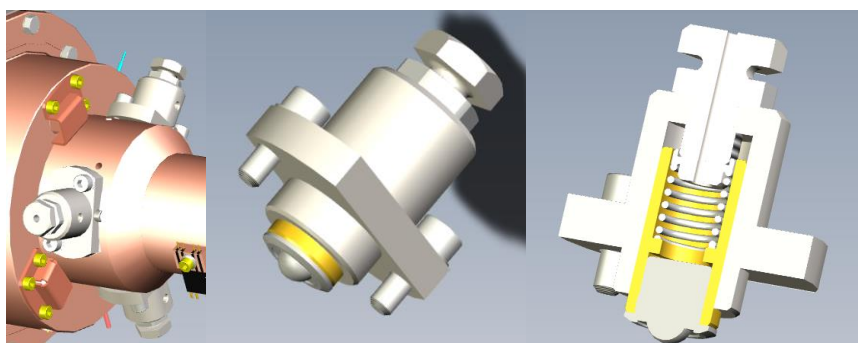


Figure 15 : poussoirs à billes flexible

F. Passage cloison VCR (circuits gaz procédé)

Ces tuyauteries sont destinées à acheminer les fluides nécessaires à la production de la cible cryogénique depuis l'extérieure de l'enceinte à vide jusqu'à la cible en elle-même. Ces ensembles sont principalement constitués des éléments suivants :

- Une tuyauterie de type capillaire (diamètre extérieur 1/16 po),
- Une gaine métallique souple en acier inoxydable qui protège le capillaire du côté du raccordement à l'enceinte à vide,
- Une portion de tuyauterie rigide qui protège le capillaire du côté du raccordement au système d'écrans thermiques. Cette portion de tuyauterie a aussi pour rôle d'offrir un point de thermalisation au flux de gaz acheminés pour le porter à une température proche de celle des écrans,
- De raccords gaz à chaque extrémité.

Des détails sur ces éléments sont apportés dans le document applicable AD2. Le CEA ne donne pas de référence du commerce pour la gaine métallique tressée et la tuyauterie capillaire. La **détermination de ce matériel devra être réalisée par le titulaire** et devra être validée par le CEA.

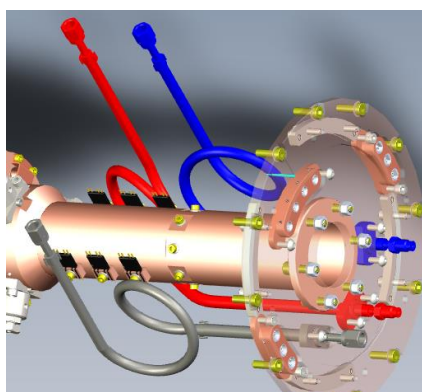



Figure 16 : Passage cloison VCR (circuits gaz procédé)

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 16 / 28
---	---	--

3.3.3 Chaîne froide

A. Machine froide

La machine froide, autrement nommé cryo-réfrigérateur, est une **fourniture CEA** qui sera transmise au titulaire lors de l'assemblage de l'équipement.

B. Interface Buffer

Cette pièce, intégrée entre le cryo-réfrigérateur et le Buffer, permet l'intégration de chauffages et thermomètres. Le matériau constitutif est précisé dans le document applicable AD2.

C. Buffer

Cette pièce est constituée d'un **matériau à forte capacité thermique à basse température**. Le CEA a retenu un **alliage constitué de plomb et d'antimoine (3 à 4%)**.

Un soin particulier doit être porté à **l'assemblage entre le Buffer et les 2 éléments auxquels il est relié** : le collier de tresses et la pièce d'interface. Le mode d'assemblage identifié à ce stade par le CEA est de type brasure. Le **mode d'assemblage retenu par le titulaire devra être validé par le CEA**.

D. Collier de tresse 2nd étage

Ce collier de tresses a les mêmes fonctions que celui du 1^{er} étage. Les exigences de conception et de fabrication demandées au titulaire sont donc identiques. La seule différence concerne les brides sur lesquelles le dépôt de dorure n'est pas demandé.

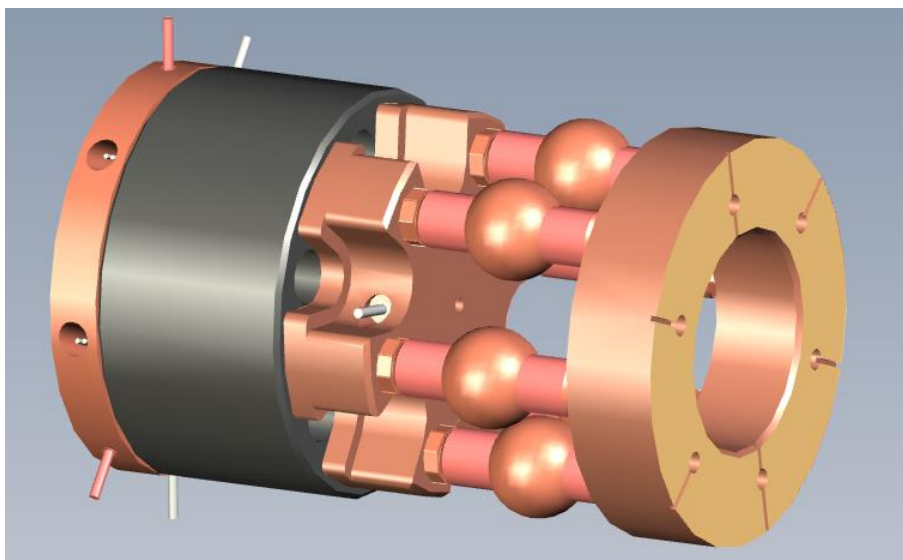



Figure 17 : ensemble constitué de la pièce d'interface, du Buffer et du collier de tresses du 2nd étage

La fourniture d'un second collier de tresses du 2nd étage est demandé en option, ainsi que la fourniture de 2 tresses équipées de leurs embouts mais non montées dans le collier. Si cette option est retenue, cette fourniture sera à faire en avance de phase de l'assemblage du cryostat.

E. Barreau support baïonnette

Cette pièce est un **élément prépondérant du cryostat** car elle **garantit le positionnement adéquat de la cible** cryogénique au sein de l'enceinte optique ainsi que la **liaison thermique** entre la source froide et l'édifice à refroidir. Ce positionnement est assuré par les systèmes de centreurs glissants et fixes des écrans thermiques et de la chaîne froide, installés en cascade comme la Figure 18 le montre ci-après.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 17 / 28
---	---	--

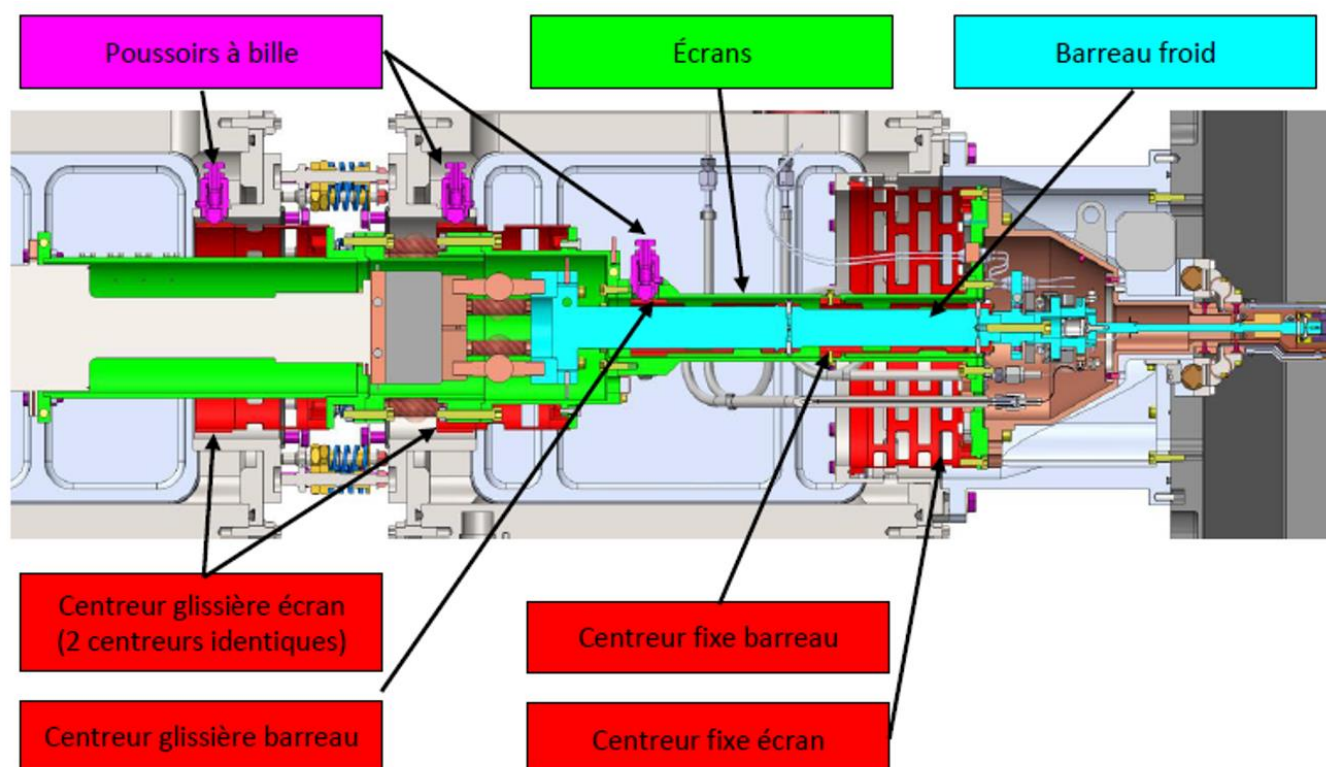


Figure 18 : système de positionnement du barreau

Le barreau est donc équipé d'un centreur fixe du côté de la cible (pour lui offrir une référence de positionnement déterminée) et d'un centreur à glissière côté opposé.

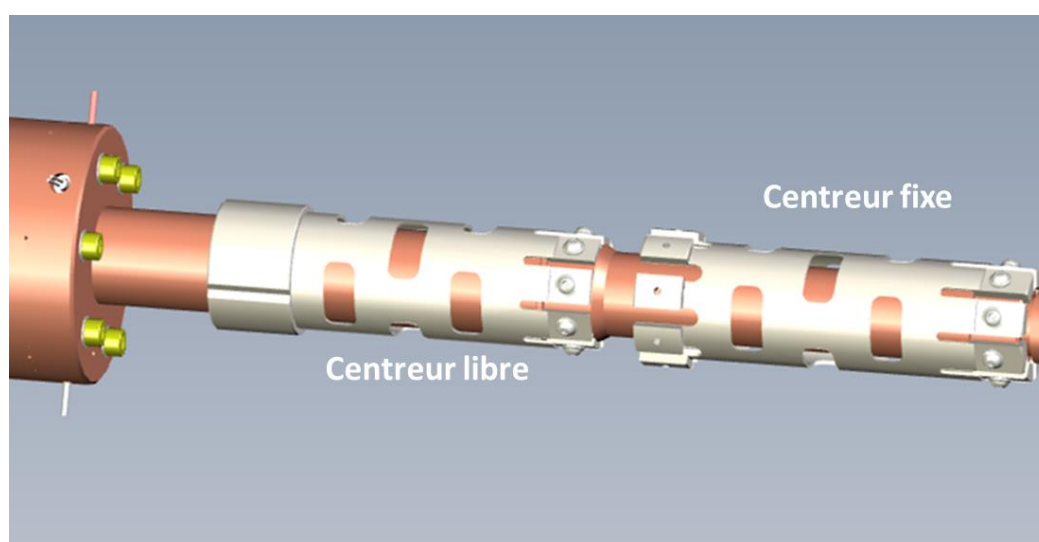



Figure 19 : Barreau équipé d'un centreur glissant et d'un centreur fixe

F. Pièce d'adaptation baïonnette

Cette pièce **permet de positionner la baïonnette** en extrémité de barreau. Le CEA a prévu une fabrication entièrement en cuivre dont le grade est spécifié dans le document applicable AD2.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 18 / 28
---	--	--

G. Colletette de fixation des connecteurs

Cette pièce permet de maintenir en place, et de thermaliser, des connecteurs électriques destinés à l'instrumentation de la cible cryogénique. Sa conception permet aussi d'intégrer un chauffage et un thermomètre. Cette pièce est en cuivre dont le grade est précisé dans le document applicable AD2.

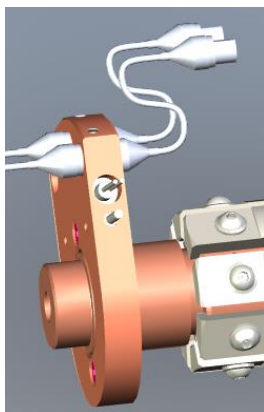



Figure 20 : colletette de fixation des connecteurs

H. Baïonnette

Cette pièce permet de **mettre en place le porte-cible cryogénique** qui sera **fourni et installé par le CEA** à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC. Le plan de cette pièce est inclus dans les documents applicables de cahier des charges.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 19 / 28
---	---	--

3.4 DESCRIPTION DE LA TABLE OPTIQUE ÉQUIPÉE

Le cryostat décrit au chapitre précédent est installé sur une table optique. Pour rappel cette table optique constitue la surface de référence pour le cryostat et pour un système caractérisation des cibles cryogéniques par radiographie X qui sera **fourni et installé par le CEA à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC**.

La table optique est équipée de plusieurs dispositifs :

- Un **système de patins sur rails** associé à un montage avec une vis à bille et un rail de butée qui constituent, une fois associés, le **système de translation et de positionnement** et du cryostat,
- Des **plateaux coulissant** sur le système de patins sur rails. Ces plateaux sont équipés d'un ensemble de plots supportant respectivement les enceintes n°1 et n°2,
- Une **chaîne porte-câble** qui permet aux câbles électriques et aux canalisations flexibles d'accompagner les mouvements de translation du cryostat.

Ces dispositifs ainsi que la table optique sont visibles sur Figure 21 ci-dessous et des compléments d'informations sont donnés dans les chapitres qui suivent.

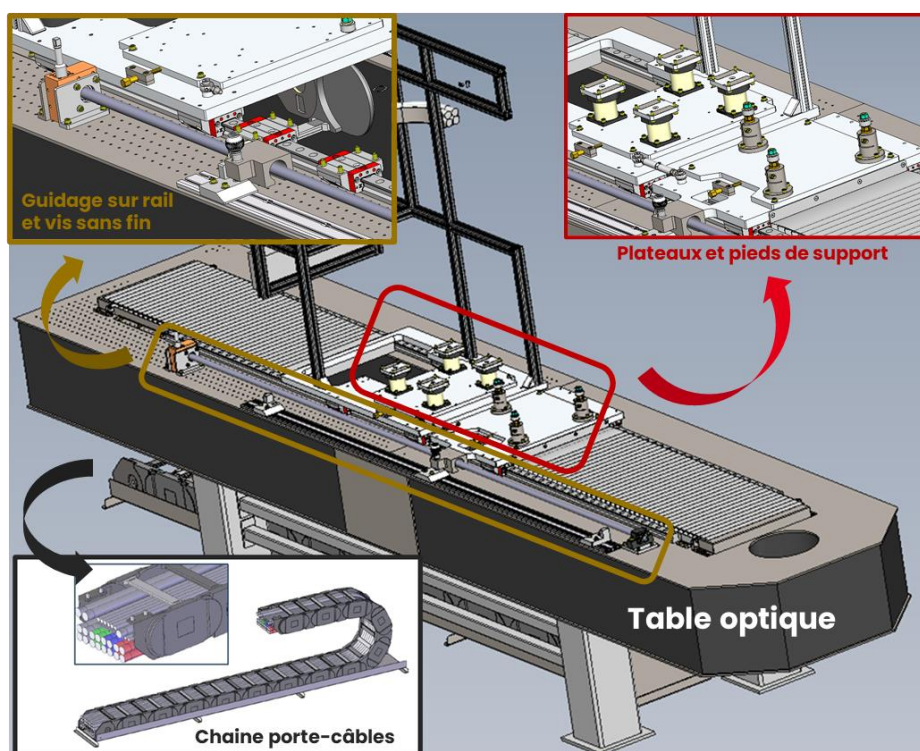



Figure 21 : table optique équipée

3.4.1 Table optique

Le CEA a défini une référence de table optique adaptée aux besoins de l'équipement CQCC. Cette référence est indiquée dans le document applicable AD2.

La fente centrale de la table, qui permet aux câbles et tuyauteries de cheminer à travers celle-ci, est obturé par un système de volets coulissant dont une référence a aussi été sélectionnée par le CEA et est renseignée dans le document applicable AD2.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 20 / 28
---	--	--

3.4.2 Système de translation et de positionnement du cryostat

Le CEA a défini des références de matériel adapté aux fonctionnalités attendues par ce dispositif. Ces références concernant donc le système de patins sur rails et le montage vis à billes sont disponibles dans le document applicable AD2.

Les rails doivent être montés **parfaitement parallèles** entre eux et par rapport à la table optique pour **garantir l'alignement du cryostat avec le futur système RX**.

3.4.3 Plateaux coulissants et plots de supportage des enceintes à vide

Les enceintes à vide n°1 et n°2 sont installées sur des plots, eux-mêmes positionnés sur un système de 2 plateaux imbriqués :

- Le **plateau inférieur** est solidaire du système de patins sur rails. Il coulisse axialement sur la table optique,
- Le **plateau supérieur**, qui supporte les plots, peut quant à lui coulisser radialement sur le panneau inférieur.

Chacune des 2 enceintes disposent d'un système de plots spécifiques, ajustables en hauteur :

- **L'enceinte n°1** peut être installée soit sur des plots de type silentbloc ou pneumatique, ou encore sur des plots rigides. **C'est la configuration en plots rigides qui est à mettre en place par le titulaire lors du montage de l'équipement.** Les plots de type pneumatique et silentbloc seront éventuellement approvisionnés et testés par le CEA à l'issue de la fourniture de l'équipement CQCC (en fonction des effets vibratoires constatés au niveau de la cible avec les plots rigides installés). **Le titulaire a néanmoins la charge de vérifier que les différents types de plots peuvent bien être interchangeables si le besoin se manifeste.** A noter que l'ajustement de la hauteur d'installation de l'enceinte est assuré par un système de calles qui sont intercalées dessus et dessous les plots.
- **L'enceinte n°2** est positionnée sur des plots ajustables en hauteur via le réglage d'une vis.

L'ajustement en hauteur, couplé au mouvement axiaux et radiaux des plateaux, permet donc un **réglage de la position des enceintes suivants 3 axes** (afin de s'aligner avec le système RX installé à terme).

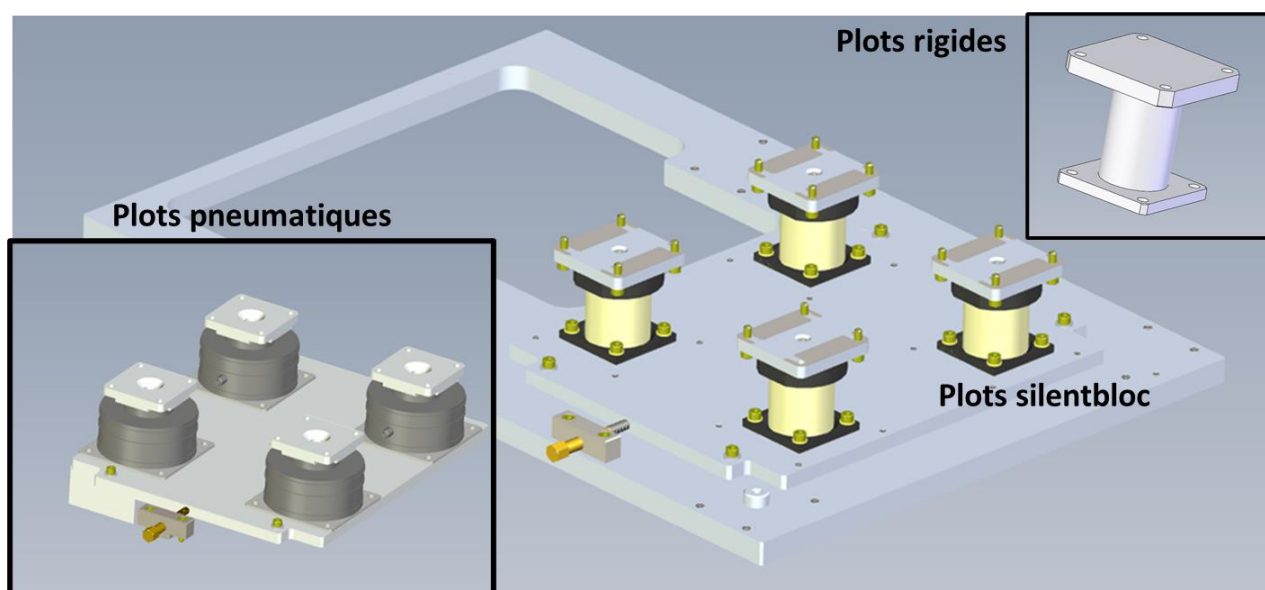



Figure 22 : plateaux et plots de l'enceinte à vide n°1

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 21 / 28
---	---	--

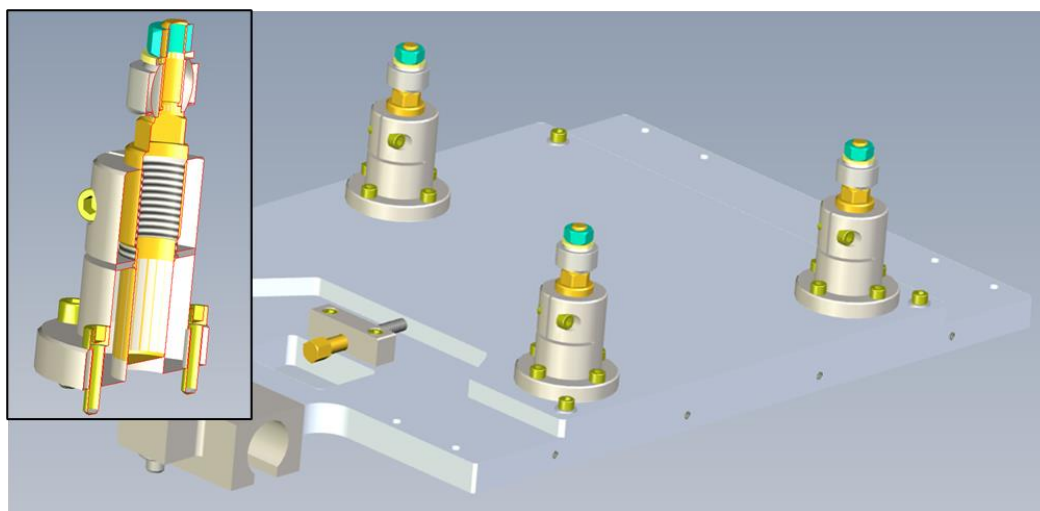


Figure 23 : : plateaux et plots de l'enceinte à vide n°2

3.4.4 Chaines porte-câbles et porte-flexibles fluides

Une référence de matériel adapté aux caractéristiques et au nombre de câbles et de tuyauteries flexibles à mettre en place dans la chaîne a été défini par le CEA.

Des études complémentaires ont mis en exergue la nécessité de scinder la chaîne unique initialement prévue en 2 chaînes distinctes contenant pour l'une les câbles électriques et pour l'autre les tuyauteries flexibles. Ces 2 chaînes seront installées dans une configuration dite « tête-bêche » :

- La **chaîne contenant les tuyauteries flexibles** sera alors positionnée dans la **même position** que celle visible sur la CAO fournie par le CEA.
- La **chaîne contenant les câbles électriques** sera positionnée en **sens opposé** par rapport à la chaîne porte-flexibles.

La possibilité de réaliser cette nouvelle configuration a été validée sur le principe par un fournisseur spécialisé dans ce type de matériel.


L'étude détaillée de cette nouvelle configuration reste à réaliser par le titulaire. La liste (et les caractéristiques identifiées à ce jour) des câbles électriques et des tuyauteries flexibles à installer dans chacune des deux chaînes est disponible dans le document applicable AD2. **Les flexibles permettant d'acheminer les gaz procédés sont à étudier par le titulaire.**

Les **câbles électriques** seront fournis par le CEA et installés par le titulaire dans la chaîne porte-câbles.

Le titulaire aura aussi la charge de concevoir et de fabriquer 2 platines à positionner respectivement en entrée de chaînes porte-câbles pour l'une et en entrée de chaîne porte-flexibles pour l'autre. Ces platines auront pour fonctions :

- De **fixer mécaniquement** la position des câbles et des flexibles,
- De constituer **l'interface électrique** sur laquelle seront connectées les câbles issus de l'armoire électrique pour la platine dédiée à cet usage lors de l'installation sur site,
- De constituer **l'interface fluide** sur laquelle seront raccordés les réseaux gaz et vide pour la platine dédiée à cet usage lors de l'installation sur site.

Les listes et les caractéristiques des connecteurs électriques et des raccords fluides qui devront équiper respectivement les deux platines sont fournies dans le document applicable AD2.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 22 / 28
---	--	--


3.4.5 Systèmes complémentaires positionnés sur la table optique équipée

Deux autres dispositifs sont aussi prévus d'être installés sur la table optique :

1. Un **portique permettant le supportage de l'instrumentation et des câbles électriques** solidaires du cryostat est prévu d'être fixé sur le plateau supportant l'enceinte n°1,
2. L'instrumentation dans le cas présent est constituée de **vannes, de capteurs de pression et d'un analyseur de gaz** qui sont eux-mêmes à **installer sur un châssis de supportage dédié**, positionné sur le portique.
La liste de tous les éléments à monter sur ce châssis est disponible dans le document applicable AD2. Le P&ID, inclus dans les documents applicables de ce cahier des charges, permettra au titulaire de mettre à jour la CAO de ce châssis en fonction de la configuration retenue en fin d'étude.

La réalisation des circuits de tuyauteries reliant les différents éléments installés sur le châssis est à la charge du titulaire. Ces circuits sont destinés à contrôler les flux d'isotopes de dihydrogène qui vont alimenter la cible cryogénique. **Des exigences de réalisation de ces circuits sont indiquées dans le document applicable AD1 en ce qui concerne les soudures et le type de tuyauterie à utiliser.** Ces exigences sont aussi valables pour l'ensemble du circuit gaz procédé dédié aux isotopes de dihydrogène (ligne de la chaîne porte-flexibles, passage cloison VCR dans le cryostat).

La conception du portique et du châssis de supportage des vannes devra être finalisée par le titulaire afin de les adapter au mieux à leur fonction respective.

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 23 / 28
---	---	--

4 PÉRIMÈTRE 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 de l'équipement CQCC fournis lors de la phase de consultation sont au format SOLIDWORKS 2025.

4.1 PÉRIMÈTRE GÉNÉRAL DE LA PRESTATION

Le Titulaire aura à charge l'ensemble des postes **principaux** suivants, correspondant à différentes phases du projet de conception/réalisation de l'équipement CQCC :

- La **vérification, la finalisation et la réalisation d'études de conception** de l'équipement CQCC,
- La **revue de conception** de l'équipement CQCC à partir de l'étude CAO sous SOLIDWORKS 2025 fournie par le CEA et mise à jour par le titulaire selon les points listés au chapitre 4.2,
- La fourniture de l'ensemble **des plans d'ensemble et de détails** nécessaires à la fabrication et à l'assemblage des équipements,
- La **Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle (LOFC)**,
- La **fabrication, le contrôle et l'assemblage de tous les équipements** qui constituent l'équipement CQCC, c-à-d le cryostat installé sur la table équipée,
- **Les essais de réception sur site du titulaire puis la livraison et les essais sur site du CEA.**

Aucune prestation de câblage n'est demandée en ce qui concerne les **parties internes du cryostat**. Néanmoins ces opérations, qui seront **réalisées par le CEA**, devront être **coordonnées avec le titulaire** pour être réalisées lors de la phase d'assemblage 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 : RÉUNION DE DÉMARRAGE

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 : VÉRIFICATION, FINALISATION DES ÉTUDES CEA ET RÉALISATION D'ÉTUDES DE CONCEPTION

4.3.1 Poste 1-A : Vérification des notes calculs

Le titulaire a la charge de vérifier le dimensionnement mécanique et thermomécanique des éléments constitutifs vis-à-vis des pressions, des températures et des masses en fonctionnement détaillés en Annexe 1 – Tableau des cas de charge et repris dans le document applicable AD1. A cette fin **le CEA fournira au**

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 24 / 28
---	---	--

titulaire les documents applicables AD9, AD10 et AD 11. Ces documents sont les notes de calculs qui ont permis de valider la conception de l'équipement CQCC à ce stade.

Le titulaire aura la charge de vérifier la validité des notes de calcul et de valider de ce fait la conception CEA de l'équipement CQCC, 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 de l'équipement CQCC 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.

Le livrable de ce poste 1-A, que le titulaire valide ou non la conception CEA, est un rapport d'analyse des notes de calculs transmises qui devra être validé par le CEA.

4.3.2 Poste 1-B : Vérification et finalisation des études CEA et réalisation d'études complémentaires

Le titulaire a la charge de vérifier les études CEA des éléments listés en tant que tel dans le document applicable AD1 et parmi les principaux d'entre eux :

- Le système de centrage glissant des écrans thermiques et du barreau support de baïonnette,
- Le soufflet d'amortissement à coupelles soudées et à ressorts.

Le titulaire a aussi la charge de finaliser les études CEA des éléments listés en tant que tel dans le document applicable AD1 et parmi les principaux d'entre eux :

- Le portique de support de l'instrumentation et le châssis de supportage des vannes,
- Les lignes des passages cloison VCR (lignes gaz procédés).

Le titulaire a enfin la charge de réaliser les études des éléments listés en tant que tel dans le document applicable AD1 et parmi les principaux d'entre eux :

- Les deux chaînes dédiées pour l'une aux câbles électriques et pour l'autre aux flexibles fluides,
- Les tuyauteries flexibles intégrées dans la chaîne porte-flexibles fluides,
- Les platines d'interfaces électriques et fluides positionnées en sorties de chaînes.


Le livrable de ce poste 1-B est un rapport, qui devra être validé par le CEA, qui justifie les choix de conception pour chacun des éléments à étudier lors de cette phase.

4.4 POSTE 2 : REVUE DE CONCEPTION DÉTAILLÉE

Le titulaire devra réaliser une revue de conception à l'issue des vérifications, finalisations et réalisations des études détaillées au chapitre 4.2. Les livrables de ce poste sont :

- Le rapport de synthèse de la Revue de Conception (compilation des rapports de l'analyse des notes de calculs et du rapport de justification des choix de conception, complété le cas échéant par les nouvelles notes de calculs réalisées par le titulaire),
- 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).

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 25 / 28
---	---	--

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

Le titulaire devra fournir l'ensemble des plans d'ensemble et des plans de détails nécessaires à la fabrication et à l'assemblage de l'équipement CQCC. 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 devra valider le dossier de plans pour approbation.** Les éventuelles modifications issues de cette approbation sont comprises dans le coût global du projet, à l'exception de demandes CEA spécifiques de modifications. Elles seront intégrées au dossier pour une nouvelle soumission au CEA.

L'approbation ne représente pas une prise de responsabilité du CEA quant aux erreurs de cotation éventuelles pouvant apparaître lors de la fabrication.

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).

En fin de projet, 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. L'ensemble du dossier devra être purgé des fichiers inutiles.

4.6 POSTE 4 : LISTE DES OPÉRATIONS DE FABRICATION ET DE CONTRÔLE


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 tous les éléments** décrits dans le chapitre 3 suivant les exigences du chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

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 de l'équipement CQCC. **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 matériaux (cuivre et alliage de plomb) utilisés pour la fabrication des éléments de la chaîne froide (interface buffer, buffer, brides collier de tresses, barreau et pièce d'adaptation) et des écrans thermiques 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

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 26 / 28
---	---	--

de 1.5 à 5mm). Des éprouvettes sont aussi demandées pour garantir la profondeur de pénétration des soudures réalisées par faisceaux d'électrons.

4.8 POSTE 6 : ASSEMBLAGE DE L'EQUIPEMENT CQCC

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

Des **points d'arrêt** seront à définir pour **permettre au CEA d'installer l'instrumentation** (thermomètres et chauffages) et des câbles associés à l'intérieur du cryostat.

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.

Le **livrable** de ce poste, outre l'équipement CQCC prêt pour les essais décrits au 4.8, est un rapport décrivant **la procédure d'assemblage réalisée**. Ce livrable **devra être validé par le CEA**.

4.9 POSTE 7 : ESSAIS USINE

Les essais de l'équipement CQCC 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 usine qui devra être validé par le CEA**.

4.10 POSTE 8 : ESSAIS SUR SITE CEA

Les essais de l'équipement CQCC 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 EXIGENCES TECHNIQUES

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 cahiers des charges. Le document applicable AD2 complète le document AD1 et détaille la structure de l'équipement CQCC 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 AD1 et de la nomenclature du document AD2 sont à la charge du titulaire.**

6 FOURNITURES CEA

	CEA - GRENOBLE Département des Systèmes Basses Températures Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 27 / 28
---	--	--


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.

7 CONTACTS

Les interlocuteurs du CEA-DSBT 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
Christophe MARIETTE Responsable Qualité	04.38.78.11.62	christophe.mariette@cea.fr

Les échanges de documents électroniques seront faits si nécessaire avant la livraison de l'équipement CQCC entre le Titulaire et le CEA-DSBT 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 au moment opportun.

	CEA - GRENOBLE	Département des Systèmes Basses Températures
	Cahier des Charges pour la conception et la réalisation de l'équipement CQCC	Date : 20 Octobre 2025 Réf : DSBT-CDC-25-65-1.1 Issue – Révision : 1-1 Page : 28 / 28

ANNEXES

A1. ANNEXE 1 – TABLEAU DES CAS DE CHARGE

Le tableau ci-dessous définit les différents cas de charge à étudier pour les composants de l'équipements CQCC.

#	Pression interne [bar abs]	Pression externe [bar abs]	Température [K]	Composant	Physique	Type
1-A	0	1	300	Enceinte à vide et soufflet	Méca / Flamb	Statique
1-B	1.6	1	300	Enceinte à vide et soufflet	Méca	Statique
2-A	N/A	N/A	30 - 300	Système de centreurs fixe et glissant des écrans thermiques	Thermo/Méca	Statique
2-B	N/A	N/A	5 - 100	Système de centreurs fixe et glissant du barreau	Thermo/Méca	Statique
3	N/A	N/A	15	Pièce adaptation baïonnette	Thermo/Méca	Statique
4	90	0 - 1	300 - 5	Circuit gaz procédés	Thermo/Méca	Statique
5	N/A	N/A	300	Chaines porte-câbles et flexibles fluides	Méca	Dynamique
6	N/A	N/A	300	CQCC et attaches	Méca (Levage)	Statique

Fin du document