

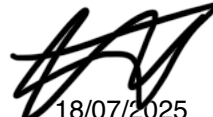
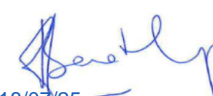


## SPECIFICATION DE FABRICATION DU CHAPEAU DE L'ENCEINTE ET DES OUTILLAGES ASSOCIES

	Auteur	Vérificateur	Vérificateur	Approbateur
<b>NOM Prénom</b>	CHARON Patrice	CAZAUX Sandrine	VANDENBROUCKE Maxence	BOONEKAMP Maarten
<b>Fonction</b>	Chargé d'affaires	Ingénieur d'études	Ingénieur chercheur	Ingénieur chercheur
<b>Date et Signature(s)</b>	 Le 17/07/2025	 Le 18/07/2025	 18/07/2025	 18/07/25

**CARTOUCHE D'EVOLUTION - DOCUMENT REVISION HISTORY**

Éditions	Dates	§ modifiés	Commentaires
0.1	20/03/2025	All	Creation
0.2	20/06/2025	All	Mise à jour
0.3	01/07/2025	All	Mise à jour
1.0	09/07/2025	All	Version pour consultation
1.1	17/07/2025	9.2	Ajout test d'étanchéité

**LISTE DE DIFFUSION****Interne :**

-

**Externe :**

-

Copies :

## SOMMAIRE

1	GLOSSAIRE	7
2	INTRODUCTION	8
2.1	Présentation du CEA et de l'Irfu	8
2.2	Présentation du projet	8
2.3	Présentation de l'expérience P2 Micromégas	9
3	DESCRIPTIF DE LA FOURNITURE	10
3.1	« Chapeau » de l'enceinte	10
3.1.1	Virole d'entrée	11
3.1.2	Section Cylindrique	12
3.1.3	Fond bombé	13
3.1.4	Tube faisceau	13
3.2	Outillages de maintien du blindage	14
3.3	Insertion du « Chapeau » de l'enceinte	15
3.3.1	Chariot de manutention	16
3.3.2	Cadre de transport	17
4	DESCRIPTIF DE LA PRESTATION	18
4.1	Etudes	18
4.2	Fabrication	18
4.3	Assemblage	18
4.4	Contrôle et tests	18
4.5	Livraison et réception	18
4.6	Livrables documentaires (récupérés sous forme de fichiers)	18
4.6.1	Études de fabrication	18
4.6.2	Contrôles Qualité	19
4.6.3	Dossier de fabrication	19
4.6.4	Contrôle et configuration	20
5	DOCUMENTS DE REFERENCE	20
5.1	Codes et normes applicables	20
5.2	Fournitures CEA au démarrage du contrat	20

<b>5.3</b>	<b>Jalons et détail du phasage lié au « Chapeau » de l'enceinte</b>	<b>20</b>
5.3.1	Etudes de fabrication liée au « Chapeau » de l'enceinte et ses outillages (châssis de manutention et cadre)	20
5.3.2	Fabrication du « Chapeau » de l'enceinte et ses outillages (châssis de manutention et cadre)	21
<b>6</b>	<b>EXIGENCES TECHNIQUES</b>	<b>21</b>
<b>6.1</b>	<b>Conditions opératoires</b>	<b>21</b>
6.1.1	Paramètres principaux	21
6.1.2	Champs magnétiques	22
6.1.3	Radiations	22
<b>6.2</b>	<b>Exigences techniques générales</b>	<b>22</b>
6.2.1	Matériaux	22
6.2.2	Soudage	22
6.2.3	Autre procédé nécessaire	22
6.2.4	Outillage	22
6.2.5	Stockage	22
<b>7</b>	<b>TESTS ET CONTROLES EN USINE</b>	<b>22</b>
7.1.1	Contrôle des soudures	23
7.1.2	Contrôle dimensionnel	23
7.1.3	Test d'étanchéité	23
<b>8</b>	<b>ASSURANCE QUALITE</b>	<b>24</b>
<b>8.1</b>	<b>Exigences générales</b>	<b>24</b>
<b>8.2</b>	<b>Non-conformités</b>	<b>24</b>
<b>8.3</b>	<b>Test et qualification</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>RECEPTION DE LA FOURNITURE</b>	<b>25</b>
<b>9.1</b>	<b>Emballage et expédition</b>	<b>25</b>
<b>9.2</b>	<b>Réception (SAT)</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>CONDITIONS GENERALES</b>	<b>26</b>
<b>10.1</b>	<b>Suivi du contrat</b>	<b>26</b>
<b>10.2</b>	<b>Réunions</b>	<b>26</b>
10.2.1	Réunion de lancement	26
10.2.2	Revue de l'état de la préparation de la fabrication (MRR)	26
10.2.3	Réunions de suivi	26
<b>10.3</b>	<b>Accès au site de fabrication</b>	<b>27</b>
<b>10.4</b>	<b>Sous-traitance</b>	<b>27</b>

10.5	Gestion de la documentation	27
10.6	Contacts	27
11	CONFIDENTIALITÉ	28

## Table des figures

Figure 1 : Expérience P2 Micromégas dans son local .....	9
Figure 2 : Expérience P2 Micromégas dans son local (vue en coupe) .....	10
Figure 3 : « Chapeau » de l'enceinte sans fond bombé .....	10
Figure 4 : « Chapeau » de l'enceinte avec fond bombé assemblé .....	10
Figure 5 : « Chapeau » de l'enceinte assemblé monté sur l'enceinte à vide .....	11
Figure 6 : Virole d'entrée du « Chapeau » de l'enceinte .....	12
Figure 7 : Section cylindrique du « Chapeau » de l'enceinte .....	12
Figure 8 : Rails internes de guidage et de supportage de la Section cylindrique du « Chapeau » de l'enceinte .....	13
Figure 9 : Fond bombé du « Chapeau » de l'enceinte .....	13
Figure 10 : Tube faisceau du « Chapeau » de l'enceinte et son supportage .....	14
Figure 11 : Outillages de maintien et plaques de carbure de bore .....	15
Figure 12 : Représentation d'un outillage de maintien des plaques de carbure de bore .....	15
Figure 13 : Local de l'expérience où le « Chapeau » de l'enceinte sera implanté .....	16
Figure 14 : Section cylindrique et fond bombé sur le chariot de manutention .....	16
Figure 15 : Section cylindrique et fond bombé sur le chariot, recevant la virole fixée au cadre de transport .....	17
Figure 16 : Section cylindrique, fond bombé et virole d'entrée assemblés pour introduction dans l'enceinte à vide .....	17
Figure 17 : « Chapeau » de l'enceinte assemblé pour le test d'étanchéité .....	24

## 1 GLOSSAIRE

<b>CEA</b>	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
<b>CR</b>	Change Request
<b>FAT</b>	Factory Acceptance Test
<b>LOFC</b>	Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle
<b>MRR</b>	Manufacturing Readiness Review (Réunion d'accord de production)
<b>QA</b>	Quality Assurance
<b>QAP</b>	Quality Assurance Plan
<b>SAT</b>	Site Acceptance test

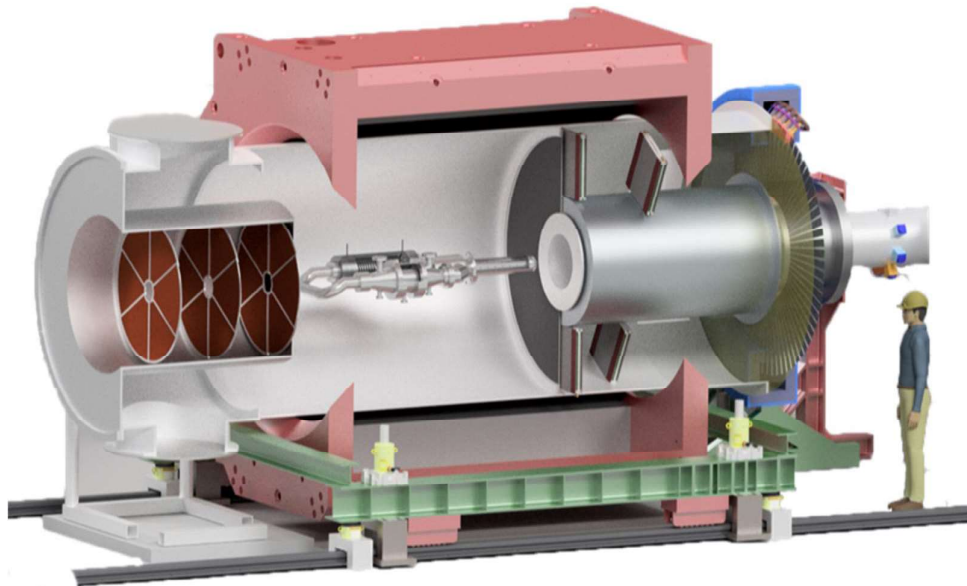
## 2 INTRODUCTION

### 2.1 Présentation du CEA et de l'Irfu

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives intervient dans quatre grands domaines : les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), les technologies pour l'information et les technologies pour la santé, les infrastructures de recherche (IR), la défense et la sécurité globale. Pour chacun de ces quatre grands domaines, le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence et assure un rôle de soutien à l'industrie.

L'Irfu (Institut de Recherche des lois Fondamentales de l'Univers) appartient à la Direction de la Recherche Fondamentale du CEA. Ses activités scientifiques relèvent de l'astrophysique, de la physique nucléaire et de la physique des particules. La majeure partie de ses activités est effectuée dans le cadre de programmes internationaux, d'institutions ou de laboratoires extérieurs en collaboration avec des laboratoires français et étrangers.

### 2.2 Présentation du projet



L'expérience de physique des particules P2, auprès de l'accélérateur MESA à Mayence (Allemagne), est actuellement en construction.

Son objectif principal est la mesure précise d'un paramètre du Modèle Standard de la physique des particules. Le détecteur Basket, basé sur la technologie de détection de particules MicroMegas, est un sous-détecteur essentiel de l'expérience, permettant d'atteindre la précision désirée. Basket est composé de trois disques de détection, constitués chacun de six modules couvrant 60°.

L'ensemble du système de détection est installé dans une enceinte, le "Chapeau", qui fait l'objet du présent cahier des charges. Le chapeau est assemblé sur une chambre à vide préexistante, avec des contraintes d'étanchéité. Le fond du chapeau est constitué d'une membrane fine, dont le but est d'être la plus transparente possible au passage de particules de basse énergie.



## 2.3 Présentation de l'expérience P2 Micromégas

Une vue générale de l'expérience P2 Micromégas implantée à Mayence figure ci-dessous.

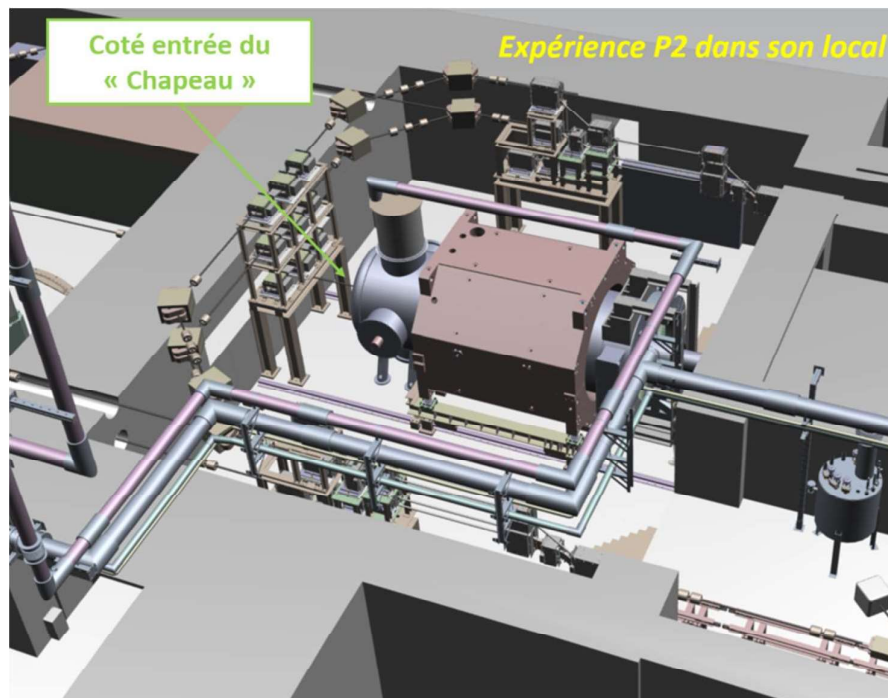
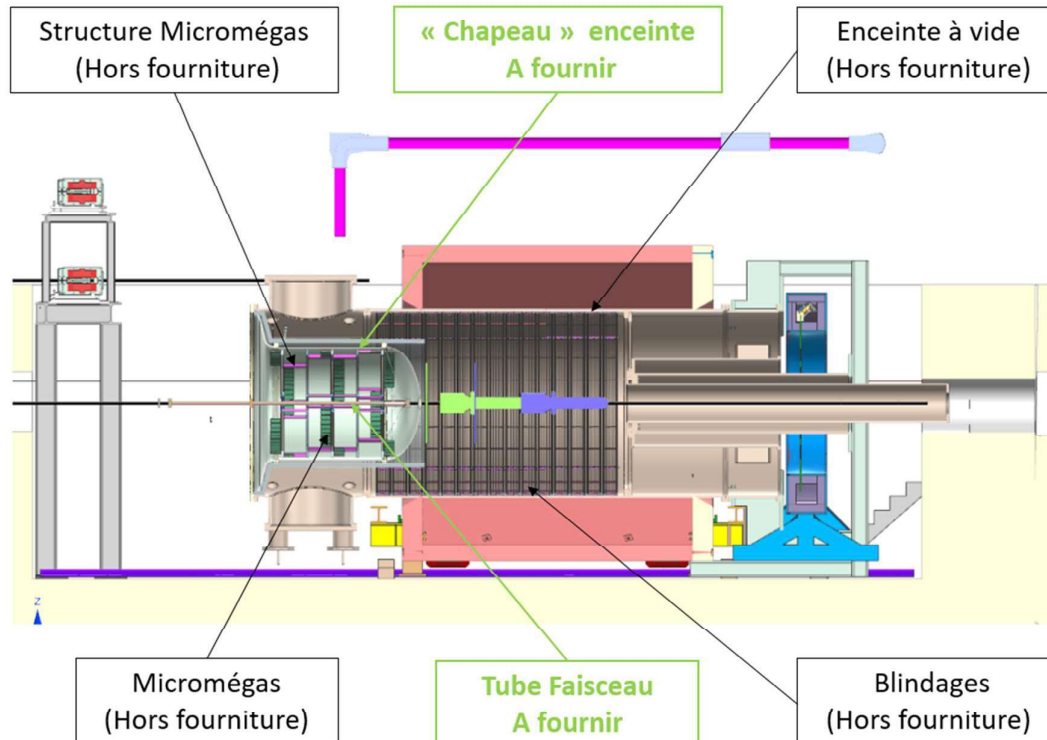


Figure 1 : Expérience P2 Micromégas dans son local



**Figure 2 : Expérience P2 Micromégas dans son local (vue en coupe)**

Les prestations décrites dans ces spécifications techniques concernent la fourniture du « Chapeau » de l'enceinte et des outillages permettant son insertion dans le local d'expérience implanté à Mayence. Ces équipements sont décrits dans les paragraphes à suivre.

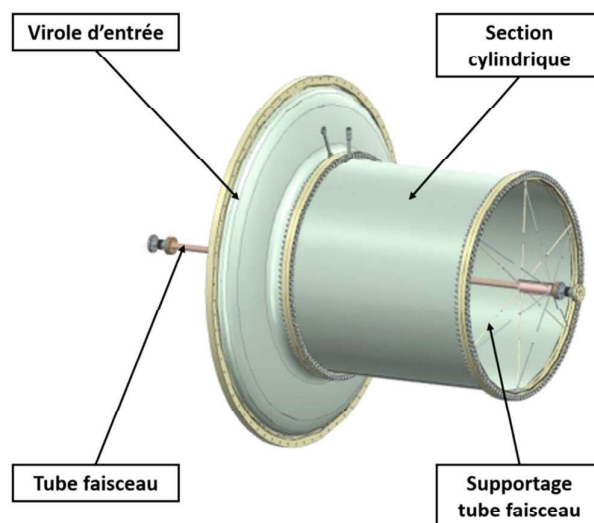
### 3 DESCRIPTIF DE LA FOURNITURE

Le « Chapeau » de l'enceinte est décrit ci-dessous avec ses différents outillages.

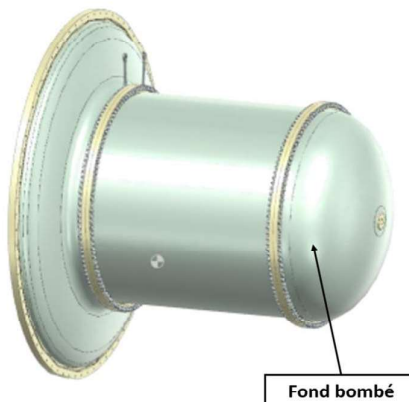
#### 3.1 « Chapeau » de l'enceinte

Le « Chapeau » de l'enceinte est constitué de 4 parties décrites ci-après : la virole d'entrée, la section cylindrique, le fond bombé, et le tube faisceau. Vous pouvez voir ces éléments assemblés dans les vues ci-dessous.

Des précisions sur leurs assemblages et leurs manutentions sont données dans le paragraphe 3.3.

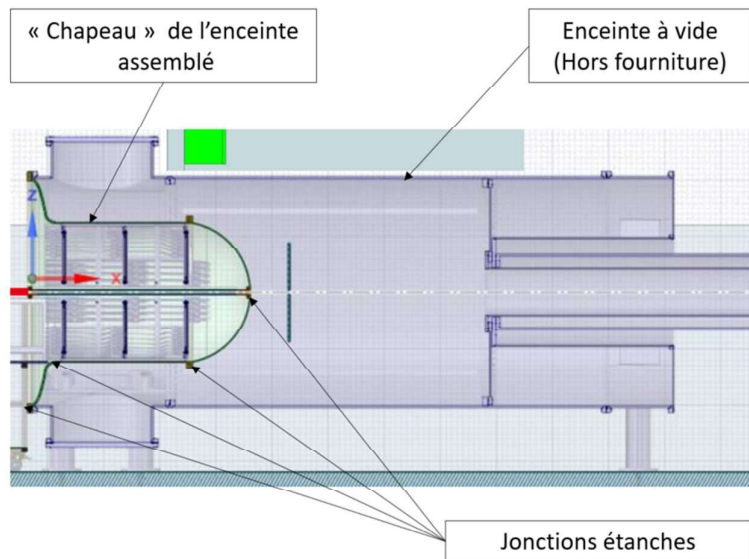


**Figure 3 : « Chapeau » de l'enceinte sans fond bombé**



**Figure 4 : « Chapeau » de l'enceinte avec fond bombé assemblé**

Une fois monté, le « Chapeau » de l'enceinte assemblé viendra fermer l'enceinte à vide déjà présente sur le lieu de l'expérience, et hors fourniture de cette présente prestation.



**Figure 5 : « Chapeau » de l'enceinte assemblé monté sur l'enceinte à vide**

Pour ces raisons, les assemblages des éléments composant le « Chapeau » de l'enceinte devront être étanches au vide, ainsi que la fixation du « Chapeau » de l'enceinte assemblé sur l'enceinte à vide.

### 3.1.1 Virole d'entrée

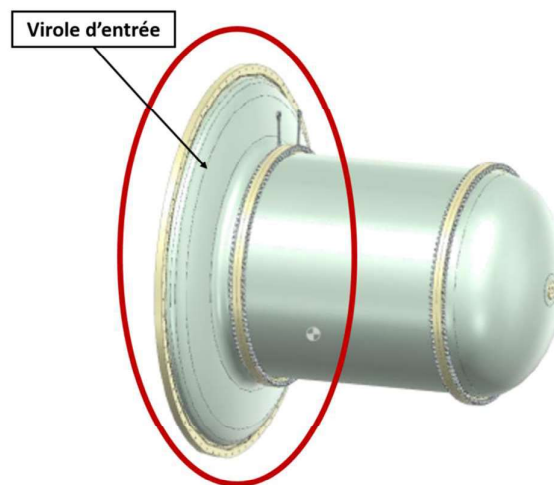
La virole d'entrée est une couronne cylindrique en aluminium AW-6082 composée d'une bride d'un diamètre de 2444 mm et d'une bride de diamètre 1500 mm reliées entre elles par une tôle formée d'épaisseur 15 mm. La longueur des trois parties soudées étanches entre elles est de 321 mm.

Pour assurer l'étanchéité des assemblages vissés, la bride de grand diamètre comportera 71 trous diamètre 13,5 H 13, celle de petit diamètre 119 trous diamètre 17,5 H 13.

L'étanchéité au niveau des brides sera assurée à l'aide de joints toriques élastomère / Viton®.

La masse de la virole d'entrée constituée sera d'environ 225 kg.

2x4 anneaux de levage soudés sur la périphérie des deux brides permettront la manutention de la virole d'entrée.



**Figure 6 : Virole d'entrée du « Chapeau » de l'enceinte**

### 3.1.2 Section Cylindrique

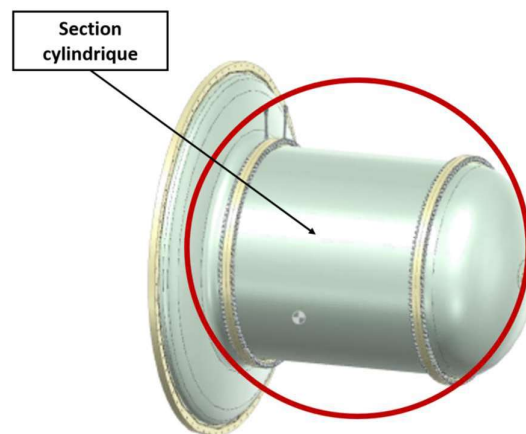
La section cylindrique est un tube de diamètre extérieur 1416 mm et d'épaisseur 8 mm en aluminium AW-6082 reliant entre elles deux brides de diamètres 1500 mm et d'épaisseur 30 mm. Le tube et les deux brides auront une longueur assemblée de 1336 mm. Les jonctions du tube et des brides seront soudées étanches.

Pour assurer l'étanchéité des assemblages vissés, les brides auront 119 trous diamètre 17,5 H 13 chacune.

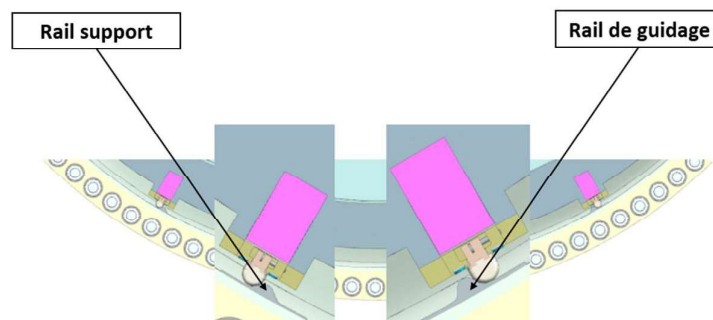
L'étanchéité au niveau des brides sera assurée à l'aide de joints toriques élastomère / Viton®. La gorge sera uniquement sur une seule des brides pour cet élément.

La masse de la section cylindrique constituée sera d'environ 155 kg.

2x4 anneaux de levage soudés sur la périphérie des deux brides permettront la manutention de la section cylindrique.

**Figure 7 : Section cylindrique du « Chapeau » de l'enceinte**

La partie interne de la section cylindrique comportera en partie basse deux rails destinés à permettre l'introduction de la structure Micro Mégas lors de son montage. Ces rails ne seront pas identiques : un rail permettra le guidage, l'autre le supportage uniquement. Ces rails sont détaillés sur le plan CEA référence 71 P2MM DM- 1100 002.



**Figure 8 : Rails internes de guidage et de supportage de la Section cylindrique du « Chapeau » de l'enceinte**

### 3.1.3 Fond bombé

Le fond bombé sera en aluminium AW-6082. Il sera constitué d'une forme elliptique d'épaisseur 0,7 mm, soudé sur une embase d'épaisseur légèrement plus importante de 2mm, elle-même soudée sur une bride d'épaisseur 30 mm et de diamètre extérieur 1500 mm. Cette bride permettra son assemblage avec la Section Cylindrique. Pour assurer l'étanchéité, la bride aura 119 trous diamètre 17,5 H 13.

L'étanchéité au niveau des brides sera assurée à l'aide de joints toriques élastomère / Viton®. Il n'y a pas de gorge de joint sur les brides pour cet élément.

L'autre extrémité du fond bombé viendra se souder sur une bride bimétal (aluminium-acier) à couteaux ISO CF DN63 permettant l'assemblage avec le tube faisceau.

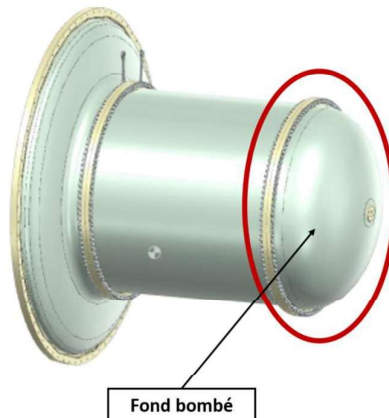
La longueur des trois parties soudées étanches entre-elles sera d'environ 800 mm.

La masse du fond bombé constitué sera d'environ 25 kg.

4 anneaux de levage soudés sur la périphérie de la grande bride permettront la manutention de la section cylindrique.

#### ⇒ **Option N° 1 : Fourniture d'un second fond Bombé**

Cette pièce étant complexe et fragile, le CEA souhaite éventuellement pouvoir en approvisionner un second exemplaire (option figurant dans le marché). A ce titre, les éventuels outillages réalisés pour la production du premier fond ne seront pas détruits et resteront propriété du CEA, même si le CEA n'en demande pas la livraison dans ses locaux.



**Figure 9 : Fond bombé du « Chapeau » de l'enceinte**

### 3.1.4 Tube faisceau

Le tube faisceau acier inox (316L ou 304L) est destiné à maintenir le vide autour du faisceau lors du passage de ce dernier à l'intérieur du « Chapeau » de l'enceinte. Il est constitué d'un tube de diamètre extérieur 44mm et d'épaisseur 2 mm, d'une longueur d'environ 1900 mm, sur lequel est soudé à chaque extrémité une bride ISO DN 63 CF inox, portant la longueur totale à 1938 mm.

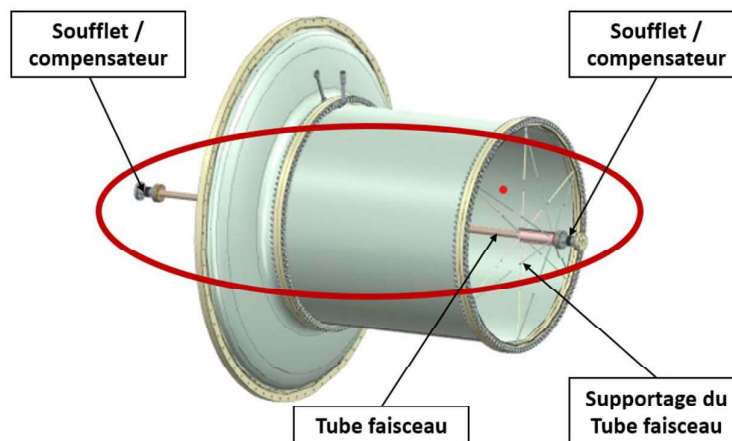
Toutes les soudures seront étanches. La masse totale du tube soudé est d'environ 6,28 kg.

Le tube faisceau sera monté définitivement sur le lieu de l'expérience lorsque le « Chapeau » de l'enceinte et le fond bombé auront été assemblés sur l'enceinte à vide. Son supportage, venant se fixer sur les brides de jonction fond bombé et section cylindrique, sera installé.

Pour rattraper les tolérances de montage, deux ensembles soufflet / compensateur sont prévus à chaque extrémité du tube faisceau. Ces soufflets / compensateurs sont décrits sur le plan 71 P2MM DM- 1200 001.



Le tube faisceau, ainsi que les ensembles soufflet / compensateur, seront néanmoins testés en étanchéité chez le Titulaire du présent marché dans ses locaux (voir paragraphe 7.1.3).



**Figure 10 : Tube faisceau du « Chapeau » de l'enceinte et son supportage**

## 3.2 Outillages de maintien du blindage

De par les contraintes de rayonnements, il est nécessaire d'entourer la partie cylindrique extérieure du « Chapeau » de l'enceinte de :

⇒ Plaques de carbure de bore (B4C) :

Celles-ci sont incluses dans la fourniture. Leurs caractéristiques et nombres figurent ci-dessous ainsi que dans la nomenclature du plan 71 P2MM DM- 1000 000.

- 16 plaques Flexibore Boreflex de format 1200 mm x 500 mm, épaisseur 5 mm,
- 8 plaques Flexibore Boreflex de format 1200 mm x 250 mm, épaisseur 5 mm,
- 

⇒ Feuilles de plomb pur sans antimoine :

Celles-ci sont incluses dans la fourniture. Leurs caractéristiques et nombres figurent ci-dessous.

- 8 feuilles de plomb pur sans antimoine de format 1200 mm x 500 mm, épaisseur 0,5 mm,
- 4 feuilles de plomb pur sans antimoine de format 1200 mm x 250 mm, épaisseur 0,5 mm,

Ces plaques seront maintenues en position à l'aide de 24 outillages vissés sur chaque bride d'extrémité, et venant presser les plaques sur la partie extérieure cylindre du « Chapeau ». Ces outillages seront en aluminium AW-6082.

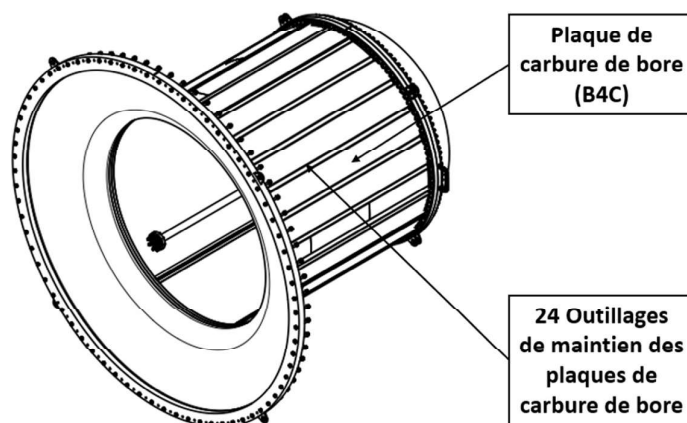


Figure 11 : Outillages de maintien et plaques de carbure de bore

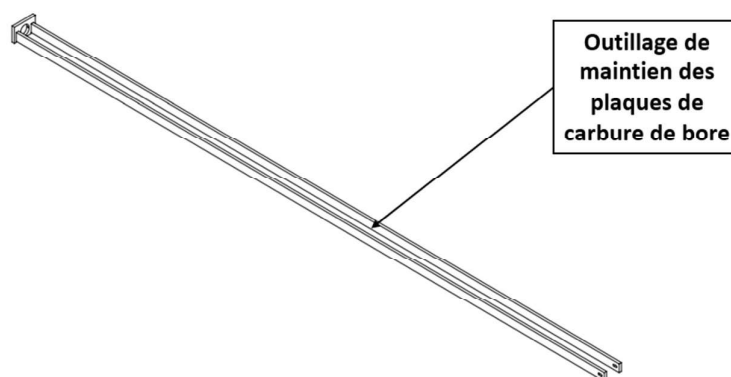


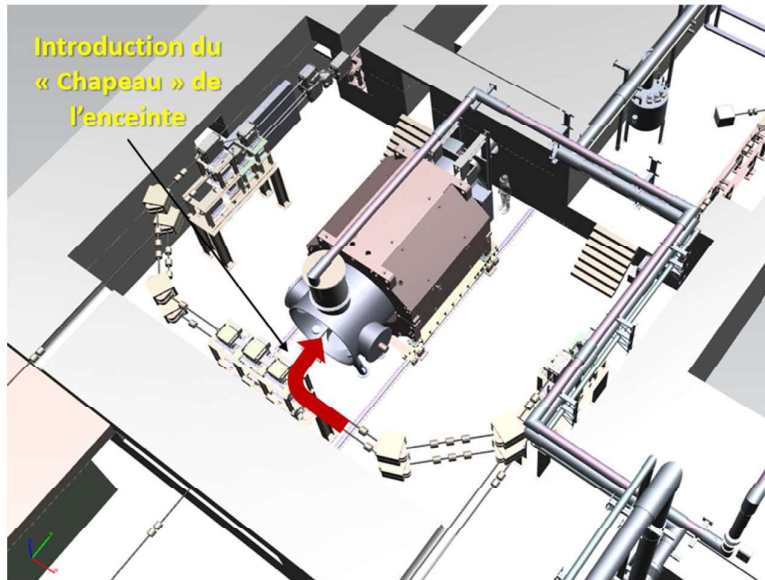
Figure 12 : Représentation d'un outillage de maintien des plaques de carbure de bore

### 3.3 Insertion du « Chapeau » de l'enceinte

Le « chapeau » de l'enceinte sera assemblé et testé en usine, puis il sera démonté et conditionné pour son transport sur le lieu de l'expérience, où il sera réassemblé.

Le réassemblage n'est pas compris dans la présente prestation, mais la bonne compréhension des contraintes qui y sont liées est nécessaire pour une réalisation correcte des pièces.

Le local d'expérience recevant de nombreux équipements, l'introduction du « Chapeau » de l'enceinte à l'intérieur de celui-ci devra s'effectuer à l'aide d'un scénario préétabli. Ce scénario ne sera pas détaillé ici, mais les éléments principaux nécessaires à sa réalisation le sont.



**Figure 13 : Local de l'expérience où le « Chapeau » de l'enceinte sera implanté**

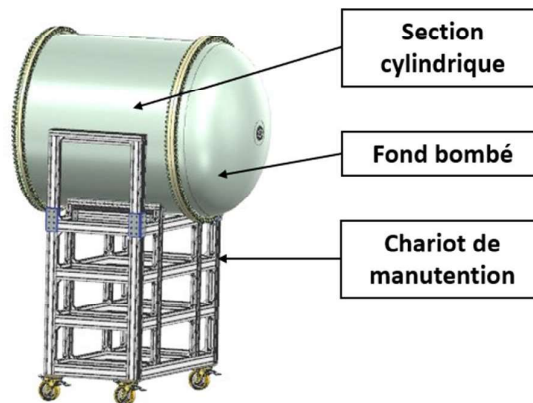
### 3.3.1 Chariot de manutention

⇒ **Option N° 2 : Chariot de manutention**

Un chariot de manutention est nécessaire à l'assemblage et la manutention des parties composant le « Chapeau » de l'enceinte sur le lieu de l'expérience.

Néanmoins, ce chariot n'étant pas une pièce de chaudronnerie, ni un outillage certifié lié au Chapeau de l'enceinte tel que le cadre de transport, la fourniture de celui-ci se fera sous forme d'option.

La section cylindrique du « Chapeau » sera déposée à l'aide d'un pont sur le chariot. Toujours à l'aide d'un pont, le Fond bombé sera vissé sur la section cylindrique.



**Figure 14 : Section cylindrique et fond bombé sur le chariot de manutention**

Les opérations décrites ci-dessus ne s'effectueront pas dans le local d'expérience proprement dit, mais dans un local attenant. Un transfert (manuel) du chariot s'effectuera entre les deux lieux.

Le chariot devra être équipé de roulettes, avec une position d'arrêt blocable.

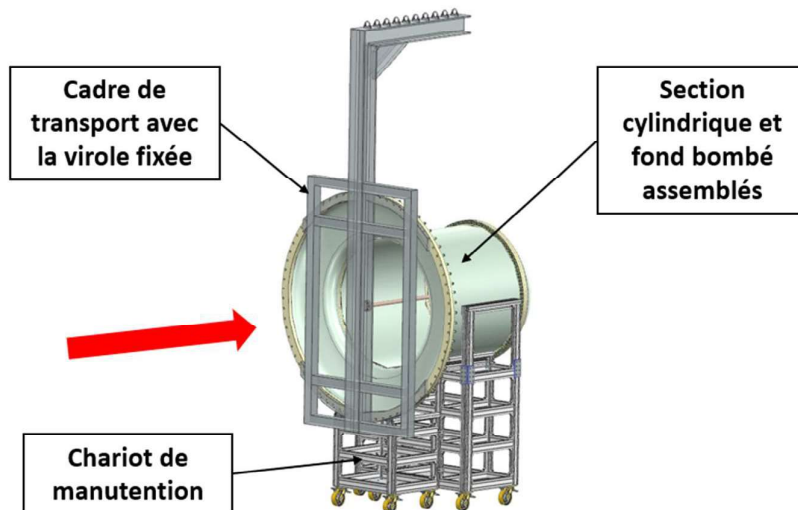
La virole d'entrée sera ensuite vissée à la section cylindrique à l'aide du cadre de transport décrit ci-après.



Le chariot devra être conçu pour pouvoir supporter le « Chapeau » de l'enceinte entièrement assemblé, c'est à dire Section Cylindrique, Fond Bombé, Tube Faisceau, Virole d'entrée, Plaques de flexibore et feuilles de plomb et leurs outillages de maintien.

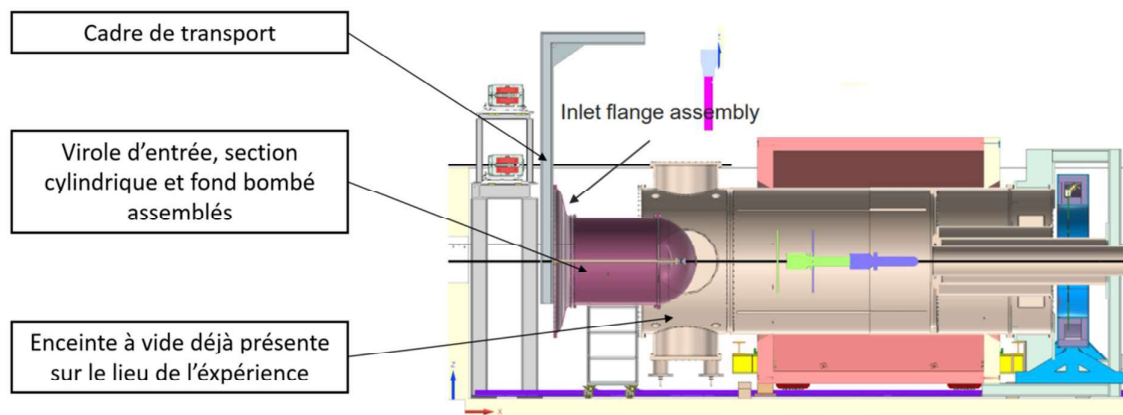
### 3.3.2 Cadre de transport

Une fois transféré dans le local de l'expérience, la virole d'entrée sera vissée à la section cylindrique et au fond bombé sur le chariot. A cette fin, la virole d'entrée aura été préalablement fixée au cadre de transport pour sa manutention.



**Figure 15 : Section cylindrique et fond bombé sur le chariot, recevant la virole fixée au cadre de transport**

Ce cadre de transport a non seulement pour fonction la manutention de la virole d'entrée pour permettre son assemblage avec la section cylindrique et le fond bombé, mais il devra aussi permettre l'introduction de cet ensemble constitué dans l'enceinte à vide, déjà présente dans le local de l'expérience, et hors fourniture de la présente prestation.



**Figure 16 : Section cylindrique, fond bombé et virole d'entrée assemblés pour introduction dans l'enceinte à vide**

Ce cadre de transport devra posséder un système de réglage permettant d'adapter le Centre de Gravité (CDG) du cadre et de la masse transportée, variable suivant les configurations, pour permettre à la fois l'assemblage de la virole d'entrée sur la section cylindrique posée sur le chariot, et l'introduction de l'ensemble virole d'entrée, section cylindrique, fond bombé, plaques de flexibore et leurs outillages de maintien dans l'enceinte à vide.

## 4 DESCRIPTIF DE LA PRESTATION

### Sont compris dans la prestation :

#### 4.1 Etudes

- L'étude et la conception du chariot de manutention du « Chapeau » de l'enceinte assemblé, y compris le dimensionnement mécanique conformes suivant les obligations réglementaires (*Option N°2*),
- L'étude et la conception du cadre de transport du « Chapeau » de l'enceinte assemblé, y compris le dimensionnement mécanique conformes suivant les obligations réglementaires,

#### 4.2 Fabrication

- La fabrication du « Chapeau » de l'enceinte, comprenant la virole d'entrée, la section cylindrique avec ses rails, le fond bombé, le tube faisceau avec son supportage, l'outillage de maintien des plaques de flexibore,
- La fabrication d'un second fond bombé (*Option N°1*),
- La fabrication du chariot de manutention du « Chapeau » de l'enceinte assemblé (*Option N°2*),
- La fabrication du cadre de transport du « Chapeau » de l'enceinte assemblé,

#### 4.3 Assemblage

- L'assemblage des 4 parties constituant le « Chapeau » de l'enceinte en usine, ainsi que les outillages de maintien des plaques de flexibore. Le Titulaire devra prévoir dans ses locaux le supportage provisoire de cet assemblage.

#### 4.4 Contrôle et tests

- Le test en étanchéité du « Chapeau » de l'enceinte assemblé en usine (voir paragraphe 7.1.3),
- La certification du cadre de transport du « Chapeau » de l'enceinte,
- La vérification des interfaces entre le chariot de manutention et le « Chapeau » de l'enceinte équipé de la structure de maintien des plaques de flexibore et feuilles de plomb (*Option N°1*),
- La vérification des interfaces entre le cadre de transport et le « Chapeau » de l'enceinte,
- Le test de levage (en complément du test de charge de certification) du « Chapeau » de l'enceinte assemblé, avec ses plaques de flexibore et son outillage de maintien, en usine.

#### 4.5 Livraison et réception

- La livraison et la réception des équipements se dérouleront sur le lieu de l'expérience à Mayence.

### Ne sont pas compris dans la prestation :

- Les essais et la manutention des équipements à l'intérieur du local d'expérience à Mayence,
- L'assemblage du « Chapeau » de l'enceinte sur le site de l'expérience à Mayence.

#### 4.6 Livrables documentaires (récupérés sous forme de fichiers)

En plus des éléments indiqués au paragraphe précédent, des livrables documentaires sont demandés. Ils seront récupérés sous forme de dossier informatique individualisé, avec un sommaire.

##### 4.6.1 Études de fabrication

Livrables documentaires associés aux études réalisées avant le démarrage de la production :

- La description des procédés de fabrication envisagés pour les différentes pièces,
- Les modifications ou aménagements éventuels nécessaires
- Une gamme de fabrication,
- Tous les plans de détail des objets réalisés, avec identification des jonctions et le détail des matériaux,
- La liste des outillages nécessaires et leur description,
- Les nomenclatures,
- La liste des sous-traitants et des tâches envisagées pour les prestations non réalisées en interne,
- Le planning,
- Le plan Qualité,

#### **4.6.2 Contrôles Qualité**

Livrables documentaires associés au contrôle de la qualité :

- La liste des documents incluant l'état de chacun (version, état d'approbation par le CEA...),
- La liste des fournisseurs et des sous-traitants,
- La liste des non-conformités,
- Les rapports de non-conformité,
- Les demandes de modifications éventuelles,
- Les procès-verbaux de conformité,
  - La vérification du nettoyage,
  - Le contrôle dimensionnel,
- La liste des constats d'inspection.

#### **4.6.3 Dossier de fabrication**

Livrables documentaires associés à la fabrication des pièces :

- Les procédures de fabrication comprenant à minima :
  - La procédure de fabrication,
  - La procédure de soudage,
  - Les procédures de test et de contrôles,
  - La procédure de marquage,
  - La procédure d'emballage,
- La documentation liée aux procédés de fabrication nécessaires pour la réalisation de la fourniture, définis dans les exigences techniques :
  - Les rapports d'inspection du nettoyage et de l'identification,
  - Le rapport ou procès-verbal d'inspection non-destructif,
- Le certificat matériaux de tous les matériaux utilisés dans le processus de fabrication.
- Le livret suiveur de chaque élément avec toutes les opérations effectuées durant la fabrication. Ce livret devra inclure :
  - L'identifiant de tous les sous-composants de l'élément à fournir,
  - Pour chaque opération, la référence complète de la procédure appliquée pour l'opération (avec la version),
  - L'identification des machines et des équipements de test utilisés,
  - Les résultats de tous les tests,
  - La date de réalisation de chaque opération avec le nom et la signature du ou des responsables,
  - Le nom et signature du chef d'atelier responsable du suivi de la réalisation des opérations de fabrication.
- Le rapport d'inspection des sous-composants,
- Les photographies illustrant les étapes de fabrication,
- La liste des tâches effectuées par un sous-traitant associées au nom de la société sous-traitante.

#### 4.6.4 Contrôle et configuration

Livrables documentaires associés au contrôle et à la configuration finale des éléments à fournir :

- Certificats et fiches de contrôle,
- Certificat de calibration des appareils de contrôle,
- Rapports de test incluant les résultats de mesures effectués durant la fabrication,

## 5 DOCUMENTS DE REFERENCE

### 5.1 Codes et normes applicables

Pendant l'exécution des travaux, les codes et normes suivants sont appliqués dans leur révision actuelle. En particulier, les normes suivantes doivent être appliquées :

<b>NF EN ISO 10042</b>	Soudage — Assemblages en aluminium et alliages d'aluminium soudés à l'arc — Niveaux de qualité par rapport aux défauts
<b>NF EN 10204</b>	Produits métalliques – Types de documents de contrôle
<b>ISO 9001</b>	Système de management de la Qualité – Exigences
<b>FD ISO 10005</b>	Systèmes de management de la Qualité – Lignes directrices pour les plans qualité

### 5.2 Fournitures CEA au démarrage du contrat

- Les spécifications techniques et les performances attendues données dans ce document,
- Les plans en format informatique (fichier .dxf / .pdf). Ils seront fournis au contractant en fonction du planning prévisionnel présenté au §4.4.
- Le CEA fournira une ou des maquettes CAO de la fourniture lors de la réunion de lancement.

Les plans d'ensemble, qui seront utilisés pour les études de fabrication, sont ceux fournis par le CEA avec la mention "pour réalisation" (ou équivalent).

Si des changements mineurs étaient nécessaires suite à la réunion de lancement, ceux-ci seraient pris en compte dans une nouvelle version des plans CEA et transmis au Titulaire dans un délai de 10 jours ouvrés suite à ladite réunion.

Remarque : le CEA sera en charge de l'organisation de la réunion de lancement qui se tiendra soit au CEA à Saclay, soit dans les locaux du titulaire.

### 5.3 Jalons et détail du phasage lié au « Chapeau » de l'enceinte

#### 5.3.1 Etudes de fabrication liée au « Chapeau » de l'enceinte et ses outillages (châssis de manutention et cadre)

ACTIVITES	DATES SOUHAITEES
<b>Signature du contrat</b>	<b>T0</b>
Réunion de lancement	T0 + 2 semaines
Titulaire : Mise à jour et envoi du plan d'assurance qualité et du planning incluant les jalons CEA : Envoi des plans et fichiers 3D au statut « pour réalisation » au titulaire, si nécessaire	T0 + 4 semaines

ACTIVITES	DATES SOUHAITEES
Etudes de fabrication	
Titulaire : Envoi des livrables documentaires tels que décrits à la section 4.6.1	T0 + 6 semaines
Revue de lancement en fabrication du « Chapeau » de l'enceinte et de ses outillages (MRR) – Point de validation N° 1	T0 + 8 semaines = T1

### 5.3.2 Fabrication du « Chapeau » de l'enceinte et ses outillages (châssis de manutention et cadre)

L'étape 2 commence seulement avec l'approbation de l'examen de l'état de préparation de la fabrication (MRR), qui clôt également l'étape 1. La clôture de l'étape 1 et le début de l'étape 2 seront communiqués par écrit au Titulaire par le CEA.

ACTIVITES	DATES SOUHAITEES
Fabrication du « Chapeau » de l'enceinte et de ses outillages (châssis de manutention et cadre)	T1 + 1 semaine
Envoi des livrables documentaires tels que décrits à la section 4.6.3.	T1 + 13 semaines
Contrôles usine du « Chapeau » de l'enceinte et de ses outillages (châssis de manutention et cadre)	T1 + 15 semaines
<b>Autorisation de livraison</b>	T2
Livraison du « Chapeau » de l'enceinte et de ses outillages (châssis de manutention et cadre) sur le lieu de l'expérience à Mayence	T2 + 2 semaines
Réception suite à essais sur site (SAT) satisfaisants du « Chapeau » de l'enceinte et de ses outillages (châssis de manutention et cadre) et fin de de l'étape 2	T2 + 10 semaines

## 6 EXIGENCES TECHNIQUES

### 6.1 Conditions opératoires

#### 6.1.1 Paramètres principaux

Température :	
Température en opération	2 K à 300 K
Pression :	
Pression en opération	1x10 <sup>-6</sup> mbar (vide d'isolation)

Dans ces conditions, les matériaux utilisés ne doivent pas présenter de changements significatifs dans leurs propriétés thermomécaniques.

### 6.1.2 Champs magnétiques

De par la proximité d'un aimant générant un champ magnétique de 0,5 Tesla, les composants de cette fourniture nécessitent l'emploi de matériaux amagnétiques.

### 6.1.3 Radiations

L'expérience est soumise à un rayonnement, provenant principalement de neutrons mais aussi de rayons gamma.

Dans ces conditions, les matériaux utilisés ne doivent pas présenter de modifications significatives de leurs propriétés thermomécaniques après irradiation de 0.3 MGy.

Ainsi le Polytétrafluoroéthylène (PTFE - Téflon) est strictement interdit.

## 6.2 Exigences techniques générales

### 6.2.1 Matériaux

Le Titulaire est tenu d'inspecter soigneusement le matériel à sa réception.

Tous les matériaux doivent être comptabilisés au moyen d'une procédure de traçabilité, qui doit être incluse dans le plan d'assurance de la qualité. Les certificats matière doivent être fournis en anglais ou en français pour tout le matériel.

### 6.2.2 Soudage

Les soudures seront continues et étanches. L'apparence des soudures devra être lisse et les soudures ne doivent pas présenter de perles, de trous ou de gouttes projetées de matière.

Un dossier de soudage doit être joint au dossier de fabrication.

Les procédés de soudage considérés seront soumis à l'approbation du CEA Saclay pour la MRR.

Un soudeur qualifié réalisera toutes les soudures.

La norme NF EN ISO 10042 sera applicable concernant les joints soudés aluminium.

### 6.2.3 Autre procédé nécessaire

Si un autre procédé s'avère être nécessaire à la fabrication, le CEA devra en être informé au préalable et celui-ci devra être dûment validé.

### 6.2.4 Outillage

Le Titulaire est responsable de la définition et de la réalisation de tous les outillages qui seraient nécessaires aux différentes étapes de la fabrication, de son contrôle, ou de son expédition (liste non exhaustive).

### 6.2.5 Stockage

Le Titulaire doit fournir une surface de stockage sèche et propre.

## 7 TESTS ET CONTROLES EN USINE

Il incombe au Titulaire d'effectuer tous les contrôles intermédiaires s'il le juge nécessaire pour satisfaire aux exigences de la spécification technique.



En particulier, le Titulaire est fortement encouragé à effectuer des inspections intermédiaires aux différentes étapes de la fabrication. Dans tous les cas, tous les tests décrits dans cette spécification technique sont obligatoires.

Le CEA se réserve le droit d'être présente et/ou représentée ou accompagnée par un organisme de son choix pour assister à tout essai effectué dans les locaux du Titulaire ou de ses sous-traitants. Le Titulaire doit donner un avis au moins cinq jours ouvrables avant la date prévue de tout essai.

### 7.1.1 Contrôle des soudures

Chaque soudure doit être soumise à une inspection visuelle à 100 % selon les normes applicables. Le rapport d'inspection doit être inclus dans le dossier de fabrication.

Un contrôle visuel de l'aspect des soudures sera effectué.

### 7.1.2 Contrôle dimensionnel

Les contrôles de dimension doivent être effectués à l'aide de tous les outils nécessaires adaptés aux exigences définies sur les dessins.

Le contrôle doit être effectué à la pression atmosphérique et à une température égale à  $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

Ces contrôles doivent être documentés dans le dossier de fabrication.

Ce document doit comprendre le contrôle de toutes les dimensions spécifiées avec une tolérance non générale ou une propriété géométrique (cylindricité, concentricité, parallélisme, etc.) mentionnées dans les dessins associés, et d'autres dimensions seront définies en accord avec le CEA.

### 7.1.3 Test d'étanchéité

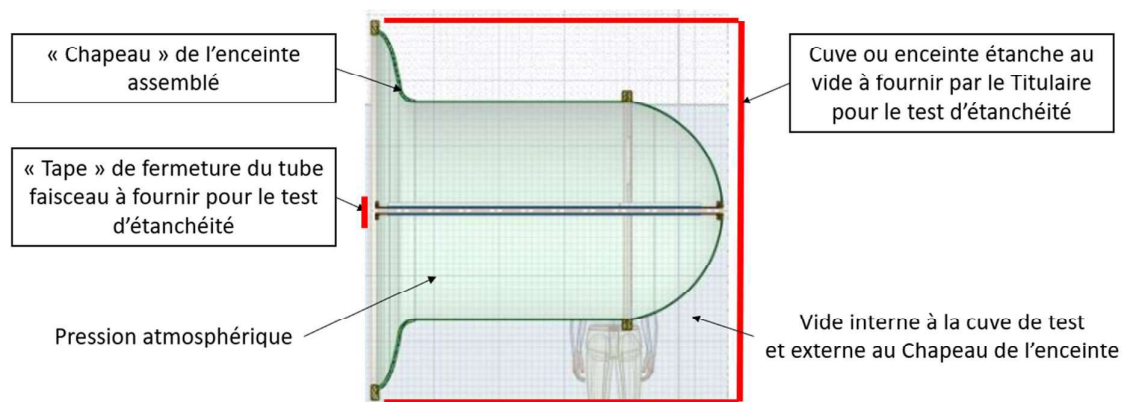
Le test d'étanchéité du « Chapeau » de l'enceinte se déroulera dans les locaux du Titulaire. La virole d'entrée, la section cylindrique, le tube faisceau avec ses compensateurs, et le fond bombé seront assemblés.

Afin d'être représentatif des conditions de fonctionnement du Chapeau de l'enceinte, ce test devra s'effectuer avec l'intérieur du Chapeau de l'enceinte à la Pression atmosphérique, et l'extérieur soumis au vide (voir Figure 17).

A cette fin, le Titulaire devra approvisionner une cuve ou enceinte étanche au vide permettant d'assurer ce vide externe sur le Chapeau de l'enceinte. Il est à noter que cet équipement servant uniquement pour ce test, qui s'effectuera dans les locaux du Titulaire, le Titulaire pourra réutiliser un équipement existant de sa propriété.

Le Titulaire devra aussi approvisionner une tape étanche de petit diamètre pour fermer le tube faisceau.

Le dimensionnement des fournitures ci-dessus, notamment vis-à-vis de la tenue au vide, est à charge du Titulaire.



**Figure 17 : « Chapeau » de l'enceinte assemblé pour le test d'étanchéité**

Le Titulaire devra fournir autant de jeux de joints supplémentaires (joints cuivres et joints élastomères) que nécessaire pour les essais, les quantités de joints mentionnées sur la nomenclature étant celles des nouveaux joints à livrer avec la livraison.

Le supportage du « Chapeau » de l'enceinte pour la réalisation de ce test est à charge du Titulaire.

Le taux de fuite sera inférieur à  $< 10^{-8}$  mbar.l.s<sup>-1</sup>. Le rapport d'inspection doit être inclus dans le dossier de fabrication.

## 8 ASSURANCE QUALITE

Le Titulaire et ses sous-traitants doivent bénéficier d'une certification ISO 9001 ou équivalente, ou d'un organisme de qualité équivalent, approprié à la présente Spécification Technique (voir paragraphe 5.1).

### 8.1 Exigences générales

Le Titulaire doit être en mesure de démontrer qu'il détient la certification de la série ISO 9001 ou un organisme de qualité équivalent qui convient à l'objet de la présente spécification technique.

De cette façon, le Titulaire doit planifier, établir, mettre en œuvre et respecter un plan d'assurance de la qualité (PAQ) qui répond à toutes les exigences décrites dans la présente spécification technique.

Le PAQ comprend :

- La nomination d'un représentant en charge du suivi du marché,
- La rédaction des rapports de contrôle sous une semaine maximum après la réalisation desdits contrôles,
- L'envoi du rapport de non-conformité au CEA sous 5 jours ouvrés maximum, après la constatation du défaut,
- Le droit de tout membre du personnel du CEA d'être présent lors de toute opération liée à la fabrication, pour vérifier,
- La liste de tous les composants, fourniture, matière première et opérations de réalisation pour traçabilité,
- La configuration et la description du système de gestion de la qualité (QMS) utilisé pour le contrat. Le présent QMS doit décrire en particulier comment les non-conformités et les changements doivent être traités. Le QMS doit être approuvé par le CEA.

Ce PAQ incluant les documents requis pour le contrôle qualité doit recevoir l'accord du CEA avant d'être appliqué. Ce PAQ doit être présenté au CEA lors de la réunion de lancement.

Le CEA se réserve le droit d'effectuer à tout moment des contrôles concernant l'application du présent PAQ par le Titulaire. À cette fin, le Titulaire accorde un libre accès à ses installations au personnel du CEA et facilite les audits qualité qu'il effectue. Le représentant du CEA peut être présent lors de toute opération d'essai, de fabrication et/ou d'inspection s'il le demande.

### 8.2 Non-conformités

Toute non-conformité doit être signalée sans délai au CEA et documentée par un Rapport de Non-Conformité (RNC) transmis dans un délai maximal de 5 jours ouvrés. En cas de RNC, le Titulaire doit proposer des mesures correctives (quand c'est possible) pour traiter la situation, et proposer des mesures préventives pour éviter des défauts similaires à l'avenir.

Toute poursuite d'activité sur un composant ayant fait l'objet d'une non-conformité ne peut s'effectuer qu'après accord écrit du CEA sur le rapport de non-conformité. Si la non-conformité affecte les interfaces, la sécurité, la durée de vie, les performances ou les exigences fonctionnelles, le CEA doit en informer Fermilab, ce qui peut avoir un impact sur la durée du traitement.



Le Titulaire doit tenir à jour la liste exhaustive de toutes les non-conformités établies au cours du marché. Le statut des non-conformités et la mise en œuvre de méthodes préventives et/ou correctives doit être discutée et examinée au cours des réunions d'avancement.

Les livrables associés à des non-conformités comprennent :

- Le détail de la non-conformité,
- L'accord avec le CEA, concernant la décision/conduite à tenir pour la résolution de la non-conformité,
- La preuve de la résolution de la non-conformité, incluant l'analyse.

## 8.3 Test et qualification

Si un autre procédé s'avère nécessaire à la fabrication ou aux essais, le CEA doit en être préalablement informé et ce procédé doit être dûment validé. Le Titulaire doit présenter une demande de modification technique (sans incidence financière).

# 9 RECEPTION DE LA FOURNITURE

## 9.1 Emballage et expédition

L'emballage est à la charge du Titulaire et devra assurer l'intégrité de la fourniture.

Le Titulaire doit concevoir l'emballage approprié et veiller à ce que les bonnes procédures d'expédition soient appliquées tout au long du processus.

Ce ou ces emballages devront être déplaçables avec un chariot élévateur et un transpalette.

Des indicateurs de chocs et indicateurs de renversement devront être présents sur les emballages. Après la livraison sur site au CEA Saclay, une inspection visuelle avec le contrôle des détecteurs sera effectuée et tout choc visible sera identifié.

Le Titulaire est responsable du transport jusqu'au lieu de l'expérience à Mayence.

Aucun envoi ne doit être effectué sans l'approbation écrite préalable du CEA.

Si le CEA le juge nécessaire, les fournitures endommagées seront renvoyées au Titulaire pour réparation.

Les ensembles de la fourniture seront identifiés à l'extérieur de la caisse de transport

## 9.2 Réception (SAT)

Après livraison sur le lieu de l'expérience à Mayence, plusieurs tests et contrôles seront effectués par le CEA sur chaque ensemble de la fourniture afin d'accepter l'équipement.

Le test d'étanchéité du Chapeau de l'enceinte, décrit au paragraphe 7.1.3, sera répété sur le site de Mayence, selon les mêmes critères. La seule différence concernera l'utilisation de l'enceinte à vide présente sur le lieu de l'expérience à la place d'un équipement du Titulaire lors des contrôles usine.

Des représentants du Titulaire pourront être présents lors de ces essais.

L'acceptation finale de la fourniture sera déclarée si l'équipement répond à tous ces critères et après la signature du procès-verbal de réception par les deux parties.

## 10 CONDITIONS GENERALES

### 10.1 Suivi du contrat

Le Titulaire doit désigner un chef de projet qui sera responsable de l'exécution technique du contrat et de son suivi pendant toute la durée du contrat. Il/elle doit être la personne de contact pour l'interlocuteur du CEA.

### 10.2 Réunions

#### 10.2.1 Réunion de lancement

La première étape contractuelle est la réunion de lancement, dont l'ordre du jour est le suivant :

- Présentation des deux parties, le CEA et le Titulaire,
- Présentation des personnes clés : l'interlocuteur du CEA et le chef de projet du Titulaire,
- Examen des spécifications techniques,
- Liste des données d'entrée requises pour démarrer les activités,
- Discussions sur le plan de fabrication, le plan d'assurance qualité et le calendrier
- Examen de la déclaration de base et rappel de la règle relative aux droits de propriété intellectuelle.

La réunion de lancement peut avoir lieu au CEA Saclay ou dans les locaux du Titulaire.

#### 10.2.2 Revue de l'état de la préparation de la fabrication (MRR)

Une fois que les plans de fabrication et les procédures de fabrication seront prêts, une réunion officielle sera organisée, l'examen de l'état de préparation de la fabrication (MRR). Des examens de l'état de préparation de la fabrication (MRR) auront lieu avant la fabrication du « chapeau » de l'enceinte et ses outillages.

Chaque MRR contiendra les éléments suivants pour le sous-ensemble concerné :

- Liste finale de la nomenclature et des pièces
- Plans de fabrication définitifs pour l'assemblages, les essais et la manutention des appareils
- Plans de vérification de la production finale, inspection et vérification des livrets suiveurs, et documents d'assurance de la qualité (AQ) et de contrôle de la qualité (CQ) connexes, tels que les livrets suiveurs, le plan d'inspection de la fabrication (PIF) et les procédures de manutention
- Plans définitifs pour le flux de production, y compris la planification et la participation du personnel du projet
- Mises à jour du planning en fonction des détails du plan de production
- Documents finaux de contrôle de fabrication

La documentation doit être envoyée au CEA deux semaines avant cette réunion et sera examinée au cours de cette réunion afin de donner un accord formel pour commencer l'approvisionnement en matériel et la fabrication.

La MRR est un point d'arrêt. La fabrication des sous-ensembles concernés commence seulement avec l'approbation de l'examen de l'état de préparation de la fabrication qui sera notifié au Titulaire par écrit par le CEA.

#### 10.2.3 Réunions de suivi

Des réunions de suivi peuvent être organisées à la demande du Titulaire ou du CEA.

Le Titulaire remettra au CEA tous les documents d'entrée au moins cinq jours ouvrables avant les réunions pour examen. Les actions à prendre pour finaliser et approuver tous les rapports pour les jalons de la prestation de base seront convenues aux réunions de suivi.

Le CEA sera chargée de publier les compte-rendus, incluant le suivi des actions.

### 10.3 Accès au site de fabrication

Le CEA et les experts externes potentiels autorisés par le CEA doivent avoir libre accès, pendant les heures normales de travail, aux sites de fabrication ou d'assemblage, y compris aux locaux de tout sous-traitant, pendant la durée du contrat. Le site de fabrication, comme indiqué dans l'appel d'offres, ne peut être modifié qu'après approbation écrite du CEA.

Le CEA se réserve le droit de prendre des photos de la fourniture et des composants associés à tout moment et en tout lieu pendant le processus de fabrication.

### 10.4 Sous-traitance

Tout travail sous-traité est soumis à l'approbation formelle préalable du CEA. A cet effet, tout sous-traitant doit être présenté à la suite du formulaire de déclaration en annexe du règlement d'appel d'offres (Règlement de consultation).

Le formulaire de déclaration du sous-traitant peut être rempli avec l'offre ou ultérieurement, lors de l'exécution du Contrat.

Si le choix du sous-traitant n'est pas défini au cours de la phase d'appel d'offres, l'appel d'offres doit au moins indiquer clairement une liste complète des tâches sous-traitées et des entreprises sous-traitantes prévues.

Les sous-traitants doivent se conformer aux mêmes exigences que le Titulaire, notamment en ce qui concerne les codes et les normes applicables.

### 10.5 Gestion de la documentation

La documentation doit être fournie en anglais. Certains documents pourraient être fournis en français après l'accord du CEA.

Les documents généraux doivent être produits au moyen de Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Les calendriers doivent être fondés sur Microsoft Project. Ils doivent être fournis au format Microsoft ou PDF.

Les modèles et dessins CAO doivent être fournis dans les formats suivants (avec ordre de préférence) :

- NX Siemens compatible
- STEP
- DXF or DWG
- PDF

### 10.6 Contacts

Pour toute question technique liée à la présente spécification technique, le Titulaire est invité à communiquer avec

Patrice CHARON  
CEA Saclay  
DRF/IRFU/DIS,  
Bâtiment 123  
F-91191 GIF SUR YVETTE CEDEX  
Tel: +33 (0) 1 69 08 51 20  
Email: [patrice.charon@cea.fr](mailto:patrice.charon@cea.fr)

Sandrine CAZAUX  
CEA Saclay  
DRF/IRFU/DIS  
Bâtiment 123  
F-91191 GIF SUR YVETTE CEDEX  
Tel : +33 (0) 1 69 08 48 35  
Email : [sandrine.cazaux@cea.fr](mailto:sandrine.cazaux@cea.fr)

## **11 CONFIDENTIALITÉ**

Tous les dessins et documents de fabrication (y compris la présente spécification technique) transmis au soumissionnaire sont confidentiels et ne doivent pas être divulgués à un tiers sans l'accord écrit du CEA.