



CEA/CEG/DEA/SIRE

DO 143

28/03/25



25GRTE000228

diffusé le : 01/04/25

CAHIER DES CHARGES

Cahier des charges

Fourniture d'enceintes sous pression et isolantes électriquement

Matériaux composite époxy/fibre de verre

DA n°2025-000874

Version n° A

Date : 26/03/2025

Laurent Labarbe

Franck Duffar

Suivi des évolutions

N° version	Date	Evolution	Auteurs
A	26/03/2025	Version initiale	P.MOLES ;B.LASSALLE ;Y.CHARAZAC

Ce document propriété du CEA, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

CEA

Centre CEA Gramat – BP 80200 – 46500 Gramat

T. +33 (0)5 65 10 54 32

Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS Paris B 775 685 019

Direction des Applications Militaires

Service gestion

Bureau des affaires commerciales

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE	3
2. OBJET :	3
3. DOCUMENTS APPLICABLES AUX SPECIFICATIONS TECHNIQUES	4
4. PRESTATIONS ASSOCIEES A LA FOURNITURE DE L'EQUIPEMENT	5
5. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU BESOIN	6
Exigences Fonctionnelles.....	6
Spécifications Techniques	7
5.1.1 Orientation Technique.....	7
5.1.2 Définition et spécifications :	9
5.1.3 Chargements et conditions limites pour la tenue mécanique :	10
5.1.4 Marquage :	12
6. DÉLAI DE LIVRAISON ET/OU DE MISE EN SERVICE SOUHAITEE.....	12
7. DESCRIPTION DES PRESTATIONS ASSOCIÉES	12
Emballage, conditionnement et transport	12
8. DOCUMENTATION ET LIVRABLES.....	13
Documents à remettre au CEA	13
Délai de remise des documents	14
Format et quantité	14
9. CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE ET CONDITIONS DE RÉCEPTION.....	14
Contrôle de conformité	14
Recette et réception.....	14
10. SUIVI ET CONTRÔLE DE L'EXÉCUTION DU MARCHÉ	15
11. LIEU ET DELAI DE LIVRAISON	15
12. CORRESPONDANT TECHNIQUE.....	16

1. CONTEXTE

Le CEA Gramat met en œuvre des simulateurs d'ondes IEM (impulsion électromagnétique). Ces dispositifs aident les clients du CEA à renforcer leurs systèmes d'armement et de télécommunications. Le renouvellement d'un simulateur IEM existant implique la conception et la réalisation d'un banc de test d'impulsion électromagnétique. Ce banc permettra de valider les futurs composants qui équiperont le nouveau simulateur.

Le banc de test sera contenu dans deux enceintes métalliques existantes. La première enveloppera un générateur haute tension de 2 MVolts, tandis que la deuxième intégrera le dispositif de génération de l'impulsion électromagnétique. La partie générant l'impulsion électromagnétique doit être fortement pressurisée dans un ensemble de deux volumes pour garantir son isolation électrique. Pour permettre la sortie de l'onde électromagnétique, il est nécessaire que ces cuves pressurisées soient isolantes. La préconception élaborée par le bureau d'études du CEA Gramat a prévu un ensemble de 3 pièces en composite « époxy/fibres de verre ».

2. OBJET :

La prestation consiste à fournir les sous-éléments devant supporter ces pressions. Ces sous-ensembles sont baptisés dôme, tube intermédiaire et tube central.

Une vue d'ensemble du banc de test est exposée ci-dessous :

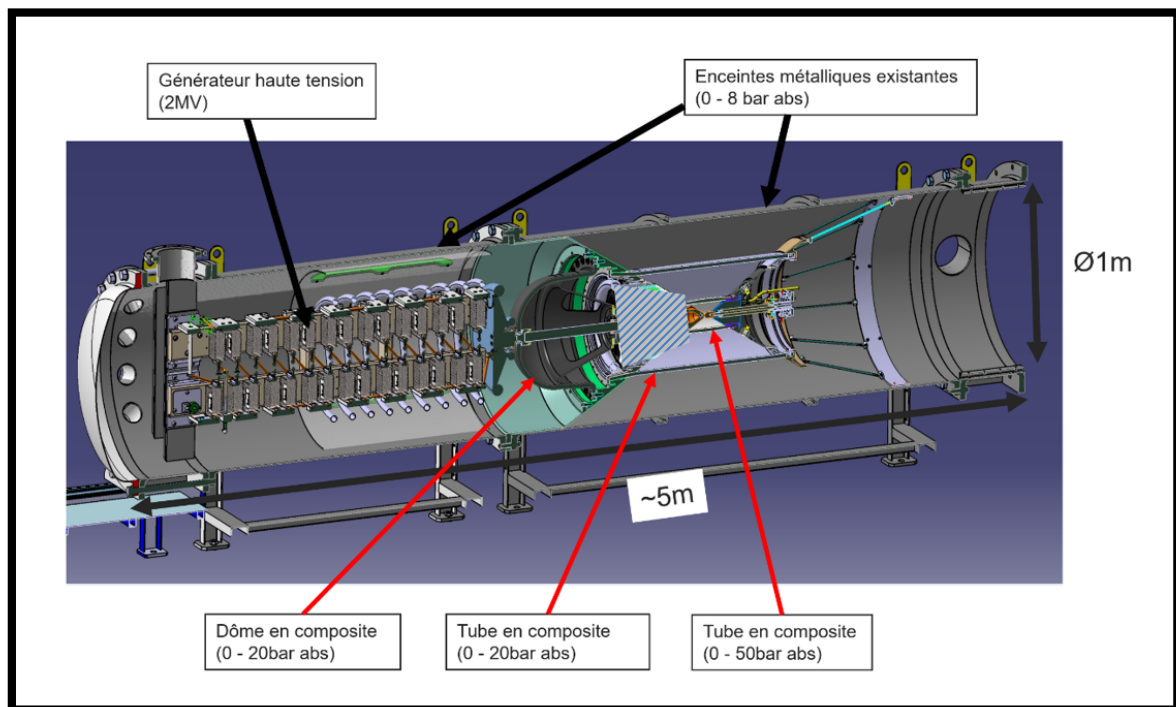


Figure 1 : Vue en coupe du banc de test avec identification des différentes cuves

8 BARS (*) 20 BARS 50 BARS (*) les 2 volumes de 8 bars sont indépendants

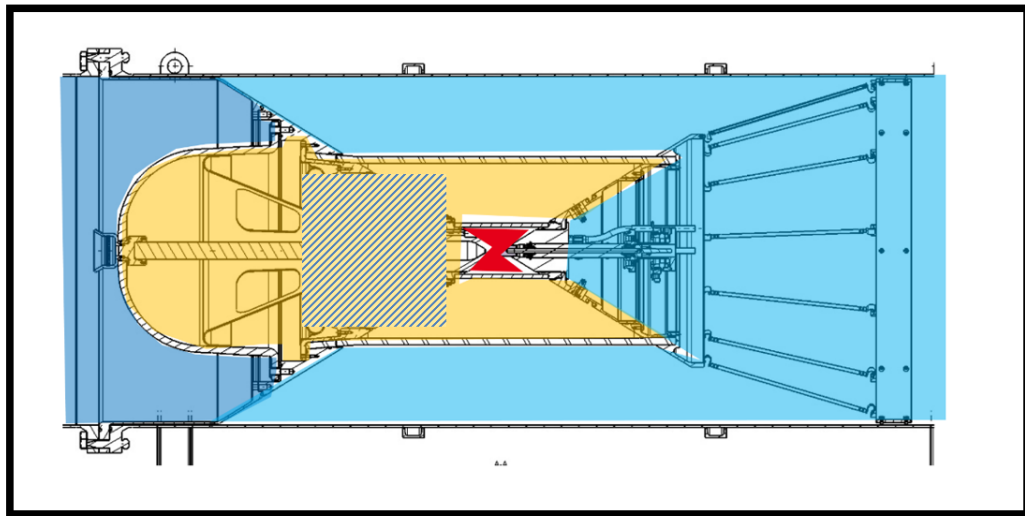


Figure 2 : Vue en coupe mettant en évidence les différentes pressions d'utilisation maximum de chaque volume

Le marché est décomposé en six postes, un ferme et 5 optionnels :

- Poste 1 ferme : Etudes Conception/Dimensionnement/Procédé de Fabrication et Certification,
- Poste 2 optionnel: Approvisionnement Matière et Qualification,
- Poste 3 optionnel: Finalisation de la conception et Réalisation des Outillages,
- Poste 4 optionnel: Réalisation du sous-ensemble Dôme et du cône,
- Poste 5 optionnel: Réalisation du sous-ensemble Tube Central,
- Poste 6 optionnel: Réalisation du sous-ensemble Tube Intermédiaire,
- Poste 7 optionnel: Prestation sur devis afin de pallier aux aléas suite à l'étude du poste n°1.

DOCUMENTS APPLICABLES AUX SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Afin de respecter les objectifs réglementaires en matière de sécurité, le Titulaire du marché doit appliquer, outre les dispositions légales en vigueur à la date d'établissement du dit marché, les principales règles suivantes :

- La réglementation liée aux règles d'hygiène et de sécurité (art. L.4311 et L.4321 du Code du travail) ;
- Les conditions Générales d'Achat (CGA) Février 2022, applicables de plein droit à tout contrat conclu à titre onéreux par le CEA avec des opérateurs économiques publics ou privés.

La présente liste n'est pas exhaustive. En effet, le Titulaire doit appliquer toutes les normes et réglementation en vigueur et doit travailler en application des règles de l'art de son domaine d'activité.

3. PRESTATIONS ASSOCIEES A LA FOURNITURE DE L'EQUIPEMENT

Les prestations sont réalisées dans les locaux du Titulaire.

Le Titulaire doit assurer les prestations associées suivantes :

- L'étude de conception,
- La fabrication,
- La fourniture et les approvisionnements,
- La livraison,
- La remise de la documentation et des outillages associés à la fabrication des enceintes,
- La remise de la documentation et des outillages associés à la qualification des enceintes,
- La certification de la tenue en pression des enceintes par un organisme agréé.

Détail des lots :

- **Poste 1 : Dossier technique comportant les éléments suivants (remise au CEA) :**

- Un dossier de définition indiquant la justification de chaque exigence listée dans ce CDC et sur les plans de la pré-étude fournie par le bureau d'étude du CEA Gramat,
- Un dossier de modèle 3D, plans d'ensemble, nomenclatures et plans de détail
- Définition sur les pièces isolantes de l'empilement des couches de tissus. (Stratification),
- Un dossier des procédés de fabrication (usinage, montage, collage, procédé de continuité électrique),
- Les notes de calcul démontrant la résistance structurale et la durée de vie des enceintes. Les simulations numériques devront être faites en considérant l'ensemble du système mécanique. Elles devront respecter les exigences spécifiées dans ce cahier des charges,
- Les caractéristiques des matériaux utilisés,
- Mise à disposition des pré-études des outillages de drapage, de collage et de tests sous pression,
- Proposition de la méthode de certification, recherche de normes et de validation par l'organisme agréé,
- Mise à disposition des périodicités de contrôles des enceintes par l'organisme agréé,
- Consolidation du chiffrage des postes 2 à 6 en détaillant le poste 2 sur la partie matière, main d'œuvres et outillages,
- Mise à jour du planning prévisionnel des postes 2 à 6 mettant en évidence les principaux jalons.

Après acceptation de ce dossier technique par le CEA (Visa Sans Observation - VSO), le Titulaire doit réaliser la suite de la prestation du poste 2 à 6.

- **Poste 2 : Approvisionnement et Qualification de la matière :**

- Certificat matière des pièces métalliques,
- Certificat des propriétés des matériaux composites,
- Eprouvettes et qualification matières (mise à disposition des résultats au CEA),
- Eprouvette(s) de qualification du collage (mise à disposition des résultats au CEA).

- **Poste 3 : Finalisation de la conception et de réalisation des outillages :**

- Finalisation de l'étude des outillages de drapage, de collage et de tests sous pression,
- Réalisation des outillages,
- Contrôle des outillages (mise à disposition des résultats au CEA).

- **Poste 4 : Réalisation du cône et dôme :**

- Contrôle dimensionnel,
- Contrôle non destructif des pièces en composite (contrôle ultra-son),
- Test d'épreuve,
- Certification.

- **Poste 5 : Réalisation Tube Central :**

- Contrôle dimensionnel,
- Contrôle non destructif des pièces en composite (contrôle ultra-son),
- Test d'épreuve,
- Certification.

- **Poste 6 : Réalisation Tube Intermédiaire :**

- Contrôle dimensionnel,
- Contrôle non destructif des pièces en composite (contrôle ultra-son),
- Contrôle du passage du courant dans l'épaisseur de la pièce isolante,
- Test d'épreuve,
- Certification.

4. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU BESOIN

Exigences Fonctionnelles

Les sous-ensembles dôme, tube intermédiaire et tube central devront :

- Confiner de l'air synthétique ou du gaz hexafluorure de soufre (SF6),
- Être imperméables aux fuites de gaz,
- Résister aux niveaux de pressions spécifiés ci-après,
- Résister aux contraintes mécaniques liées aux poids des systèmes qu'elles supportent,
- Isoler électriquement,
- Particularité : Le sous-ensemble tube intermédiaire à la particularité de devoir laisser passer le courant dans son épaisseur à des emplacements définis par le CEA. Un principe de passage de courant a été défini par le bureau d'études de Gramat. Celui-ci peut être modifié par le titulaire mais fera l'objet d'une approbation par le chargé d'affaires et l'interlocuteur technique du CEA,
- Pour limiter les arcs électriques, les arêtes vives des pièces devront être cassées par des rayons. Les rayures sur les pièces ne seront pas admises. (Voir plans mis à disposition).

Spécifications Techniques

4.1.1 Orientation Technique

Afin d'orienter techniquement le futur titulaire dans la fourniture de ces sous-ensembles, une pré-étude et un pré-dimensionnement ont été initiés par le bureau d'études du CEA Gramat. Les modèles 3D et les plans comprenant les spécifications dimensionnelles seront fournis au titulaire. Cette pré-étude définit également les interfaces mécaniques de chaque sous-partie du banc de test. Le titulaire devra informer le chargé d'intégration mécanique du CEA si une évolution des interfaces est nécessaire dans la conception des sous-ensembles.

Ci-dessous, les vues des trois sous-ensembles conçus par le CEA Gramat :

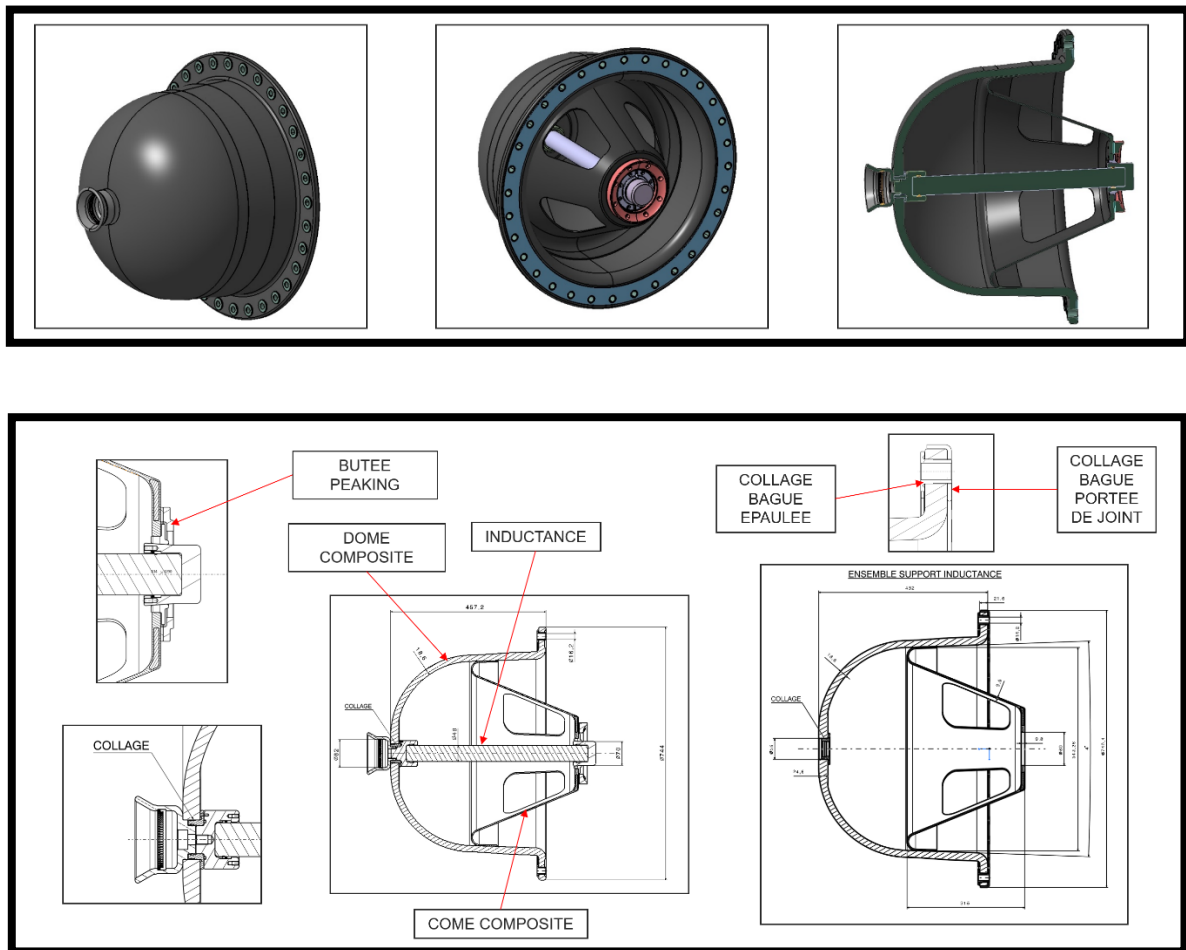


Figure 3 : Sous-ensemble dôme

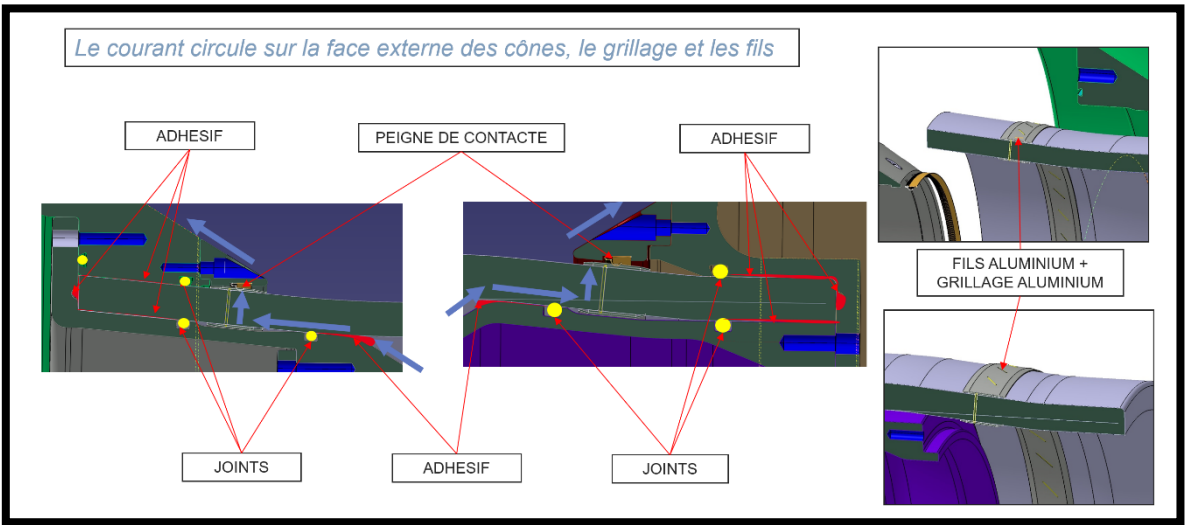
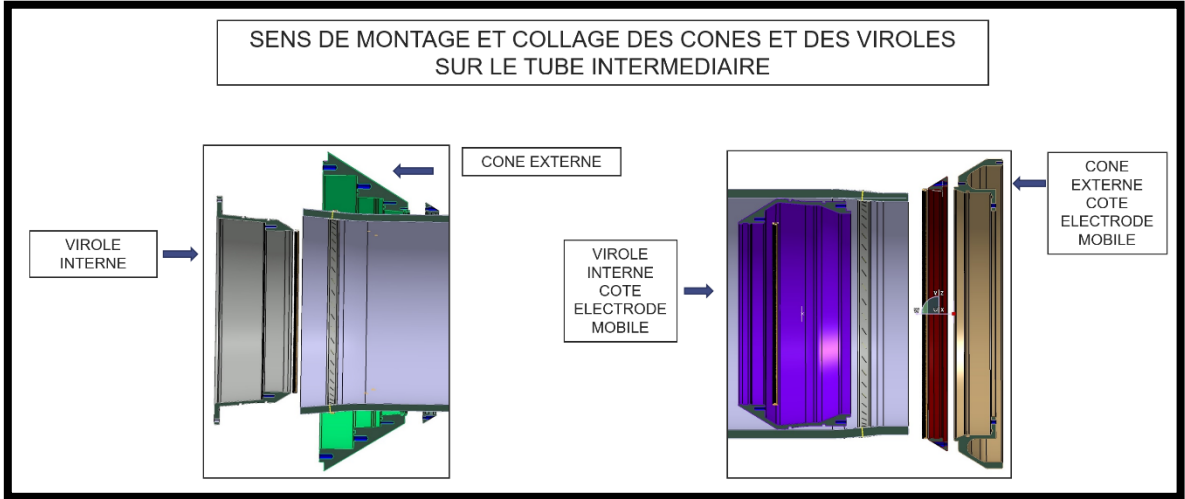
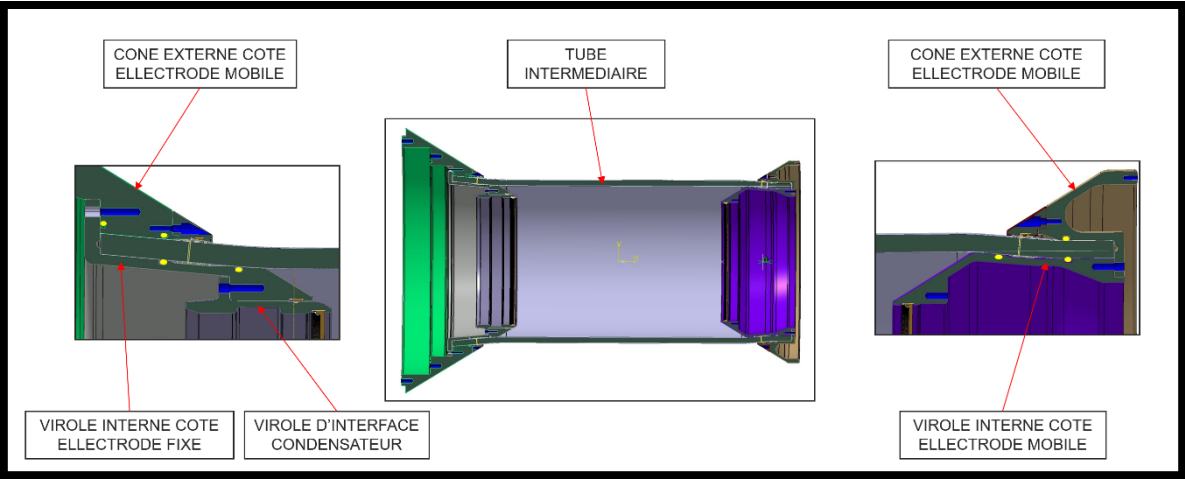


Figure 4 : Sous ensemble tube intermédiaire

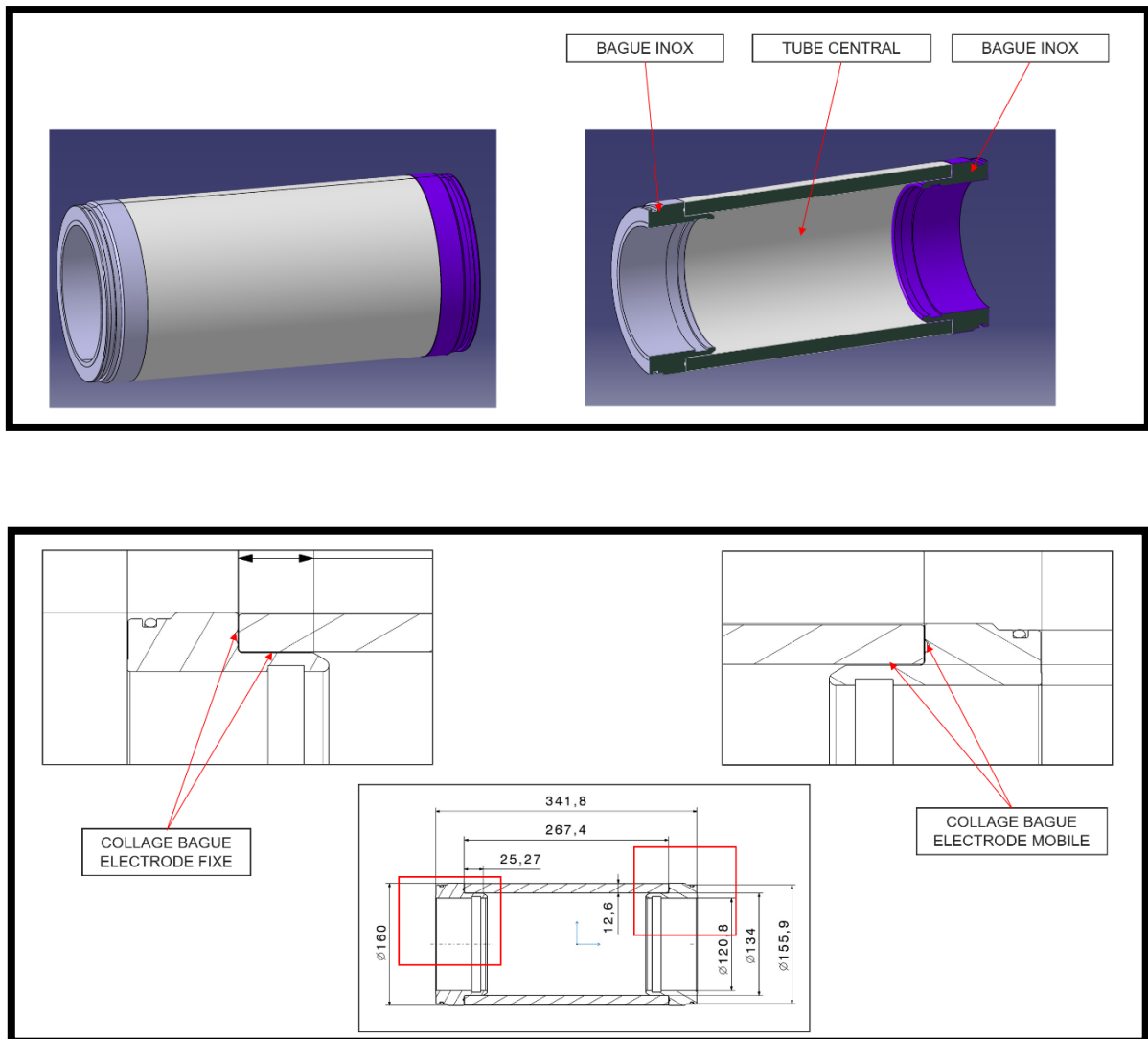


Figure 5 :Sous-ensemble tube central

4.1.2 Définition et spécifications :

- **Étanchéité entre les volumes sous pression :**

La définition de la pré-étude de ces sous-éléments a conduit à un concept de pièces métalliques collées aux enceintes isolantes. Cela garantit les exigences de positionnement des enceintes entre elles, le maintien des pressions exigées et la tenue mécanique des pièces. A la charge du titulaire de définir les tolérances dimensionnelles et les états de surface nécessaires pour garantir la qualité du collage. Les exigences fonctionnelles de positionnement des sous-ensembles entre eux sont spécifiées sur les plans de détails fournis par le CEA.

- **Matériaux isolants :**

Les pièces isolantes des sous-ensembles devront être fabriquées dans un matériau isolant et résistant aux pressions spécifiées. Le matériau recommandé est un composite époxy-fibre de verre. Ce matériau devra être constitué de couches de tissu de verre ou de fibres non tissées, correctement imprégnées et liées avec un composé de résine ou un liant approuvé, ne contenant aucun élément métallique.

Afin de limiter le risque de propagation d'arcs électriques, l'orientation de fibres de verre suivant la direction axiale des pièces est proscrite.

Les surfaces cylindriques intérieures et extérieures devront être lisses, riches en résine et sans fibres exposées.

Les pièces finies devront être exemptées de particules métalliques et autres corps étrangers, et avoir une porosité maximale de 2%. Lors de l'acceptation, un échantillon sera utilisé comme référence pour déterminer la porosité du matériau. Une partie de cet échantillon devra être testée pour valider que le matériau répond à la résistance à la traction minimale requise.

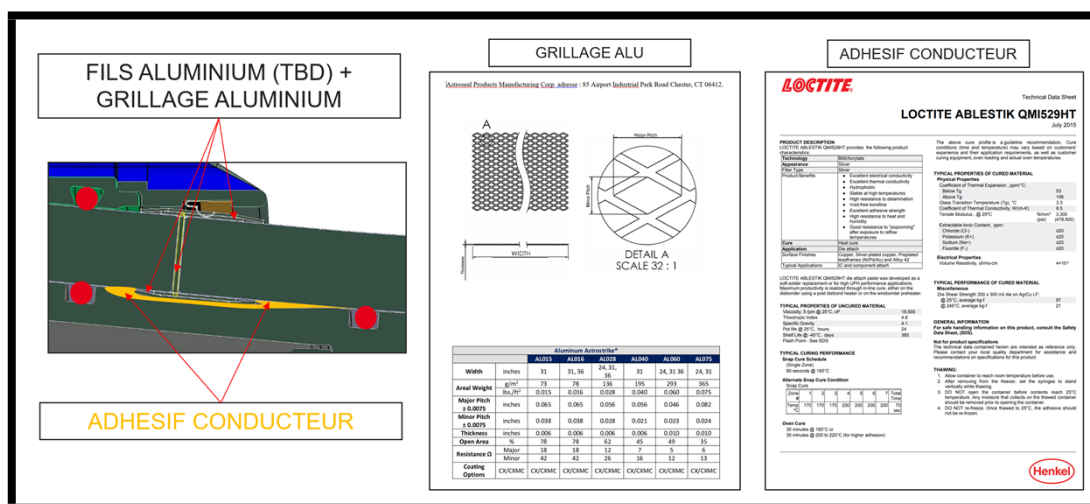
- **Tenue mécanique :**

Les pièces métalliques collées aux pièces isolantes devront être en Aluminium EN AW-7075-T651 ou en inox 304L ou 316L pour le tube central. (Voir les plans fournis)

- **Grillage aluminium et fils conducteurs :**

Des fils d'aluminium traverseront l'épaisseur de la pièce isolante du sous-ensemble tube intermédiaire. Un grillage en aluminium sera collé sur les surfaces externes et internes de la pièce isolante à l'aide d'un adhésif conducteur. De plus, cet adhésif conducteur sur la partie interne favorisera les contacts entre le grillage, les fils et les pièces métalliques. Voir l'image ci-dessus et les plans du sous-ensemble tube intermédiaire. Le titulaire pourra proposer des améliorations à ce principe tout en respectant les zones de passage du courant et les dimensions des fils d'aluminium.

Exemple de grillage et d'adhésif conducteur



4.1.3 Chargements et conditions limites pour la tenue mécanique :

Le maintien en position des différents sous-ensembles se fera par une bride conique fixée sur l'enceinte métallique du banc de test. La définition de cette pièce sera sous la responsabilité du CEA Gramat. (Fourniture du modèle 3D)

Les enceintes sous pression ne seront pas en contact avec les UV.

Elles ne seront pas soumises aux variations de températures.

Avant le remplissage des cuves en gaz, une mise au vide de l'ensemble du banc sera effectuée. Le cycle de remplissage des cuves sera de 2 remplissages par jour. Le remplissage et vidange de cuves se font de manière lente (quelques minutes au minimum).

Masse des sous parties du banc de test :

- Masse du générateur haute tension : 280 kg,
- Masse du condensateur + électrode fixe : 45 kg,
- Masse de la partie asservissement + électrode mobile : 60 kg.

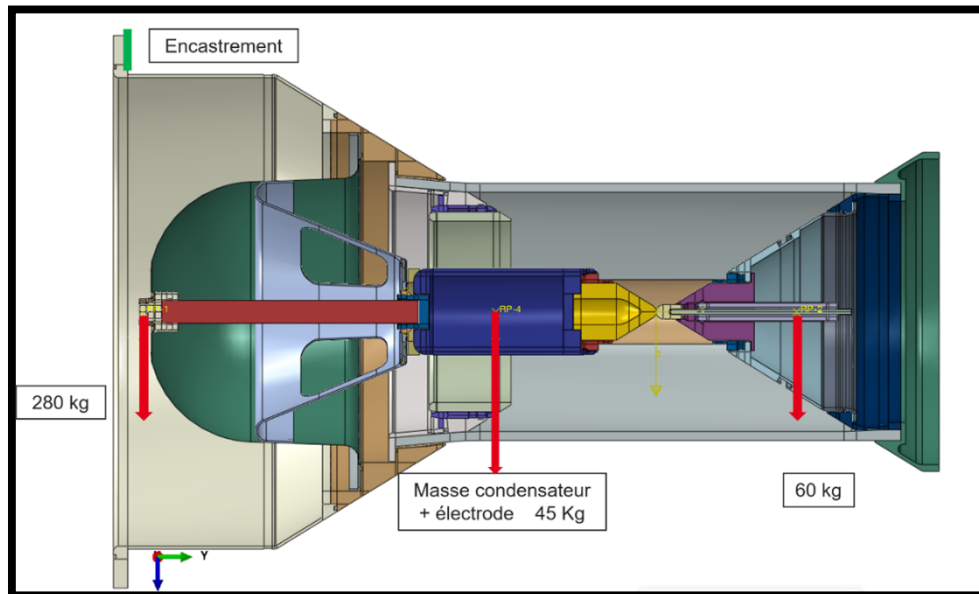


Figure 6 : Hypothèse de chargement liée aux masses des différents éléments

Pressions d'utilisation appliquées aux enceintes (voir figure 2).

Hypothèses de chargement en pression suivant les différents scénarios de mise sous pression des enceintes.

Dans ce document, toutes les pressions sont exprimées en bar absolu. Outre les pressions d'utilisation maximum indiquées toutes les enceintes doivent supporter un vide primaire (~1mBar absolu).

Chaque volume étant indépendant, en terme de tenue mécanique et d'étanchéité cela veut dire que les cuves doivent être dimensionnées pour des différences de pressions (= pression interne – pression externe) « positive » ou « négative » (c'est-à-dire respectivement pour des surpressions à l'intérieur ou à l'extérieur de la cuve)

Par exemple, le tube central doit être dimensionné pour supporter une différence de pression « positive » de 50 bar et « négative » de 20 bar.

Exemple de scénario de mise sous pression des enceintes :

	Pression Cuve central (bar abs)	P° Cuve intermédiaire et dôme (bar abs)	P° Cuves métallique (bar abs)
Scénario 1	50	0.001	0.001
Scénario 2	0.001	20	0.001
Scénario 3	0.001	0.001	8
Scénario 4	50	20	8

Chacun de ces scénarios doit prendre en compte la masse des éléments définis en Figure 6.

4.1.4 Marquage :

Le marquage des sous-ensembles devra être réalisé avec de la peinture ou de l'encre qui ne contient aucun élément métallique. Hauteur des caractères : 10mm. Recouvrir le marquage d'un vernis.

Exigence de marquage :

- Reference article : K_ _ _ _ _ Rev _ _
- Désignation :
- Masse

5. DÉLAI DE LIVRAISON ET/OU DE MISE EN SERVICE SOUHAITEE

L'étude de conception « lot 1 » doit être livrée avant la semaine 24 - 2025.

La recette usine doit être réalisée 2 semaines avant la livraison du matériel.

La livraison du matériel doit être effectuée avant la fin de semaine 39 - 2025.

6. DESCRIPTION DES PRESTATIONS ASSOCIÉES

Emballage, conditionnement et transport

L'emballage et le conditionnement doivent être réalisés avec le plus grand soin par le Titulaire. Le marché précise les informations à communiquer pour l'emballage.

Les colis doivent également comporter les consignes de transport et de manutention, « Fragile », « Haut », « Bas » ... et, en cas de conditionnement spécifique, des témoins de choc ou de température.

Les colis et les protections internes autour du contenu, constituent une protection nécessaire et suffisante pour garantir l'intégrité du contenu au cours du transport et de sa manutention.

A l'intérieur des colis, le Titulaire doit inclure :

- Un bordereau de livraison, comportant au minimum les informations suivantes : nom du fournisseur - N° commande – nom du prescripteur – date de livraison – édifice – références des produits livrés,
- La documentation livrable : fiches de contrôle, certificats de conformité, etc,

Les dispositions relatives au transport sont développées dans le marché.

7. DOCUMENTATION ET LIVRABLES

Documents à remettre au CEA

Le Titulaire doit remettre au CEA les livrables suivants :

- Le dossier technique composé de :
 - Un dossier de définition indiquant la justification de chaque exigence listée dans ce CDC,
 - Un dossier de modèle 3D, plans d'ensemble, nomenclatures et plans de détail des prototypes incluant les cotes des différents éléments ainsi que la stratification des pièces en composites,
 - Les notes de calcul démontrant la résistance structurale,
 - Les caractéristiques des matériaux utilisés,
 - Les certificats des matériaux utilisés,
 - Les certificats des pièces du commerce (si usage),
 - Les PV dimensionnel,
 - Les rapports d'essais.

L'absence de documentation telle que demandée par le prescripteur, lors d'un contrôle d'acceptation technique (recette usine, réception, livraison sur site) entraîne la non-conformité de l'élément concerné.

- Les outillages de mise en forme des pièces isolantes des sous-ensembles dôme, tube intermédiaire et tube central :
 - Dossier de fabrication (3D, plans etc.),
 - Les PV dimensionnels,
 - Dossier retraçant le mode opératoire de fabrication des pièces isolantes.
- Les outillages de mise en position des pièces métalliques sur les pièces isolantes :
 - Dossier de fabrication (3D, plans etc.),
 - Les PV dimensionnels,
 - Dossier retraçant le mode opératoire du collage des pièces isolantes sur les pièces mécaniques.
- Les outillages de test pour la certification des enceintes aux exigences spécifiés dans ce cahier des charges :
 - Dossier de fabrication (3D, plans, etc.),
 - Les PV dimensionnels,
 - Dossier retraçant le mode opératoire du test,
 - Mise à disposition des périodicités de contrôles des enceintes par l'organisme agréé.

Délai de remise des documents

Le Titulaire doit remettre les documents selon les échéances suivantes :

	Livrables	Proposition de date limite de remise
Poste 1 : Etudes	- Dossier technique études	T0 + 8 semaines
Poste 2 : Approvisionnement et qualification matière	- Documents de justifications	T1 + 3 semaines
Postes 3 à 6 : Fabrication	- Dossier technique fabrication	T1 + 17 semaines

Format et quantité

Pour tous les documents, le Titulaire doit effectuer la diffusion selon les modalités suivantes :

- Fichier(s) CAO au format catia R32,
- Fichier(s) informatique(s) au format .docx,
- Fichier(s) informatique(s) au format .pdf, avec reconnaissance des caractères et page(s) de signature scannée(s) et intégrée(s) dans le fichier.

8. CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE ET CONDITIONS DE RÉCEPTION

Contrôle de conformité

Le Titulaire est responsable de la conformité de l'équipement fourni avec la réglementation en vigueur en France, en particulier les directives Européennes transposées en droit français.

La conformité du matériel sera contrôlée lors de la recette sur le site du titulaire. Le résultat du contrôle conditionne la réception de l'équipement. Toute correction de la non-conformité constatée par le CEA doit être corrigée par le Titulaire et à ses frais.

Recette et réception

Recette usine

Elle consistera à valider la conformité des enceintes et aux déroulements des essais sous pressions des enceintes dôme, tube intermédiaire et tube central. L'ensemble des fonctions de contraintes seront vérifiées.

Le Titulaire du marché s'engage :

- A mettre en œuvre les moyens d'essais de certification des enceintes sous pression,
- Avant ces essais à fournir la procédure de mise sous pression des enceintes. Celle-ci devra respecter les exigences demandées dans ce cahier des charges,
- Après ces essais à fournir les documents associés aux résultats,
- Après ces essais à fournir un rapport de contrôle dimensionnel et non destructif des 3 sous-ensembles. Ce rapport de contrôle devra comparer les enceintes avant et après les tests.

Ces essais devront démontrer :

- Les tenues mécaniques des différents équipements,
- La tenue des pressions exigées.

La validation de la recette usine autorisera le transfert de l'équipement vers le lieu d'implantation sur le site du CEA Gramat. La recette usine donne lieu à l'établissement d'un procès-verbal signé contradictoirement par les parties. Cette phase de qualification se fera en présence d'un ou plusieurs représentants du CEA et d'un ou plusieurs représentants d'un organisme de certification indépendant qui devra certifier le matériel avant la livraison sur le site de Gramat.

9. SUIVI ET CONTRÔLE DE L'EXÉCUTION DU MARCHÉ

Le suivi technique de la prestation est assuré par le correspondant technique du CEA. Il est l'interlocuteur technique unique du Titulaire.

Réunion d'enclenchement

La réunion d'enclenchement a notamment pour but de :

- Présenter les intervenants et l'organisation mise en place au niveau du CEA et du Titulaire,
- Rappeler les principales exigences techniques de la fourniture,
- Fournir la documentation « de base » nécessaire au démarrage du marché,
- Expliciter les moyens de récupération de l'information, les formats d'échange, les modalités des réunions techniques d'avancement,
- Rappeler le planning global de l'affaire.

Réunions de suivi

Pour suivre l'exécution du marché, des réunions de suivi pourront être organisées à la demande du Titulaire ou d'un représentant du CEA Gramat. Elles auront pour but :

- De suivre les divers jalons contractuels,
- D'échanger sur les points de blocage,
- De valider les futures actions à mener, le cas échéant.

Compte rendu des réunions

Chaque réunion avec le CEA fait l'objet d'un compte-rendu rédigé par le Titulaire et soumis à l'approbation formelle du CEA, avant diffusion.

Sans remarques de la part du CEA sous 15 jours ouvrés, le compte-rendu est considéré comme accepté.

10. LIEU ET DELAI DE LIVRAISON

Les sous-ensembles devront être livrés au CEA Gramat. Avant la livraison, une autorisation d'entrée sur le site du CEA Gramat est à initier par le chargé d'intégration mécanique du CEG. Pour cela, le titulaire devra fournir la carte d'identité du chauffeur ainsi que la plaque d'immatriculation du véhicule 5 jours ouvrés avant la date de la livraison.

11. CORRESPONDANT TECHNIQUE

L'interlocuteur en charge de l'affaire est M LASSALLE Benjamin

- Téléphone : 05 65 10 53 56 ;
- E-mail : benjamin.lassalle@cea.fr.

Les interlocuteurs techniques de l'affaire sont M MOLES Patrick-M ROUDEIX-M BOUSSAC Justin

- Téléphone : 05 65 10 52 85 ; 05 65 10 53 88 ; 05 65 10 53 47
- E-mail : patrick.moles@cea.fr ; benoit.roudeix@cea.fr ; justin.boussac@cea.fr

L'interlocuteur achat de l'affaire est M CHARAZAC Yann :

- Téléphone : 05 65 10 57 07 ;
- E-mail : yann.charazac@cea.fr.