

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b><br><br><b>Page : 1/35</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|



CNRS - Délégation Île-de-France Gif-sur-Yvette  
 Pôle Achats  
 1 Avenue de la Terrasse  
 91190 Gif-sur-Yvette

## MARCHE PUBLIC DE FOURNITURE

### CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

#### Intitulé du marché :

**Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une enceinte à vide pour le**  
**transport du faisceau laser F1 dans LFA de l'infrastructure de recherche étoile Apollon**

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 2/35</b>                                            |

## SOMMAIRE

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>MARCHE PUBLIC DE FOURNITURE.....</b>                                                        | <b>1</b>  |
| <b>1. GENERALITES .....</b>                                                                    | <b>4</b>  |
| 1.1 OBJET DU DOCUMENT .....                                                                    | 4         |
| 1.2 TERMINOLOGIE .....                                                                         | 4         |
| <b>2 PRESENTATION DU PROJET .....</b>                                                          | <b>5</b>  |
| 2.1 PRESENTATION DU CNRS ET DU LULI .....                                                      | 5         |
| 2.2 CONTEXTE .....                                                                             | 5         |
| <b>3 OBJET DU MARCHE .....</b>                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>4 DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS OBJET DU MARCHE.....</b>                                      | <b>8</b>  |
| 4.1 DESCRIPTION DE L'ENCEINTE A VIDE, CHASSIS ET BANCS OPTIQUE .....                           | 8         |
| 4.2 DIMENSIONS DE L'ENCEINTE LFIC1A EN LFA.....                                                | 9         |
| 4.2.1 Enceinte LFIC1a : .....                                                                  | 9         |
| <b>5 DOCUMENTS APPLICABLES .....</b>                                                           | <b>10</b> |
| 5.1 NORMES, QUALITES ET REGLES TECHNIQUES .....                                                | 10        |
| 5.2 LOGICIELS.....                                                                             | 10        |
| 5.3 ANNEXES AU CCTP .....                                                                      | 11        |
| 5.3.1 Annexes 1 et 2 : Liasse des plans d'ensembles et de sous-ensembles .....                 | 11        |
| 5.3.2 Annexe 3 : Livret d'accueil .....                                                        | 11        |
| 5.3.3 Annexe 4 : Relevé topométrique de la zone d'installation .....                           | 11        |
| 5.3.4 Annexe 5 : Conception assistée par ordinateur .....                                      | 11        |
| 5.3.5 Annexe 6 : Note de calcul préliminaire.....                                              | 11        |
| <b>6 CONSISTANCE ET ETENDUE DES FOURNITURES .....</b>                                          | <b>12</b> |
| 6.1 PERIMETRE PHYSIQUE .....                                                                   | 12        |
| 6.1.1 Dossier Enceinte LFIC1a en LFA : .....                                                   | 12        |
| 6.1.2 Les documents livrables :.....                                                           | 12        |
| 6.2 PERIMETRE CONTRACTUEL DES SERVICES.....                                                    | 12        |
| 6.2.1 La prestation du Titulaire inclue les activités suivantes (liste non-exhaustive) : ..... | 12        |
| 6.3 COMPETENCES ET MOYENS ATTENDUS A L'EXECUTION DU MARCHE .....                               | 14        |
| 6.4 LISTE DES DOCUMENTS ATTENDUS A LA LIVRAISON.....                                           | 15        |
| 6.5 EXIGENCES LIEES A LA QUALITE .....                                                         | 15        |
| 6.5.1 Maîtrise des procédures.....                                                             | 16        |
| 6.5.2 Audits / Vérifications.....                                                              | 16        |
| 6.5.3 Documentation requise .....                                                              | 16        |
| 6.5.4 Maîtrise des prestataires et fournisseurs travaillant avec le Titulaire .....            | 16        |
| 6.5.5 Gestion des anomalies et non-conformités détectées par le Titulaire.....                 | 16        |
| 6.5.6 Gestion des anomalies et non-conformités détectées par le CNRS.....                      | 16        |
| 6.5.7 Evolution et gestion des modifications.....                                              | 17        |
| 6.5.8 Approbation par le CNRS .....                                                            | 17        |
| 6.6 ORGANISATION ET PILOTAGE.....                                                              | 17        |
| 6.6.1 Organisation générale .....                                                              | 17        |
| 6.6.2 Pilotage des activités .....                                                             | 17        |
| 6.6.3 Communication entre le CNRS et le Titulaire.....                                         | 17        |
| 6.6.4 Calendrier d'exécution .....                                                             | 18        |
| 6.6.5 Chemins critiques .....                                                                  | 18        |
| 6.6.6 Adresse de livraison.....                                                                | 18        |

Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 3/35</b>                                            |

|           |                                                                                                                      |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.7       | MATIERES ET APPROVISIONNEMENTS.....                                                                                  | 18        |
| 6.7.1     | <i>Caractéristiques attendues : Aluminium AW-5083 [EN 586-2] :</i> .....                                             | 19        |
| 6.7.2     | <i>Caractéristiques attendues : Acier inoxydable 304L [EN 10028-7 ou équivalent] :</i> .....                         | 19        |
| 6.8       | TESTS ET CERTIFICATS.....                                                                                            | 19        |
| <b>7</b>  | <b>SPECIFICATIONS TECHNIQUES DE REALISATION .....</b>                                                                | <b>20</b> |
| 7.1       | DOCUMENTS REMIS AU TITULAIRE.....                                                                                    | 20        |
| 7.1.1     | <i>Enceinte à vide LFIC1a</i> .....                                                                                  | 20        |
| 7.1.2     | <i>Note de calcul et CODAP</i> .....                                                                                 | 20        |
| 7.1.3     | <i>Livret d'accueil</i> .....                                                                                        | 20        |
| 7.2       | SOUDAGE.....                                                                                                         | 20        |
| 7.3       | TOLERANCES .....                                                                                                     | 21        |
| 7.4       | CONTROLE DIMENSIONNEL .....                                                                                          | 21        |
| 7.5       | USINAGE, TENUE MECANIQUE, EXIGENCE DE SURETE ET DE SECURITE .....                                                    | 22        |
| 7.6       | ETATS DE SURFACE, NETTOYAGE ET PROPRETE .....                                                                        | 22        |
| 7.7       | TRAITEMENTS THERMIQUES .....                                                                                         | 24        |
| 7.8       | TEST D'ETANCHEITE AU VIDE ET TAUX DE DEGAZAGE.....                                                                   | 24        |
| 7.8.1     | <i>Méthodes de détection et quantifications des fuites avant expédition et à la mise en service sur site :</i> ..... | 24        |
| 7.8.2     | <i>En termes de qualité de vide résiduel</i> .....                                                                   | 25        |
| 7.8.3     | <i>Mesure du taux de dégazage par spectrométrie de masse :</i> .....                                                 | 25        |
| 7.8.4     | <i>Recommandation sur l'utilisation de graisse à vide</i> .....                                                      | 26        |
| 7.9       | MONTAGE USINE ET CONTROLES .....                                                                                     | 26        |
| <b>8</b>  | <b>EMBALLAGE ET TRANSPORT .....</b>                                                                                  | <b>28</b> |
| <b>9</b>  | <b>MONTAGE SUR LE SITE DU CEA DE L'ORME DES MERISIERS .....</b>                                                      | <b>29</b> |
| 9.1       | MISE EN PLACE .....                                                                                                  | 29        |
| 9.2       | SITUATION ET ACCES .....                                                                                             | 29        |
| 9.3       | MOYEN DE MANUTENTION .....                                                                                           | 29        |
| 9.4       | POINT CRITIQUE .....                                                                                                 | 30        |
| <b>10</b> | <b>CYCLE DE VIE DU PROJET .....</b>                                                                                  | <b>31</b> |
| 10.1      | ETAPE 1 : REUNION DE DEMARRAGE .....                                                                                 | 31        |
| 10.2      | ETAPE 2 : VALIDATION DES DOSSIERS DE L'ENCEINTE A VIDE DE TRANSPORT F1.....                                          | 31        |
| 10.3      | ETAPE 3 : RECEPTION PROVISOIRE EN USINE .....                                                                        | 31        |
| 10.4      | ETAPE 4 : RECEPTION SUR SITE .....                                                                                   | 32        |
| 10.5      | ETAPE 5 : RECEPTION DEFINITIVE PAR LE LULI .....                                                                     | 32        |
| <b>11</b> | <b>DEVELOPPEMENT DURABLE .....</b>                                                                                   | <b>33</b> |
| 11.1      | UTILISATION DE PRODUITS RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT : .....                                                       | 33        |
| <b>12</b> | <b>TABLEAU RECAPITULATIF DES EXIGENCES CONTRACTUELLES .....</b>                                                      | <b>34</b> |

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 4/35</b>                                            |

## 1. GENERALITES

### 1.1 OBJET DU DOCUMENT

Ce document décrit les prestations attendues du Titulaire pour la validation dimensionnelle, la fabrication, la maîtrise technique, la fourniture et l'installation d'une (1) enceinte à vide, dénommée LFIC1a, destinée à accueillir le dispositif de transport et de diagnostics optiques du faisceau F1 en salle LFA/HE0. Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (ci-après CCTP) constitue la pièce référence « CCTP Enceinte LFIC1a IR Apollon Ind D » du marché et a pour but de décrire l'étendue des prestations et toutes les exigences techniques contractuelles qui s'appliquent à la réalisation de ce projet.

Ces obligations techniques contractuelles constituent pour le Titulaire du marché une obligation de résultat.

### 1.2 TERMINOLOGIE

|                     |                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| BEM :               | Bureau d'Études et atelier Mécaniques du LULI.                                              |
| CCPU :              | Certificat de Contrôle des Produits par l'Usine.                                            |
| CCTP :              | Cahier des Clauses Techniques Particulières.                                                |
| CEA :               | Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, site d'accueil.             |
| CMU :               | Charge Maximale d'Utilisation.                                                              |
| CNRS :              | Centre National de la Recherche Scientifique, et pouvoir adjudicateur.                      |
| DMOS :              | Descriptif des Modes Opérateurs de Soudage.                                                 |
| fs :                | femtoseconde, $10^{-15}$ seconde.                                                           |
| GC :                | Génie Civil.                                                                                |
| HE0 :               | Hall d'Expérience 0, dénomination CEA pour LFA.                                             |
| IR* :               | Infrastructure de Recherche Étoile.                                                         |
| J :                 | Joule.                                                                                      |
| LFA :               | Long Focal Area.                                                                            |
| LFIC1a :            | Long Focal Interaction Chamber 1 part a, enceinte à vide.                                   |
| LFIC1b :            | Long Focal Interaction Chamber 1 part b, enceinte à vide.                                   |
| LFTF1 :             | Long Focal Transport F1, volume de vide.                                                    |
| LOFC :              | Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle.                                         |
| LOMC :              | Liste des Opérations de Montage et de Contrôle.                                             |
| LULI :              | Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses, et service utilisateur des prestations. |
| m :                 | mètre.                                                                                      |
| mbar :              | millibar.                                                                                   |
| mm :                | millimètre, $10^{-3}$ mètre.                                                                |
| mrاد :              | milliradian, $10^{-3}$ radian.                                                              |
| PV :                | Procès-Verbal.                                                                              |
| PW :                | PétaWatt, $10^{15}$ Watts.                                                                  |
| QMOS :              | Qualification des Modes Opérateurs de Soudage.                                              |
| RGA :               | Residual Gas Analysis.                                                                      |
| SS2 :               | Sous-Sol moins 2.                                                                           |
| TQC :               | Tel Que Construit.                                                                          |
| UMR :               | Unité Mixte de Recherche.                                                                   |
| W/cm <sup>2</sup> : | Watt par centimètre carré.                                                                  |
| °C :                | Degré Celsius.                                                                              |

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br>Bureau d'études et atelier<br>mécaniques du LULI | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br>l'infrastructure de recherche étoile Apollon » | REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br>IR* Apollon Ind F |
|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Page : 5/35                                     |

## 2 PRESENTATION DU PROJET

### 2.1 PRESENTATION DU CNRS ET DU LULI

Le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) est le principal organisme public français de recherche. Il mène des recherches dans un très grand nombre de domaines au travers de différents Instituts.

Pôle civil français des lasers de puissance et de haute énergie, le LULI, UMR 7605 du CNRS, met à disposition du plus grand nombre d'utilisateurs des chaînes lasers et des installations expérimentales adaptées aux recherches sur la physique des plasmas. Le LULI est implanté sur le campus de l'École polytechnique à Palaiseau, sur le site du CEA de l'Orme des Merisiers à Saint-Aubin, et sur le campus de Jussieu de Sorbonne Université à Paris.

### 2.2 CONTEXTE

La présente consultation est conduite dans le cadre de l'IR\* Apollon, localisée sur le site du CEA de l'Orme des Merisiers à Saint-Aubin (91190).

Ce site est composé d'anciens bâtiments hébergeant auparavant un accélérateur de particules. Il a fait l'objet d'une importante opération de rénovation nommée RIO, pour Rénovation des Infrastructures du CEA de l'Orme des Merisiers.

L'IR\* Apollon est le résultat d'un projet financé et supporté par le CNRS, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, le Conseil Général de l'Essonne, le Conseil Régional d'Ile de France et l'Agence National de la Recherche, dans le cadre des investissements d'avenir.

L'IR\* Apollon permettra de mettre à la disposition d'une communauté industrielle et scientifique mondiale, sur le Plateau de Saclay, une source laser conçue pour produire à terme, une énergie de 150J en 15fs, soit une puissance instantanée de 10 PW se traduisant sur cible par une intensité de  $10^{22}$  W/cm<sup>2</sup>. Ce haut niveau d'intensité sur cible autorisera la production d'électrons et d'ions relativistes pour étudier de nouvelles propriétés de la matière.

Les axes de recherche qui nécessitent une telle installation sont aujourd'hui la physique à haut flux et l'étude des plasmas. Cet équipement, qui sera par ailleurs une source unique de radiations et de particules, permettra l'émergence de nouveaux domaines de recherches pluridisciplinaires.

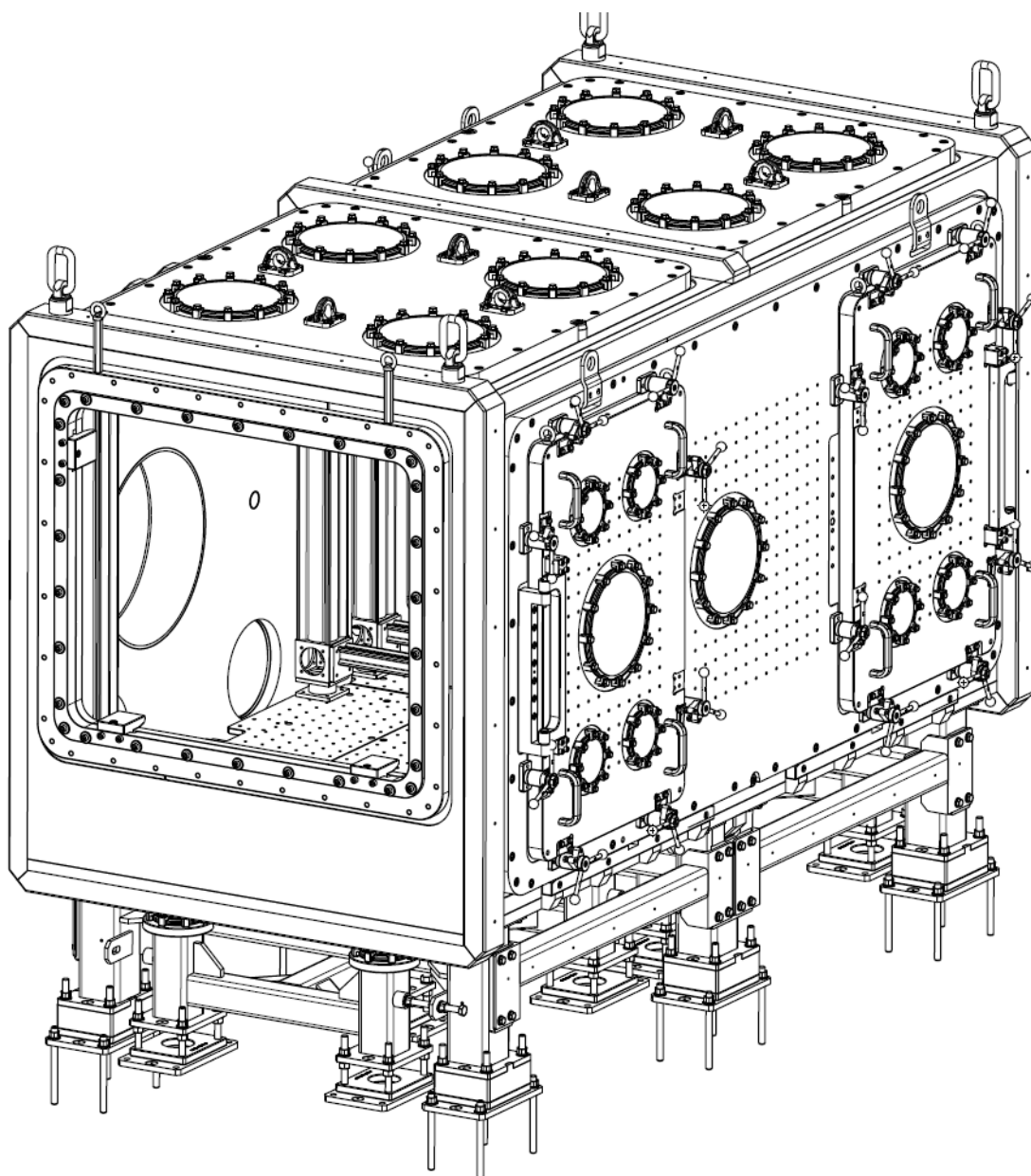
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>CNRS<br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p>Marché public de fournitures<br/>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES<br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p>REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> |
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Page : 6/35</p>                                      |

### 3 OBJET DU MARCHÉ

Le LULI s'équipe d'une (1) **enceinte à vide**, dénommée LFIC1a, destinée à accueillir le dispositif de transport et de diagnostics optiques du faisceau laser F1 en salle LFA/HE0. Cette chambre à vide sera soumise à un vide poussé ( $1.10^{-6}$  mbar) en exploitation.

Le présent marché concerne la fourniture et l'installation de :

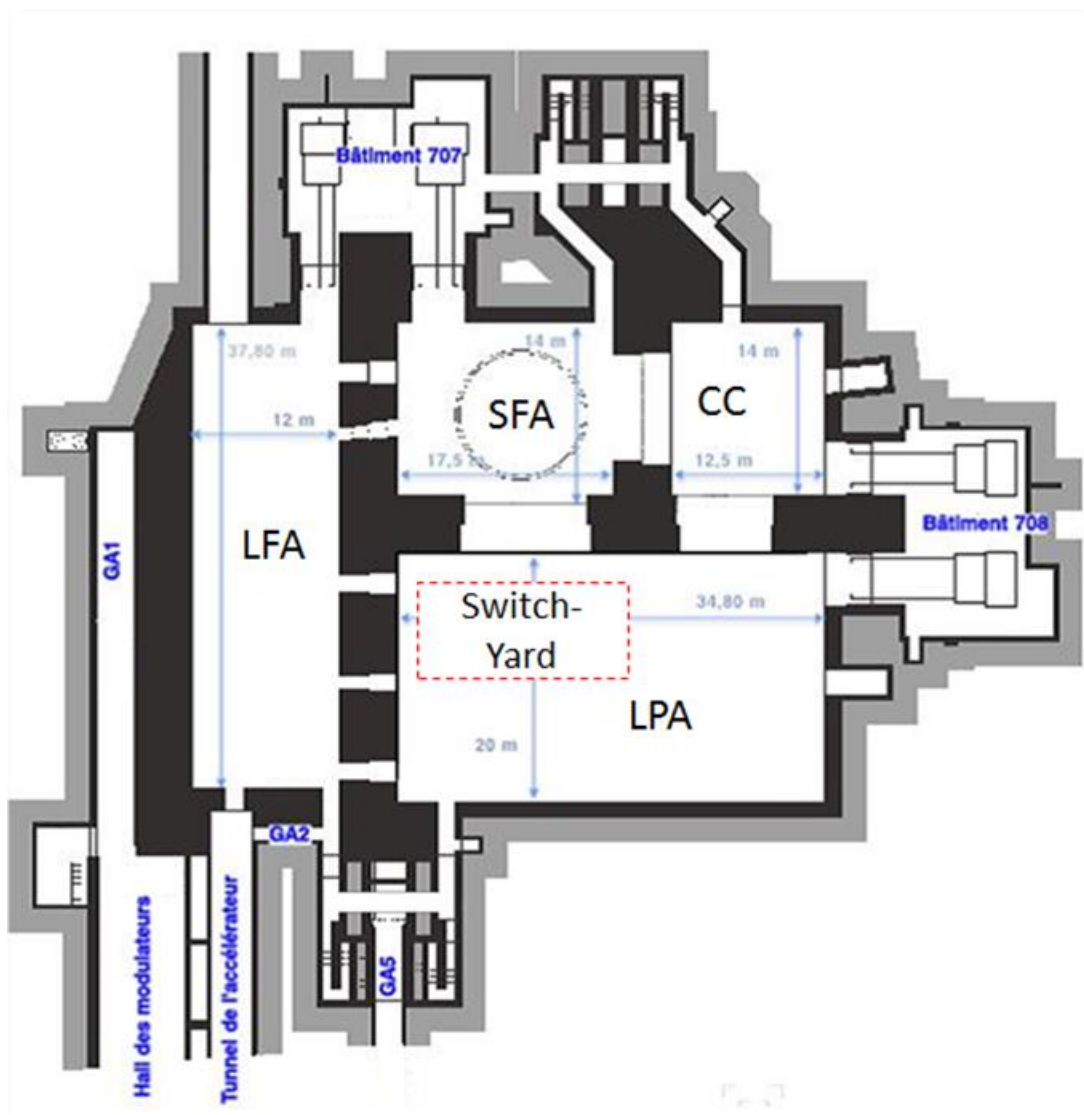
- **Une enceinte LFIC1a en LFA comprenant les ensembles « APO-LFA-102-020000, APO-LFA-102-040000, APO-LFA-102-050000 ».**



**Figure 1 : Représentation isométrique de l'enceinte LFIC1a.**

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 7/35</b>                                            |

L'installation de l'équipement s'effectuera, par le Titulaire, dans l'IR\* Apollon, sur le site du CEA de l'Orme des Merisiers, Route D128 (Route de l'Orme), 91190 Saint-Aubin, Bâtiment 707, salle LFA/HE0, SS2.



**Figure 2 : Plan de masse du SS2 de l'IR\* Apollon.**

En cas de non-conformité entre les dispositions du CCTP et la réglementation, ou en cas de divergence d'interprétation, le Titulaire est tenu de se rapprocher du CNRS pour décision.

En cas d'oubli ou d'omission dans le CCTP (et/ou ses annexes) de dispositions ou de documents et de plans nécessaires à l'exécution du Marché, il appartient au Titulaire de se rapprocher, dans les plus brefs délais, du CNRS en vue de collecter les informations nécessaires.

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br>Bureau d'études et atelier<br>mécaniques du LULI | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br>l'infrastructure de recherche étoile Apollon » | REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br>IR* Apollon Ind F |
|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Page : 8/35                                     |

## 4 DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS OBJET DU MARCHÉ

### 4.1 DESCRIPTION DE L'ENCEINTE A VIDE, CHASSIS ET BANCS OPTIQUE

La mission du Titulaire est de valider dimensionnellement, fabriquer, contrôler, livrer et mettre en place dans la salle LFA/HE0 au SS2 du bâtiment 707 un ensemble d'une enceinte à vide, équipées de ses châssis de supportage et de ses bancs optiques, destiné au transport du faisceau laser F1.

L'ensemble enceinte à vide est de forme parallélépipédique. Le module principal est en acier inoxydable 304L mécano-soudés, et obturé par des panneaux en alliage d'aluminium 5083 selon l'usage sur chacun des côtés. Le module principal ainsi que les panneaux sont équipés de piquages pour brides type ISO-K ou ISO-F. Les piquages, soudés ou usinés sur le module principal et les panneaux, accueillent des vannes pour de pompage, des hublots de visualisations ou d'éclairage, des soufflets à membrane, le raccordement des tubes de transport, et permettent le passage des servitudes. L'intérieur de la chambre à vide est accessible par ses portes à double-charnière ou par le démontage de ses panneaux en prévision des maintenances et faciliter les accès aux optiques. Compte tenu de leurs dimensions, les panneaux et les portes doivent faire l'objet d'une attention particulière pour l'étanchéité, en particulier la qualité et la planéité des plans de joints.

À l'intérieur de l'enceinte à vide, sont logés les bancs optiques et les équipements connexes (chariot, plateau, équerre, fixation, etc...). Les bancs optiques sont isolés de l'enceinte par un supportage indépendant. L'enceinte à vide se raccorde au supportage des bancs optiques par des soufflets à membranes (ou à coupelles soudées) pour en assurer l'étanchéité. Compte tenu des dimensions et de la fragilité du matériel, des précautions seront nécessaire pour assurer la mise en place de l'enceinte au cours de l'installation. Le châssis est en acier inoxydable 304L mécanosoudé.

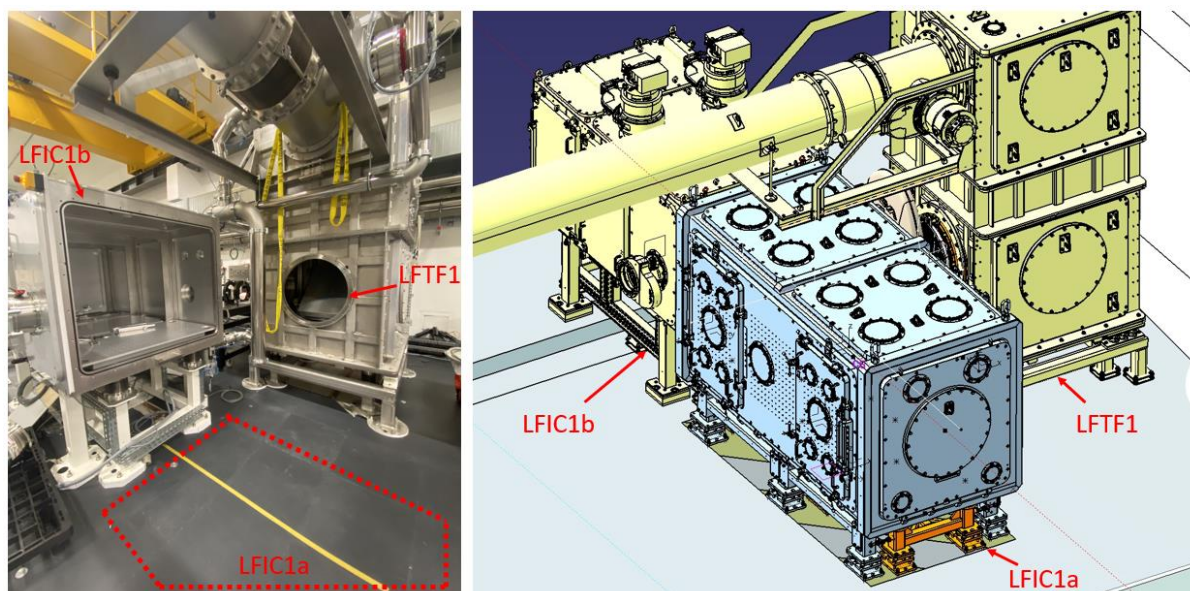


Figure 3 : Zone d'installation de l'enceinte LFIC1a (raccordement à l'enceinte LFIC1b).

Particularité à prendre en compte lors des phases de fabrication et d'installation sur site, la présente enceinte LFIC1a viendra se positionner entre les volumes de vide LFIC1b et LFTF1, ainsi que se raccorder à l'enceinte LFIC1b déjà existante. Le Titulaire doit prendre les précautions et mesures nécessaires afin que la mise en position sur site et le raccordement de ces trois enceintes entre-elles soient réalisés et respectent les spécifications demandées (confère annexes 3 et 4).



|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>CNRS<br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p>Marché public de fournitures<br/>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES<br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p>REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> |
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Page : 9/35</p>                                      |

Les volumes et les surfaces au contact du vide auront une concentration particulière maîtrisée et d'une qualité équivalente à une classe de propreté ISO 6. Cette contrainte s'applique à tous les éléments interne constituant l'enceinte et l'appareille ainsi à une salle propre.

Les surfaces externes de l'enceinte seront compatibles à une classe de propreté ISO 8.

Cette chambre à vide LFIC1a sera utilisée sous un vide poussé de  $1.10^{-6}$  mbar en exploitation. Cependant, afin de garantir l'atteinte des objectifs en qualité de vide, **la pression contractuelle est de  $5.10^{-7}$  mbar**. En raison de la grande surface intérieure, produite par les parois de la chambre à vide et du banc optique, il est indispensable de garantir un état de surface au contact du vide d'une qualité meilleure que Ra 1,6 afin de limiter les flux de désorption. Cette contrainte s'applique à tous les éléments la constituant.

**Important :** En raison des conditions particulières d'accès, des cheminements jusqu'à la salle LFA/HE0 au SS2 du bâtiment 707 du CEA de l'Orme des Merisiers, ainsi que les contraintes particulières d'installation de l'équipement décrit dans ce présent CCTP, le candidat devra visiter les locaux afin de prévoir les outillages nécessaires à la manutention et à la mise en place. La visite des locaux est contractuelle.

## 4.2 DIMENSIONS DE L'ENCEINTE LFIC1A EN LFA

### 4.2.1 Enceinte LFIC1a :

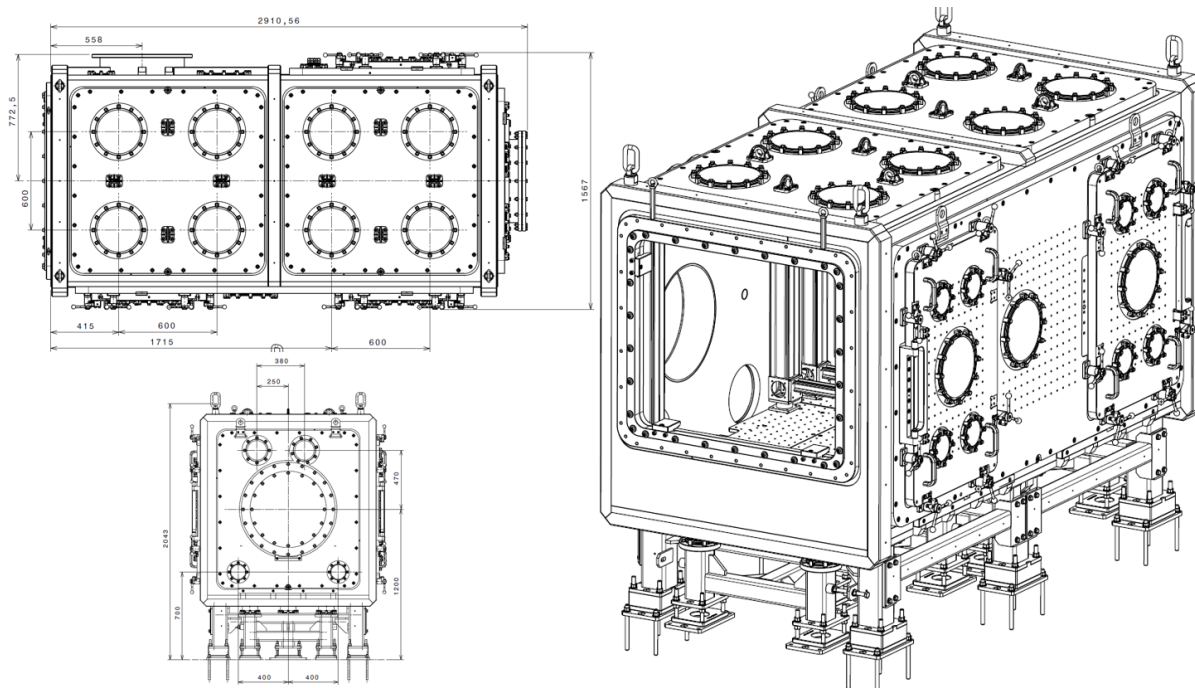


Figure 4 : Extrait du plan d'ensemble de l'enceinte LFIC1a.

- Dimensions maximums : L 3000 mm x l 1600 mm x h 2100 mm (hors tout, environ).

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 10/35</b>                                           |

## 5 DOCUMENTS APPLICABLES

### 5.1 NORMES, QUALITES ET REGLES TECHNIQUES

|      |                |                                                                         |
|------|----------------|-------------------------------------------------------------------------|
| [1]  | Certification  | ISO9001 : 2008                                                          |
| [2]  | Certification  | EN ISO 3834                                                             |
| [3]  | Certification  | NF EN ISO 10042                                                         |
| [4]  | Certification  | NF EN ISO 9606-2                                                        |
| [5]  | Certification  | NF EN 287-1                                                             |
| [6]  | Certification  | QMOS NF EN 15614-1                                                      |
| [7]  | Certification  | QMOS NF EN 15614-2                                                      |
| [8]  | Certification  | ISO 14001                                                               |
| [9]  | Certification  | COFREND II                                                              |
| [10] | Certification  | NF EN 10204                                                             |
| [11] | Directive      | DESP-97/23/CE                                                           |
| [12] | Code           | CODAP2010                                                               |
| [13] | Code de calcul | Division 2 : 2010, Chapitre 10.2, portant sur l'analyse des contraintes |
| [14] | Normes         | Normes européennes pour les caractéristiques des matériaux              |
| [15] | Normes         | ISO 2768-1                                                              |
| [16] | Normes         | ISO 2768-2                                                              |
| [17] | Normes         | ISO 13920                                                               |
| [18] | Notes          | Références théoriques                                                   |

### 5.2 LOGICIELS

|     |                   |                         |
|-----|-------------------|-------------------------|
| [1] | Microsoft         | Word, Excel, Ms Project |
| [2] | Adobe             | Pdf                     |
| [3] | Dassault Systèmes | CATIA V5-6R2014         |

Le CNRS accepte les certificats équivalents d'organismes établis dans les autres états membres de la Communauté Économique Européenne et d'autres preuves équivalentes.

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>CNRS<br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p>Marché public de fournitures<br/>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES<br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p>REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> |
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Page : 11/35</p>                                     |

### 5.3 ANNEXES AU CCTP

#### 5.3.1 Annexes 1 et 2 : Liasse des plans d'ensembles et de sous-ensembles

La nomenclature pour l'enceinte LFIC1a, ainsi que les plans d'ensemble et de sous-ensembles « bon pour information », au format .pdf, sont présents en annexes 1 et 2 du présent document.

#### 5.3.2 Annexe 3 : Livret d'accueil

Un livret d'accueil, au format .pdf, présent en annexe 3 (Livret d'accueil aux intervenants et aux entreprises extérieures IR\* Apollon) du présent document permettra d'identifier les moyens de manutention nécessaires à l'accès dans le bâtiment jusque dans la salle LFA/HE0, afin d'assurer la livraison et l'installation de l'ensemble « Enceinte LFIC1a » dans l'IR\* Apollon. **La lecture du document ne s'affranchi pas de la visite des locaux obligatoire.**

#### 5.3.3 Annexe 4 : Relevé topométrique de la zone d'installation

Le relevé topométrique de la zone d'installation de l'enceinte LFIC1a, au format .pdf, est présent en annexe 4 du présent document.

#### 5.3.4 Annexe 5 : Conception assistée par ordinateur

La conception assistée par ordinateur de l'enceinte LFIC1a, pièces et ensembles « bon pour information », au format .stp, sont présents en annexe 5 du présent document.

#### 5.3.5 Annexe 6 : Note de calcul préliminaire

La note de calcul préliminaire de l'enceinte LFIC1a, au format .xlsx, est présente en annexe 6 du présent document.

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br>Bureau d'études et atelier<br>mécaniques du LULI | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br>l'infrastructure de recherche étoile Apollon » | REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br>IR* Apollon Ind F<br><br>Page : 12/35 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|

## 6 CONSISTANCE ET ETENDUE DES FOURNITURES

Toutes les fournitures et services citées ci-dessous devront correspondre aux spécifications, procédures, règles et normes définies dans les présentes spécifications techniques et en vigueur à la date de base des conditions économiques du contrat.

Le périmètre des fournitures et des services à fournir par le Titulaire est décrit dans les paragraphes ci-après :

- Toutes les études complémentaires, activités, expertises, conceptions, validations de plans, mises au point et qualification de procédés, achats de matière première, fabrication en usine, gestion des sous-traitants, assemblages, installations, contrôles et tests listés ci-après sont à réaliser et à livrer sous la responsabilité du Titulaire, sauf si la mention « non inclus » est spécifiquement indiquée.
- L'équipement nécessaire à l'étanchéité, au montage et à l'installation de l'enceinte sera fourni par le Titulaire (brides en acier inox 304L et/ou en aluminium 6061/5083, obturateurs, griffes et demi-griffes, anneaux de centrage, joints VITON®, raccords, soufflets à membranes (ou à coupelles soudées), visserie, matériel divers, roulements, billes, quincaillerie, etc... liste non exhaustive). L'enceinte LFIC1a sera livrée, montée, installée et rendue opérationnelle.
- L'étude et la fourniture des outillages spécifiques nécessaires au montage/démontage, au transport, à la manutention, à la mise en place, seront à définir, à concevoir et à fournir par le Titulaire.

**Matériel exclu de la fourniture contractuelle** : signalé « non-inclus » ou « ne pas fournir » sur la nomenclature, ainsi que les vannes, jauges, capteurs, pompes, prises « FISHER », moteurs, platines motorisées linéaires ou rotatives, passage étanche, et autres éléments de servitude électrique ou électronique, les optiques.

### 6.1 PERIMETRE PHYSIQUE

La fourniture du Titulaire comprend, tel que défini par le dossier de conception préliminaire et des plans notés « bon pour information », le matériel suivant :

#### 6.1.1 Dossier Enceinte LFIC1a en LFA :

Identifié par le dossier de conception préliminaire « bon pour information » et sa nomenclature, présent au document en annexe 1 et 2.

#### 6.1.2 Les documents livrables :

Détail paragraphe 6.4 de ce document page 15.

### 6.2 PERIMETRE CONTRACTUEL DES SERVICES

Les actions du Titulaire contiennent l'ensemble des tâches nécessaires à l'expertise du dossier et la fabrication, l'adaptation éventuelle, à la mise en place et à la mise en service de l'équipement.

#### 6.2.1 La prestation du Titulaire inclue les activités suivantes (liste non-exhaustive) :

- Le chargé d'affaires (ou chef de projet), le correspondant technique et le responsable assurance qualité du Titulaire sont ceux cités dans son offre technique.
- Assurer le suivi du projet et piloter les sous-traitants.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 13/35</b>                                           |

- Valider dimensionnellement la tenue au vide et sa déformée de la présente enceinte à vide ainsi que ces points de manutention, et fournir la note de calcul.
- Vérifier la conformité des dossiers de plans « pour information » et des nomenclatures « pour information » fournis par le CNRS, et procéder si besoin aux correctifs nécessaires. Le Titulaire établit les plans intermédiaires et valide les dossiers de plans « bon pour information » transmis par l'émission des plans « bon pour exécution » afin de les rendre conforme à une fabrication dans les règles de l'art et au savoir-faire métier attendus. Les plans devront être approuvés par le responsable technique en charge de la réalisation de la prestation et validés par le représentant du LULI.
- Concevoir et établir le dossier de fabrication du matériel nécessaire à la manutention, au transport, au montage/démontage et la mise en place, et assurer la fabrication et la fourniture du matériel.
- Apporter l'expertise métier en mécano-chaudronnerie de grande dimension, en système intégré sous vide secondaire, en chambre à vide (jusqu'à  $1.10^{-7}$  mbar), en système sous contraintes de propreté (jusqu'à un équivalent ISO 6).
- Établir les procédures de fabrication et de contrôle, notamment la Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle (LOFC), incluant les procédures de soudage, les opérations de traitements thermiques, de traitements de surfaces pour une utilisation sous vide ( $5.10^{-7}$  mbar) et de mise en propreté équivalente à une qualité ISO 6.
- Fabriquer l'ensemble « Enceinte LFIC1a » complétés des équipements annexes suivant plans et spécifications.
- Procéder à un contrôle préliminaire en usine de l'étanchéité pour chaque élément sous vide par test de fuite à l'hélium (voir critères ci-dessous) à chaque étape de la fabrication.
- Assurer le suivi des exigences techniques pour tous les éléments en interface avec le vide.
- Garantir le décapage, le nettoyage et les critères de propreté jusqu'au montage.
- Réaliser des contrôles aux différents stades de la production, des montages d'essais et de l'installation.
- Fournir le matériel annexe (composants pour le vide, soufflets à membranes (i.d à coupelles), visserie, matériels divers), nécessaire à la mise en place et rendre le matériel opérationnel.
- Utiliser des vis inox A4 percées pour les assemblages localisés sous vide.
- Établir les LOMC.
- Procéder au montage à blanc et à un essai préliminaire en usine identique aux conditions réelles d'utilisations. Procéder aux contrôles usines (états de surface, dimensions, tolérances, propreté, etc.). Les essais et le contrôle dimensionnel des caissons (avec un tracker laser ou équivalent) seront réalisés en deux phases lorsque ceux-ci seront lestés :
  - À la pression atmosphérique.
  - Sous vide à  $1.10^{-2}$  mbar minimum.
- Recette usine par un représentant du LULI.
- Mettre à jour et dresser les plans TQC des éléments modifiés suite au montage et essais.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 14/35</b>                                           |

- Assurer l'emballage, le transport et le déchargement sur le site du CEA de l'Orme des Merisiers (confère §8).
- Effectuer le montage, la mise en place et le positionnement de l'enceinte (+/- 2 millimètres ; +/- 2 mrad en angulaire) et du banc optique (+/- 1 mm en centrage ; +/- 1mrad en angulaire) avec un tracker laser ou équivalent par rapport au repère « 0 » du bâtiment.

Après la mise en place du matériel, et en présence du représentant du laboratoire, le Titulaire doit :

- Procéder à la validation de l'étanchéité de l'ensemble sous vide par test de fuite à l'hélium. Le flux de fuite local admissible sera inférieur ou égal à  $1.10^{-9}$  Pa.m<sup>3</sup>. S<sup>-1</sup>. Le taux de fuite global sera inférieur ou égal à  $1.10^{-7}$  Pa.m<sup>3</sup>. S<sup>-1</sup>. Test de remontée de pression de 24h avec une remontée de pression inférieure ou égale à  $1.10^{-2}$  mbar. La qualité du vide sera validée par un contrôle certifié COFREND II.
- Mettre en propreté l'ensemble « chambre à vide et banc optique ». Les surfaces extérieures seront compatibles ISO 8, et compatibles ISO 6 pour les surfaces situées à l'intérieur de l'enceinte diagnostics F1. La propreté du matériel sera validée par un contrôle particulière équivalent au niveau ISO 6 avec certificat pour le volume sous vide.
- Fournir le profil issu d'une mesure faite avec un spectromètre de masse permettant d'évaluer les molécules dégazées (mesure faite avec l'enceinte équipée du banc optique) lors d'une mise sous vide (test RGA ou équivalent).
- Fournir les documents, certificats, comptes rendus de mesures, comptes rendus de réunion, dossiers de fabrications et de calcul, fichiers informatiques de conception si ceux-ci ont été modifiés (3D et 2D).

### 6.3 COMPETENCES ET MOYENS ATTENDUS A L'EXECUTION DU MARCHE

Les compétences techniques exigées pour la réalisation des prestations sont les suivantes (liste non-exhaustive) :

- Maîtrise de la gestion de projet.
- Maîtrise de la chaudronnerie destinée à une utilisation sous vide poussée à  $1.10^{-6}$  mbar.
- Mécanique lourde et mécanique de précision.
- Maîtrise de la technique du vide.
- Familiarisé avec les environnements propres (jusqu'à la classe de propreté ISO 6).
- Expérience et compétence avec des installations scientifiques similaires au LULI.
- Capable de maîtriser en interne ou à travers ses coopérants un large éventail de métiers et leur intégration.
- Les éléments mécanosoudés principaux de l'enceinte à vide seront fabriqués dans un atelier dédié exclusivement à la chaudronnerie en acier inoxydable. L'externalisation de l'usinage est admise dans un atelier correspondant aux mêmes critères qualitatifs et d'organisations.
- Maîtrise de l'ensemble des processus de fabrication mécanique.
- Maîtrise des techniques de soudage.
- Valider et finaliser les dossiers de fabrication qui seront à réaliser avec le logiciel CATIA V5-6R2014 (ou équivalent), et fournir les fichiers informatiques du dossier « bon pour exécution ».

Les moyens et méthodes employés par le Titulaire seront conformes à ceux proposés dans son offre technique.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 15/35</b>                                           |

Les prestations devront être réalisées par un personnel qualifié utilisant des méthodes et procédures conformes aux documents, normes et certifications cités au §5 du présent CCTP.

#### 6.4 LISTE DES DOCUMENTS ATTENDUS A LA LIVRAISON

Pour chaque pièce fabriquée, le Titulaire devra fournir au minimum les documents suivants :

- Certificats matières.
- Rapport de contrôle et résultats de tests.
- Certificat de conformité.

Les livrables suivants seront à fournir sous forme informatique pour l'ensemble :

- La note de calcul de validation dimensionnelle de la tenue au vide, sa déformée ainsi que ces points de manutention, de l'enceinte à vide.
- Le dossier de fabrication complet comprenant : les plans additionnels, plans de fabrication validés, plans TQC, plans d'implantations des soudures par ensemble et sous-ensemble, documents de soudage, DMOS, QMOS, procédure de traitement thermique, de traitement de surface et de nettoyage.
- CCPU matière.
- Procédures de mise en propreté et d'intégration.
- Sous la forme de fichier informatique compatible CATIA V5-6R2014, les plans de fabrication validés « bon pour exécution » (plans, pièces et assemblages) et des outillages nécessaires à la fabrication, aux contrôles, et à la manutention.
- Les rapports de contrôles et PVs.
- Les rapports de contrôles dimensionnels et PVs, en cours de fabrication et finaux.
- Les certificats de conformité.
- Les rapports de test (tests d'étanchéité intermédiaires et finaux, de dégazage et de contrôle particulière).
- La documentation associée (modes opératoires de fabrication et de contrôle, de montage et de démontage, procédure de transport et mise en place, etc...).
- Les comptes rendus de réunion (à rédiger par le Titulaire et validés par le CNRS).
- Le planning devra être compatible avec MS Project®, Excel®.
- Les fichiers informatiques devront être sous format Word®, Excel®, Ms Project®, CATIA V5® et .pdf.
- Tout autre format devra faire l'objet d'une autorisation écrite du LULI.

#### 6.5 EXIGENCES LIEES A LA QUALITE

Le responsable du suivi de projet du Titulaire informera le représentant du LULI de l'évolution qualité du projet, ainsi que de tous les incidents ou difficultés rencontrées.

La réalisation sera effectuée suivant le protocole d'Assurance Qualité. Elle sera traitée conformément aux exigences de la norme ISO 9001 : 2008 (à minima) complétées par les exigences particulières des présentes spécifications techniques. A cet égard, le Titulaire devra être certifié ISO 9001 : 2008 (à minima) ou devra avoir une organisation qualité équivalente qu'il devra prouver.

Un planning détaillé des différentes étapes de fabrication est également à fournir par le Titulaire du marché.

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br>Bureau d'études et atelier<br>mécaniques du LULI | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br>l'infrastructure de recherche étoile Apollon » | REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br>IR* Apollon Ind F |
|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Page : 16/35                                    |

#### 6.5.1 Maîtrise des procédures

Le LULI ou son représentant se réserve la possibilité d'effectuer à tout moment des vérifications durant toutes les opérations de fabrication, de mesures ou de tests des éléments.

Ces opérations pourront, en outre, porter sur le respect des exigences en matière de qualité. Le Titulaire devra assurer le même respect de la qualité de la part de sa sous-traitance.

#### 6.5.2 Audits / Vérifications

Le Titulaire facilitera les tâches de vérification faites par le LULI ou par son mandataire pour les audits qualité, les inspections ou les visites de surveillance.

Il donnera libre accès aux emplacements et à la documentation nécessaire, et fera en sorte qu'il en soit de même chez ses prestataires éventuels.

#### 6.5.3 Documentation requise

Le plan particulier de management qualité du projet, rédigé par le Titulaire et fourni dans le cadre de son offre technique, décrit les dispositions prises en matière de qualité pour :

- La vérification des plans ou documents édités dans le cadre du projet (procédures, etc.).
- La fabrication et les contrôles associés.
- La relation client (organisation, communication).
- Le système de traitement des anomalies ou non conformités.

#### 6.5.4 Maîtrise des prestataires et fournisseurs travaillant avec le Titulaire

**Le Titulaire reste responsable devant la personne publique de l'exécution du marché.**

#### 6.5.5 Gestion des anomalies et non-conformités détectées par le Titulaire

Le système de traitement des anomalies ou non conformités sera conforme au plan d'assurance qualité que le Titulaire aura fourni dans son offre.

Le Titulaire est tenu de signaler au représentant du LULI, toute anomalie ou non-conformité constatée, dans un délai maximum de 48h à compter de la détection de l'anomalie, sous peine de rejet du produit.

Chaque anomalie détectée fait l'objet, de la part du Titulaire, d'une fiche de non-conformité transmise au LULI. Le matériel touché par une anomalie doit être immédiatement identifié comme tel.

#### 6.5.6 Gestion des anomalies et non-conformités détectées par le CNRS

Dans le cadre de la garantie constructeur, à compter de la réception définitive des prestations et pendant 24 mois, toute anomalie détectée sera déclarée par une fiche de non-conformité dont le Titulaire sera destinataire par courrier électronique pour traitement.

Le Titulaire s'engage à remettre en service les non conformités rencontrées sur le matériel et/ou sur les documents requis concernés par les anomalies. Les tâches correctives devront être réalisées *in situ* dans un délai fixé à 1 mois à compter de la date de réception de la fiche de non-conformité. Le Titulaire proposera et réalisera, avec l'accord du CNRS, les tests qui valideront la correction.

Ces tests feront l'objet d'un document établi par le Titulaire attestant de la bonne réalisation des tests.

Les modifications des documents concernés devront être livrées au CNRS deux semaines au plus tard après la validation des corrections. Toutes les modifications portées sur lesdits documents seront faites en référence



|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br>Bureau d'études et atelier<br>mécaniques du LULI | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br>l'infrastructure de recherche étoile Apollon » | REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br>IR* Apollon Ind F |
|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Page : 17/35                                    |

à la fiche d'anomalie concernée.

#### **6.5.7** Evolution et gestion des modifications

Le Titulaire du contrat veillera à identifier les paramètres de fabrication et contrôles (matériaux, traitements, Processus, gammes opératoires...) susceptibles d'influer sur la qualité et la longévité des produits fournis et informera au préalable le LULI de toute modification de l'un de ces paramètres.

Toute modification ou dérogation doit faire l'objet d'une demande préalable et doit être approuvée par le représentant du LULI. Si cette approbation n'intervient pas dans un délai maximum de 8 jours à compter de la réception de la demande, la modification ou la dérogation est rejetée.

Ces approbations ne dégagent pas la responsabilité du Titulaire du marché.

Tous les contrôles devront être décrits dans la LOFC y compris le matériel et les méthodes utilisés.

Tous les PVs seront joints au dossier de fabrication et de contrôles.

#### **6.5.8** Approbation par le CNRS

L'approbation par le CNRS d'un document, d'une phase, d'un procédé, d'une solution technique signifie que le CNRS a pris connaissance du fait nécessitant cette approbation. Cela n'engage pas le CNRS quant au fond de ce fait et n'enlève donc rien de la responsabilité du Titulaire quant au résultat final puisqu'il est seul à avoir la compétence nécessaire pour y arriver.

### **6.6 ORGANISATION ET PILOTAGE**

#### **6.6.1** Organisation générale

Le représentant du LULI est chargé du suivi des prestations.

Le chargé d'affaires (ou chef de projet), le correspondant technique et le responsable assurance qualité du Titulaire sont ceux cités dans son offre technique.

#### **6.6.2** Pilotage des activités

Le Titulaire est responsable de la coordination et de la maîtrise des résultats de ses activités pour fabriquer les produits demandés.

#### **6.6.3** Communication entre le CNRS et le Titulaire

Tous les échanges de nature administrative ou financière devront s'effectuer entre le Titulaire et la Délégation Île-de-France Gif-sur-Yvette (DR04 du CNRS) et seront formalisés par écrit.

Tous les échanges de nature technique entre le Titulaire et le BEM du LULI devront être formalisés par écrit (courrier ou email). Une copie des échanges (courrier ou email) devra être envoyée à la Déléguée au cas où cela impliquerait une décision de modification des conditions du marché.

Le LULI désignera un chargé d'affaire.

Tous les comptes rendus de réunion devront être formalisés par écrit (courrier ou email), **rédigés par le Titulaire** et validés par le CNRS.

Le Titulaire s'engage à utiliser un mode de communication compatible avec le logiciel CATIA V5-6R2014 utilisé par le BEM du LULI.

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <p>CNRS<br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p>Marché public de fournitures<br/>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES<br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p>REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> <p>Page : 18/35</p> |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|

#### 6.6.4 Calendrier d'exécution

Le calendrier d'exécution sera fourni dans l'offre technique du candidat. **Le délai d'exécution maximum admissible est de 78 semaines** (à compter de la notification du marché jusqu'à la mise en service sur site).

Il sera complété et optimisé en fonction des jalons liés aux activités du Titulaire. Le chemin critique sera identifié.

Il sera demandé au Titulaire de communiquer au LULI l'état d'avancement du projet par courriel sur une base mensuelle.

#### 6.6.5 Chemins critiques

Le Titulaire a un devoir d'alerte.

Si le Titulaire rencontre des problèmes liés à l'exécution des marchés et si ceux-ci remettent en cause le bon fonctionnement de l'objet final ou les délais prévus initialement, le Titulaire devra en avertir le LULI et le Pôle achat de la DR4 sous 48 heures à compter de la constatation de la situation.

Le LULI doit être informé de toute déviation pouvant retarder le planning ou la qualité attendue du produit.

#### 6.6.6 Adresse de livraison

L'adresse du site est :

*IR\* Apollon  
CEA Orme des Merisiers  
Route D128 (Route de l'Orme)  
Bâtiment 707 SS2, LFA/HE0  
91190 Saint-Aubin, FRANCE*

### 6.7 MATIERES ET APPROVISIONNEMENTS

Les composants mécanosoudés des enceintes à vide et du banc optique seront réalisées en acier inoxydable 304L (X2CrNi18-09) [EN 10027] et les panneaux usinés en alliage d'aluminium AW-5083 [EN 586-2].

Pour chaque pièce demandée en fabrication de l'ensemble du produit, la matière dans laquelle elle doit être réalisée est spécifiée dans les plans de fabrications détaillés.

Le Titulaire est responsable de l'approvisionnement de toutes les matières et de leurs certificats de qualité ainsi que des pièces du commerce.

**Nous attirons l'attention du Titulaire sur les délais importants nécessaires à l'approvisionnement de certaines pièces mécaniques et matières.**

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 19/35</b>                                           |

### 6.7.1 Caractéristiques attendues : Aluminium AW-5083 [EN 586-2] :

| NF EN 586-2 (08/1994) EN AW-5083 H112 |         |                   |                  |       |                 |                   |                            |            |                |                |
|---------------------------------------|---------|-------------------|------------------|-------|-----------------|-------------------|----------------------------|------------|----------------|----------------|
| Aluminium et alliages d'aluminium     |         |                   |                  |       |                 |                   |                            |            |                |                |
| Aluminium et alliages                 |         |                   |                  |       |                 |                   | Nature : Alliage           |            |                |                |
| Toutes pièces forgées                 |         |                   |                  |       |                 |                   | T <sub>Maxi</sub> : 20°C   |            |                |                |
| Al Mg4.5Mn0.7                         |         |                   |                  |       |                 |                   | Non définie                |            |                |                |
|                                       |         |                   |                  |       |                 |                   | v = 0,33                   |            |                |                |
|                                       |         |                   |                  |       |                 |                   | ρ = 2,67kg/dm <sup>3</sup> |            |                |                |
| Composant                             | Symbole | Sur coulée        | Sur coulée %Maxi |       | Sur produit     | Sur produit %Maxi |                            |            |                |                |
| Aluminium                             | Al(A)   |                   |                  |       | 92,4            |                   |                            |            |                |                |
| Chrome                                | Cr(C)   |                   |                  |       | 0,05            |                   |                            |            |                |                |
| Cuivre                                | Cu(U)   |                   |                  |       |                 | 0,1               |                            |            |                |                |
| Magnésium                             | Mg(G)   |                   |                  |       | 4               | 4,9               |                            |            |                |                |
| Manganèse                             | Mn(M)   |                   |                  |       | 0,4             | 1                 |                            |            |                |                |
| Silicium                              | Si(S)   |                   |                  |       |                 | 0,4               |                            |            |                |                |
| Titane                                | Ti(T)   |                   |                  |       |                 | 0,15              |                            |            |                |                |
| Zinc                                  | Zn(Z)   |                   |                  |       |                 | 0,25              |                            |            |                |                |
| Divers                                |         |                   |                  |       |                 | 0,15              |                            |            |                |                |
| e                                     | t       | R <sub>tp02</sub> | R <sub>tp1</sub> | ReH   | R <sub>tm</sub> | A%                | E                          | α          | σ <sub>1</sub> | σ <sub>R</sub> |
| (mm)                                  | (°C)    | (MPa)             | (MPa)            | (MPa) | (MPa)           |                   | (MPa)                      | (mm.E6/oC) | (MPa)          | (MPa)          |
| 20                                    | 20      | 110               |                  |       | 260             | 10                | 70000                      | 22         |                |                |

### 6.7.2 Caractéristiques attendues : Acier inoxydable 304L [EN 10028-7 ou équivalent]

| NF EN 10028-7 (03/2000) X2CrNi18-9 1.4307 |      |         |       |                  |      |            |                |                   |       |                   |  |
|-------------------------------------------|------|---------|-------|------------------|------|------------|----------------|-------------------|-------|-------------------|--|
| Aciers inoxydables austénitiques          |      |         |       |                  |      |            | Nature : Acier |                   |       |                   |  |
|                                           |      |         |       |                  |      |            | TMaxi : 550°C  |                   |       |                   |  |
|                                           |      |         |       |                  |      |            | C4-11          |                   |       |                   |  |
|                                           |      |         |       |                  |      |            | v = 0,3        |                   |       |                   |  |
|                                           |      |         |       |                  |      |            | ρ = 7,85kg/dm3 |                   |       |                   |  |
| Composant                                 |      | Symbole |       | Sur coulée %Mini |      | Sur coulée |                | Sur produit %Mini |       | Sur produit %Maxi |  |
| Carbone                                   |      | C       |       |                  |      | 0,03       |                |                   |       |                   |  |
| Chrome                                    |      | Cr(C)   |       |                  |      |            |                | 17,5              |       |                   |  |
| Manganèse                                 |      | Mn(M)   |       |                  |      |            |                |                   |       | 2                 |  |
| Nickel                                    |      | Ni(N)   |       |                  |      |            |                | 8                 |       | 10                |  |
| Phosphore                                 |      | P(P)    |       |                  |      |            |                |                   |       | 0,045             |  |
| Silicium                                  |      | Si(S)   |       |                  |      |            |                |                   |       | 1                 |  |
| Soufre                                    |      | S(F)    |       |                  |      |            |                |                   |       | 0,015             |  |
| Divers                                    |      |         |       |                  |      |            |                |                   |       | 0,11              |  |
| e                                         | t    | Rtp02   | Rtp1  | ReH              | Rtm  | A%         | E              | α                 | σ1    | σR                |  |
| (mm)                                      | (°C) | (MPa)   | (MPa) | (MPa)            | (MP) |            | (MPa)          | (mm.E6/o          | (MPa) | (MPa)             |  |
| 15                                        | 20   | 200     | 240   |                  | 500  | 45         | 195000         | 16.4              |       |                   |  |

## 6.8 TESTS ET CERTIFICATS

Il est demandé au Titulaire de fournir à la livraison (confère §6.4) les certificats établis suivant la norme NF EN 10204 des matières approvisionnées, y compris pour les métaux d'apport des soudures, attestant de la conformité à la commande avec indication des résultats des tests chimiques et mécaniques.

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br>Bureau d'études et atelier<br>mécaniques du LULI | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br>l'infrastructure de recherche étoile Apollon » | REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br>IR* Apollon Ind F<br><br>Page : 20/35 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|

## 7 SPECIFICATIONS TECHNIQUES DE REALISATION

### 7.1 DOCUMENTS REMIS AU TITULAIRE

Le dossier de plans (ensemble et sous-ensembles) fourni au candidat est un document provisoire, dit « bon pour information ».

Toute incohérence détectée dans les plans fournis doit impérativement faire l'objet d'une notification au CNRS, qui en assurera la mise à jour.

#### 7.1.1 Enceinte à vide LFIC1a

Le CNRS fournira sur demande au Titulaire le dossier de plans provisoires « bon pour information » suivant :

- Annexe n°1 Nomenclatures et listes enceinte LFIC1a IR Apollon.
- Annexe n°2 Dossier de plans pour consultation enceinte LFIC1a IR Apollon.

Ainsi que le dossier de conception assistée par ordinateur « bon pour information » suivant :

- Annexe n°5 CAO enceinte LFIC1a IR Apollon.

À charge du Titulaire de traduire les fichiers informatiques en formats différents (par exemple .dxf, .prt, etc...).

**Le Titulaire s'engage à utiliser un mode de communication compatible avec le logiciel du BEM du LULI (CATIA V5-6R2014) pour la validation des dossiers « bon pour information » et l'émission des dossiers « bon pour exécution ».**

#### 7.1.2 Note de calcul et CODAP

L'étude dimensionnelle préliminaire sera transmise pour information sur demande du Titulaire du marché à sa demande.

La note de calcul de l'enceinte à vide devra être réalisée par le Titulaire du marché.

Le code de calcul et de fabrication applicable est le CODAP 2010 (notamment pour les soudures).

Nous invitons le Titulaire à nous communiquer au plus tôt les éventuelles remarques ou demandes de clarification à ce sujet.

#### 7.1.3 Livret d'accueil

Un Livret d'accueil aux intervenants et aux entreprises extérieures. Les informations d'accès et de manutention sont disponible sur le document annexe 3.

### 7.2 SOUDAGE

Les soudures internes d'étanchéité seront réalisées en procédé TIG selon la technique adéquate permettant une pleine pénétration, sous atmosphère neutre et devront être exemptes de défauts, tels que microfissures ou traces d'inclusions, soufflures internes (porosités) ou piqures. Elles ne devront être ni meulées, ni polies. Les surfaces à souder devront être dégraissées avant soudure.

Les cavités borgnes à l'intérieur de l'enceinte et entièrement sous vide (par exemple : fond de perçage ou taraudage) seront débouchantes afin de permettre le dégazage lors de la mise sous vide de l'intérieur de l'enceinte.

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>CNRS</b><br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p align="center"><b>Marché public de fournitures</b><br/><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p align="center">REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> |
|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p align="center">Page : 21/35</p>                                     |

Toutes les soudures devront être contrôlées visuellement par une personne qualifiée, des PVs de contrôle devront être émis et figurer dans le dossier de fabrication et de contrôles. Les soudures doivent être étanches au vide.

Le soudage est toléré pour les éléments rapportés sur les parois internes des composants principaux. Dans ce cas, les soudures internes seront discontinues.

Les soudures externes seront, si possible, continues pour éviter les zones de rétention suite au traitement de surface, ou bien discontinues et reliées par un fondu. Sur le périmètre des faces, une interruption des cordons de soudure sur une longueur de 20mm sera prévue pour le passage de gaz traceur sur chaque face. Selon la longueur des cordons, le Titulaire veillera à augmenter la quantité d'espace.

Le procédé de soudage doit être maîtrisé et faire l'objet de procédures à valider par le Titulaire détenant la technicité en soudure et soumises par courriel à l'approbation du LULI. Le contrôle des informations de soudure sur les dessins et la validation de la valeur des apothèmes sera de la responsabilité du Titulaire.

Les soudures seront réalisées selon les procédés qualifiés au travers des QMOS par des opérateurs qualifiés suivant la norme EN287-1 et EN ISO 9606-2.

***Les soudures de la chambre à vide seront réalisées dans un atelier réservé exclusivement à la chaudronnerie en acier inoxydable.***

Le contrôle des soudures par ressuage est formellement interdit. Toutes les soudures subiront un contrôle visuel. Des tests de fuite par détection à l'hélium seront réalisés à chaque phase de la construction. L'aspect final des pièces devra être contrôlé, un PV devra être rédigé pour en assurer la traçabilité.

Ces contrôles ont pour but de vérifier le bon état de finition du matériel et le bon nettoyage de l'ensemble.

Les certificats matière seront fournis suivant la norme NF EN 10204 y compris pour les métaux d'apport des soudures.

### 7.3 TOLERANCES

Les tolérances de fabrication sont celles indiquées sur les plans définitifs fournis par le CNRS.

Les tolérances de centrage des équipements sous entends la chambre sous vide.

Les tolérances générales de positionnement global dans les locaux sont de 2 mm (+/-1mm).

La température ambiante des locaux est de 21° +/-2°C à un taux d'humidité entre 40% et 60%.

Toutes remarques et demandes de modification ou dérogation les concernant devront être signalées au BEM du LULI.

Sauf indications contraires dans les plans fournis par le CNRS, les normes suivantes de fabrication seront appliquées :

- Tolérances générales d'usinage ISO 2768-1 classe m.
- Tolérances générales géométriques ISO 2768-2 classe K.
- Tolérances générales de chaudronnerie NF EN ISO 13920 classe B-B-E.

### 7.4 CONTROLE DIMENSIONNEL

Toutes les pièces devront subir un contrôle dimensionnel. La méthode de contrôle ainsi que le matériel utilisé devront être précisés dans la LOFC ou procédures. Les PV seront joints au dossier de fabrication et de contrôles.

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 22/35</b>                                           |

Les cotes encadrées ou avec des tolérances doivent être impérativement contrôlées et apparaître dans le rapport de contrôle. Un point d'arrêt peut être demandé avant recette usine après le contrôle dimensionnel. En cas de non-conformité, le LULI se réserve le droit de refuser le ou les composants et/ou de demander des corrections sur les travaux réalisés à la charge du contractant. Tous les contrôles décrits ci-dessus seront consignés sous forme de PV de contrôle.

## 7.5 USINAGE, TENUE MECANIQUE, EXIGENCE DE SURETE ET DE SECURITE

Du point de vue mécanique, la mise au vide est le facteur de risque principal de l'installation. Cette contrainte pose des problématiques d'étanchéité et de résistance structurelle.

De fait, le dimensionnement des tôles, des renforts et des éléments de liaison (boulons et soudures) doit ainsi faire l'objet d'une vérification suivant un code de calcul.

Les codes de calcul applicables dépendent de la géométrie de la fonction de structure :

- Structures et tôles en acier, soudures et boulonnerie soumises à la pression ou au vide : CODAP 2010, chapitre C10.2.
- Structure en acier non soumise au vide, soudures et boulonnerie : NF EN 1993 Eurocode 3 2005.
- Structures en aluminium non soumises au vide : NF EN 1999 Eurocode 9 2001.

La tenue mécanique des pièces soumises au vide sera de la responsabilité du Titulaire. Les épaisseurs de tôle, raidisseur, renforts et membrures sont indiqués sur le dossier de fabrication et ont fait l'objet d'une note de calcul (disponible sur demande du Titulaire). Ces informations seront validées ou définies en conséquence par le Titulaire et soumise à l'approbation du LULI.

Les caractéristiques mécaniques des matières approvisionnées devront être à minima en accord avec les valeurs spécifiées au §6.7, et feront l'objet d'une vérification par essais.

Dans le dossier de plans, toutes les indications nécessaires à la réalisation de l'usinage, en particulier les cotes, tolérances, états de surface des pièces finies sont données.

L'usinage doit être effectué autant que possible à sec car les traces d'huile d'usinage dans un métal légèrement poreux sont rédhibitoires (porosités, cavités, traces d'outils) ou bien, prévoir un dégraissage très soigné et rapidement effectué après un usinage lubrifié.

Le mode d'exécution de l'usinage permettant de respecter ces impératifs sera défini par le Titulaire et sera sous sa responsabilité.

## 7.6 ETATS DE SURFACE, NETTOYAGE ET PROPRETE

L'importance de la propreté et du soin lors de la fabrication est fondamentale. Le Titulaire veillera à maintenir les états de surface compatible d'une mise en propreté et des niveaux de vide requis pour ce type d'enceinte (5.10<sup>-7</sup> mbar à la mise en service et en environnement équivalent ISO 6).

Le Titulaire veillera à ne pas provoquer de rayure. L'état de surface général soumis au vide sera d'une qualité  $Ra\ 0,8 \leq Ra \leq Ra\ 1,6$ . Les portées de joints pourront avoir jusqu'à un  $Ra\ 0,4 \leq Ra \leq Ra\ 0,8$ . Toutes les faces des pièces mécaniques destinées à un usage interne seront usinées avec un  $Ra\ 0,8 \leq Ra \leq Ra\ 1,6$ .

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 23/35</b>                                           |

Les brides, gorges et portées de joints seront protégées durant la fabrication ainsi que lors des phases de manutention. Un contrôle visuel par le Titulaire de l'état de surface sera fait avant l'emballage.

En amont de la réalisation, le Titulaire fournira la procédure de nettoyage et la liste des produits utilisés. Les procédures et traitements seront validés par le BEM. Pour l'ensemble des pièces, il est demandé une préparation de surface pour une utilisation sous vide poussé ( $5.10^{-7}$  mbar).

Les pièces au contact du vide devront être nettoyées de manière à éliminer toutes traces de contamination, graisse, hydrocarbures et toutes autres substances qui pourraient affecter le vide et sa qualité. Une contamination pourrait impacter les résultats attendus au test RGA (confère §7.8).

Le Titulaire identifie, compte tenu des surfaces du caisson et du dégazage des parois, les traitements de surfaces appropriés et met en place si nécessaire les procédures de dégazage avant le montage des éléments afin de diminuer le taux de désorption. Les objectifs en termes de flux de désorption, sont conditionnés par le respect de ces procédures de nettoyage, ainsi que par le maintien des conditions de propretés des surfaces exposées au vide. Un soin particulier sera apporté à la préparation et au nettoyage avant et après soudure des pièces soumises au test hélium.

Les traitements de surfaces pourront être sous-traités, dans ce cas le Titulaire fournira la liste des sous- traitants éventuels à qui il compte faire appel pour la réalisation de cette opération de préférence au stade de la candidature. Les pièces seront nettoyées et décapées dans un atelier de traitement de surface dédié compatible ISO 14001 (ou équivalent).

Aucune trace de produit ou souillure sur les parois ne sera tolérée. Afin de limiter au maximum les risques de pollution et d'empoussièrement, toutes les précautions seront prises pour conserver l'état de propreté obtenu après les opérations de traitement de surface.

A l'issue du nettoyage, les composants devront être manipulées avec des gants et des élingues propres, et être manipulés de façon à conserver leur état de propreté.

Les composants devront être emballées après séchage et refroidissement. L'emballage sera une double enveloppe en polyéthylène assurant une protection individuelle et devra être équipé de sachets dessiccateurs.

Les piquages devront être obturés pour éviter toute pollution externe.

Il convient de les protéger autant que possible de la pollution ambiante de l'atelier lorsqu'elles sont en attente prolongée.

Les outillages de test, de contrôle ou de manutention seront parfaitement nettoyés et dégraissés avant leur utilisation. Aucune surface voyant le vide ne sera micro-billée ou sablée.

Le CNRS se réserve le droit de refuser la totalité du matériel si la qualité du nettoyage, tant technique qu'esthétique, ne correspond pas à un savoir-faire métier et au résultat attendu.

A l'issu du montage, les surfaces au contact du vide subiront une décontamination particulière afin de les rendre compatible à une propreté classe ISO 6. L'extérieur de l'enceinte sera compatible ISO 8.

La procédure détaillée de préparation vide et de mise en propreté des pièces sera précisée par le Titulaire à la réunion de démarrage et soumise à l'approbation du LULI.

Le CNRS se réserve le droit de refuser l'un ou l'ensemble de ces sous-traitants s'il ne présente pas les capacités suffisantes au regard des exigences du marché, et d'effectuer des contrôles intermédiaires au cours des phases de nettoyage.

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>CNRS</b><br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p align="center"><b>Marché public de fournitures</b><br/><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p align="center">REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> <hr/> <p align="center">Page : 24/35</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 7.7 TRAITEMENTS THERMIQUES

Le Titulaire apportera son expertise pour un traitement thermique de détentionnement appliqué à l'ensemble des pièces mécano-soudées. La procédure utilisée (temps de montée, niveau et durée des paliers) sera définie et proposé par le Titulaire à la réunion de démarrage et discuté avec le LULI sur la conformité des choix. Le prestataire apportera son expertise quant à ce choix.

## 7.8 TEST D'ETANCHEITE AU VIDE ET TAUX DE DEGAZAGE

La chambre à vide sera utilisée sous un vide poussé. La pression en exploitation sera de  $1.10^{-6}$  mbar. Cependant la pression contractuelle est de  $5.10^{-7}$  mbar. Cette contrainte s'applique donc à tous les éléments la constituant.

L'étanchéité entre les composants est obtenue par des joints toriques en VITON® 60 shore ou EPDM 60 shore retenus dans des gorges de section rectangulaire, semi-trapézoïdale ou trapézoïdale. Des dégagements sont prévus en fond de gorge afin de supprimer les zones de confinement de gaz et faciliter les déplacements d'outils.

Les joints toriques seront vulcanisés à chaud. Les joints seront montés avec un taux de compression de 15-20 %, et un remplissage des gorges à 90%. L'état de surface en fond de gorge et face d'appui sera usiné avec un  $Ra\ 0,4 \leq Ra \leq Ra\ 0,8$ .

Le matériel sera étuvable à 90° minima.

Le critère d'étanchéité est mesuré par détection de gaz traceur appliqué par aspersion (hélium à 1bar abs). L'équipement est conçu afin de pouvoir tester toutes les parties de l'objet en contact avec le vide (canaux de test pour le gaz traceur). Un contrôle d'étanchéité par gaz traceur hélium sera réalisé en usine au cours des essais préliminaires et après montage complet de l'enceinte dans LFA de l'IR\* Apollon, avant la mise à disposition.

En aucun cas une fuite décelée ne pourra être réparée sans l'accord préalable du LULI sur le mode opératoire de la réparation. Le LULI se réserve la possibilité d'assister aux tests d'étanchéité préliminaires.

### 7.8.1 Méthodes de détection et quantifications des fuites avant expédition et à la mise en service sur site :

Le système de détection doit justifier d'une sensibilité meilleure que  $10^{-10}$  Pa.m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, ainsi qu'un étalonnage effectué avant le test. Le bruit de fond lors du test doit être inférieur à  $10^{-9}$  Pa.m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Il est précisé que le test d'étanchéité final doit être effectué :

- Équipement totalement monté.
- Procédures de nettoyage effectuées telles que spécifiées.
- Équipement soumis aux conditions de fonctionnement (contraintes mécaniques et thermique appliquées).
- Le flux de fuite locale maximale admissible sera inférieur ou égal à  $1.10^{-9}$  Pa.m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.
- Le flux de fuite globale maximum, sous enveloppe, sera inférieur ou égal à  $1.10^{-7}$  Pa.m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.
- La chambre à vide subira une mesure de remontée de pression de 24 heures, avec un objectif de pression inférieur à  $2.10^{-2}$  mbar.

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*



|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 25/35</b>                                           |

- La température ambiante des locaux est de 21°+/-2°C à un taux d'humidité compris entre 40% et 60%.

A l'issu de l'installation dans les locaux du LULI, le Titulaire fera établir une fiche de contrôle et de résultat de tests d'étanchéité à l'hélium par un organisme ou du personnel certifié COFREND II. Chaque phase d'essai fera l'objet d'un procès-verbal, précisant la procédure de test avec le matériel utilisé, et les résultats obtenus (dont le niveau de bruit de fond en hélium lors du test).

### **7.8.2** *En termes de qualité de vide résiduel*

L'équipement ne doit pas sous vide, être la source de dégazage d'éléments volatiles non compatible avec la notion de vide 'propre' attendue. En particulier, après les procédures de nettoyage, une analyse des gaz résiduels ne doit pas laisser apparaître une pollution par des composés lourds (pas de pic significatif de masses supérieures à 45).

Pour garantir ces objectifs, il est impératif de respecter :

- Les procédures de nettoyage adéquates.
- Les conditions de propreté durant toutes les phases de montage des différents éléments exposés au vide.

Lors des différentes phases de réalisation, il s'assurera du respect des conditions de propreté des différents éléments en contact avec le vide.

### **7.8.3** *Mesure du taux de dégazage par spectrométrie de masse :*

Une fois l'enceinte montée et assemblée sur le site du CEA de l'Orme des Merisiers, le Titulaire devra fournir le profil issu d'une mesure faite avec un spectromètre de masse permettant d'évaluer les molécules dégazées (à l'intérieur de l'enceinte) lors d'une mise sous vide à 5.10<sup>-7</sup> mbar (test RGA ou équivalent). La température ambiante des locaux est de 21°+/-2°C à un taux d'humidité compris entre 40% et 60%.

Idéalement, cette mesure montrera que le spectre répond aux critères suivants :

- Les pressions partielles pour les éléments ayant une unité de masse atomique (a.m.u.) supérieure à 45 doit être 1000 fois inférieure à celle de l'élément avec une unité de masse atomique de 18 (correspondant au plus haut pic de l'eau) pour une pression totale dans l'enceinte comprise entre 10<sup>-5</sup> mbar et 1.10<sup>-6</sup> mbar. Ce critère permet d'assurer une faible contamination en composés hydrocarbonés.
- Le ratio (Somme des valeurs de tous les pics / Somme des valeurs des pics>45) doit être > 300.

**Étape clé pour la validation de la suite de l'exécution, une vérification de la conformité des performances sera faite par le LULI à la mise en service du produit en usine avant expédition. Si le résultat n'est pas conforme à ce gabarit, le LULI se réserve le droit de refuser la livraison et déclarer la non-conformité de l'enceinte à vide.**

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 26/35</b>                                           |

#### 7.8.4 Recommandation sur l'utilisation de graisse à vide

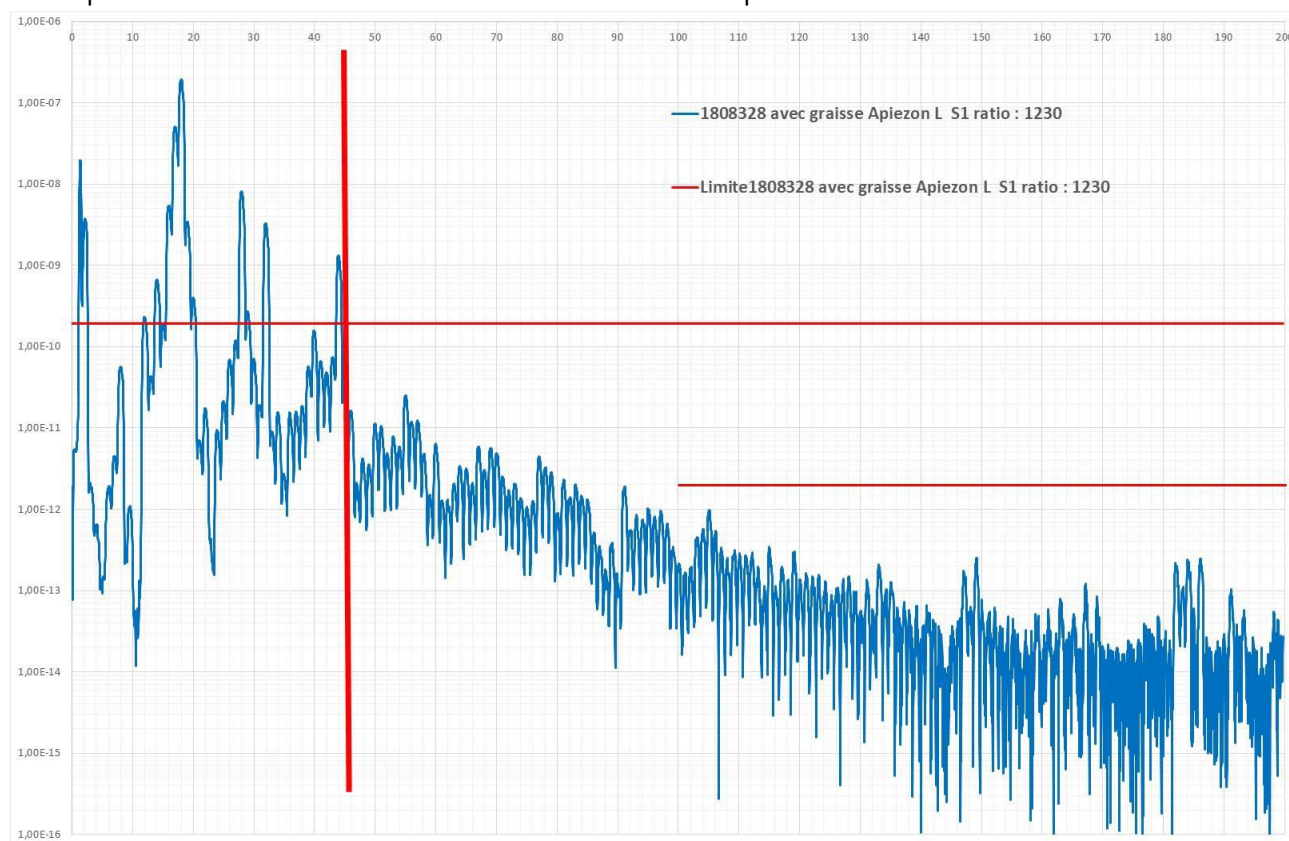
La graisse à vide est conçue pour assurer la lubrification et l'étanchéité des joints pour le vide.

Le LULI a procédé à des tests de graisse à vide déterminant pour le choix des produits. Afin d'atteindre les performances exigées par §7.8.3, il est recommandé d'utiliser les graisses **Apiezon L**, qui ne contiennent pas de silicone ni d'halogène et sont inertes chimiquement.

C'est une graisse spéciale sans additifs pour usages à haut niveau de vide, avec une capacité d'absorption très élevée pour les autres hydrocarbures et une haute résistance contre les rayonnements.

Pression de vapeur à 25°C =  $7.10^{-11}$  mbar. Plage de t°C = 10 à 30°C.

Le spectre ci-dessous a été réalisé avec le spectromètre de masse PFEIFFER S1.



**Figure 5 : Exemple de spectre obtenu avec le spectromètre de masse PFEIFFER S1.**

## 7.9 MONTAGE USINE ET CONTROLES

Le Titulaire, afin de vérifier la conformité des éléments mécaniques et de montage (ex : la visserie), effectuera un pré-montage du système.

Les contrôles mécaniques seront réalisés sur les ensembles fabriqués et assemblés.

Ils seront effectués par le Titulaire sur la base des process proposés dans son offre technique.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 27/35</b>                                           |

Les équipements de contrôle utilisés devront être calibrés et disposer d'un certificat attestant de leur conformité à la date des contrôles. Le responsable technique du BEM du LULI pourra consulter ces certificats s'il le juge nécessaire.

Toutefois, avant de procéder aux contrôles, le Titulaire devra obtenir l'approbation du représentant du LULI, sur le contenu du process. L'approbation interviendra dans un délai maximum de quinze jours à compter de la demande.

Les contrôles donneront lieu à l'émission d'un rapport de contrôle qui sera fourni au LULI, au plus tard 15 jours avant la livraison des ensembles mécaniques, sous format papier ou informatique .pdf. La validation du rapport de contrôle par le LULI enclenche la phase emballage de la livraison.

Ces contrôles porteront à minima sur :

- Contrôle des matières approvisionnées : certificats, conformités des livraisons et numéros de coulées
- Contrôle dimensionnel : dimensions générales, tolérances.
- Contrôles dimensionnel et géométrique (sous vide et à la pression atmosphérique), vérification des déformées sous charge avec enceinte lestée.
- Contrôle des soudures.
- Contrôles des états de surface et de la propreté.

Les anomalies et non-conformités détectées lors des contrôles feront l'objet d'un traitement documentaire en accord avec les dispositions du système de management de la qualité du Titulaire (confère §6.5).

Le Titulaire préviendra le LULI une semaine avant la présentation de l'ensemble des contrôles. Le LULI sera présent sur le site du Titulaire pour valider l'ensemble des contrôles effectués.

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>CNRS</b><br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p align="center"><b>Marché public de fournitures</b><br/><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p align="center">REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> <hr/> <p align="center">Page : 28/35</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 8 EMBALLAGE ET TRANSPORT

L'emballage devra être conçu de manière à ce que les pièces ne subissent pas de dommage et ne voit pas leur état de propreté dégradé pendant le stockage et le transport. L'emballage sera du type double enveloppe (par exemple : gaine polyéthylène thermosoudable). Un emballage de plusieurs couches est fortement conseillé pour le transport.

Les piquages devront être obturés par les brides pleines avec leurs joints respectifs et la boulonnerie faisant partie de la fourniture de façon à assurer une étanchéité parfaite à toute intrusion de poussière, saleté ou liquide et ne pas détériorer les surfaces des joints. Les piquages restants ouvert seront convenablement fermés.

Le Titulaire joindra dans son offre technique une procédure de transport et de manutention sur site, précisant les conditions de colisage et d'amarrage de l'équipement en vue de garantir son intégrité. Il devra assurer une protection contre la poussière, l'humidité et tous chocs éventuels inhérents à la manutention et au transport.

Cette procédure indiquera les inspections à réaliser à la réception de l'équipement sur site et entre les différentes phases de manutention.

Le chargement, le transport et le déchargement au CEA de l'Orme des Merisiers sont de la responsabilité du Titulaire. Le coût du chargement, du transport et du déchargement restent à la charge du Titulaire.

Le Titulaire prend à sa charge les assurances nécessaires pour garantir le matériel pendant le transfert entre ses ateliers et le site.

Avant toute expédition, le Titulaire doit prendre contact avec le correspondant du LULI pour régler les aspects techniques.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 29/35</b>                                           |

## 9 MONTAGE SUR LE SITE DU CEA DE L'ORME DES MERISIERS

### 9.1 MISE EN PLACE

Le Titulaire mettra en place l'ensemble enceinte et banc optique dans la salle LFA/HE0 avec un positionnement à +/- 2 mm et +/- 2 mrad en angulaire avec un tracker laser ou équivalent selon le repère 0 du bâtiment.

Le CNRS déléguera l'assistance d'un géomètre pendant 3 (trois) jours pour cette mission de topométrie. Le Titulaire a la possibilité de proposer sa propre assistance pour cette mission de topométrie. Tout dépassement, des 3 (trois) jours de l'assistance déléguée par le CNRS, sera à prendre en charge par le Titulaire.

### 9.2 SITUATION ET ACCES

Le bâtiment 707 est la zone qui accueille les équipements de la salle LFA/HE0. Cette salle est située au SS2 de ce bâtiment.

Au rez-de-chaussée, le bâtiment 707 permet la livraison des équipements jusqu'à la salle LFA/HE0 de la façon suivante :

- Accès au SS2 du bâtiment 707 depuis l'extérieur :
  - Le gabarit de passage de la double porte d'entrée de la zone de livraison du bâtiment 707 est de 6 m de large et de 7.9 m de haut.
  - La zone de manutention protégée (hors pluie) est de 9.7 m de long sur 6 m de large.
  - Le monorail a une CMU de 6 tonnes.
  - La hauteur sous crochet maximale est de 6.1 m.
  - Le gabarit de passage de la trémie d'accès au SS2 est de 2.9 m sur 4 m au niveau du sol.
- Accès à la salle LFA/HE0 depuis le SS2 du bâtiment 707 :
  - La hauteur maximale des équipements doit être inférieure à 3 m.
  - La pente de la rampe d'accès est de 7.7 degrés soit 13.5 %.
  - La longueur de la rampe est de 1.11 m.
- Moyen de manutention dans la salle LFA/HE0 :
  - Les moyens de manutention de la salle sont constitués d'un pont roulant.
  - Le pont roulant a une CMU de 7 tonnes.
  - La hauteur maximale sous le crochet du pont roulant est de 4.27 m.

Ces informations sont retranscrites dans l'annexe n°3.

### 9.3 MOYEN DE MANUTENTION

Les moyens de manutention fournis par le CNRS se limiteront au monorail (CMU 6 tonnes) de la zone de livraison et au pont roulant (CMU 7 tonnes) de la salle LFA/HE0.

Ces informations sont retranscrites dans l'annexe n°3.

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>CNRS<br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p>Marché public de fournitures<br/>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES<br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p>REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> |
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Page : 30/35</p>                                     |

#### 9.4 POINT CRITIQUE

Le Titulaire déclare connaître la difficulté d'accès à la salle LFA/HE0 situé au SS2 du bâtiment 707, en conclure les contraintes de manutention et d'installation, et en tirer toutes les conséquences dans l'exécution des prestations dont il est entièrement responsable (**le candidat a l'obligation de visiter les locaux dans le cadre de l'appel d'offre dont le présent marché est issu**). Le Titulaire, en prévision des travaux d'installation dans les locaux, prendra la précaution de faire un Ferroskan sur la dalle de la salle LFA/HE0 pour faciliter les perçages des fixations au sol.

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>CNRS</b><br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p align="center"><b>Marché public de fournitures</b><br/><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p align="center">REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> <hr/> <p align="center">Page : 31/35</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **10 CYCLE DE VIE DU PROJET**

### **10.1 ETAPE 1 : REUNION DE DEMARRAGE**

Il est demandé au Titulaire de produire à la réunion de démarrage l'ensemble des documents afférents aux opérations de fabrications, plans techniques, notes techniques, contrôles associés, etc... Ces documents seront soumis à l'approbation du LULI.

Toute incohérence détectée dans les plans « bon pour information » fournis doit impérativement faire l'objet d'une notification au CNRS, qui en assurera la mise à jour.

Pour la réalisation des pièces constituant l'ensemble, toute information susceptible de faciliter la réalisation par le Titulaire des pièces mécaniques pourra être demandée au correspondant technique du LULI.

La date de réunion de démarrage sera fixée d'un commun accord entre les deux parties, dans la limite de quinze jours à compter de la notification du marché.

### **10.2 ETAPE 2 : VALIDATION DES DOSSIERS DE L'ENCEINTE A VIDE DE TRANSPORT F1**

Le Titulaire devra apporter son expertise métier et vérifier la conformité des dossiers de plans transmis « pour information » et des nomenclatures « pour information », et procéder aux correctifs nécessaires afin de produire un dossier de plans « bon pour exécution » conforme à une fabrication dans les règles de l'art et au savoir-faire métier en accord aux articles §6.2 et §6.3.

Le CNRS dispose, à compter de la mise à disposition par le Titulaire du dossier de fabrication « bon pour exécution » de la chambre à vide et du banc optique, d'un délai de quinze jours pour procéder aux opérations de validation des documents.

### **10.3 ETAPE 3 : RECEPTION PROVISOIRE EN USINE**

La réception provisoire par le CNRS des ensembles sera réalisée avant l'emballage des équipements dans les locaux désignés par le Titulaire selon les modalités suivantes :

- Les ensembles mécaniques devront être présentés montés et dans les conditions d'utilisation prévues. Une équipe technique du CNRS assistera au test d'étanchéité par gaz traceur hélium de l'enceinte sous vide et au contrôle dimensionnel par laser tracker (à pression atmosphérique et sous vide à  $10^{-2}$  mbar).
- Les inspections visuelles seront réalisées avant et après traitement de surface.
- Contrôle de la documentation.
- Contrôle des outils de manutentions.
- État des non-conformités.
- Vérification des rapports de contrôle et du dossier de fabrication.
- Inspection visuelle et contrôle de l'ensemble des matériels, avant la mise sous emballage.

*Ce document est la propriété du LULI et du CNRS, il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans accord préalable écrit.*

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>CNRS</b><br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p align="center"><b>Marché public de fournitures</b><br/><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p align="center">REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> <hr/> <p align="center">Page : 32/35</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- Vérification de satisfaction des exigences techniques du présent CCTP.
- Contrôle des emballages et caisses de transport.

Le CNRS dispose, à compter de la mise à disposition par le Titulaire des ensembles mécaniques, des rapports de contrôle et de la documentation associée, d'un délai de quinze jours pour procéder à ces opérations. Cette revue sera réalisée en présence du CNRS et permettra de valider la conformité du matériel.

#### **10.4 ETAPE 4 : RECEPTION SUR SITE**

La réception sur le site de l'IR\* Apollon des ensembles mécaniques dans ses locaux sera réalisée par le titulaire selon les modalités suivantes :

- Les ensembles mécaniques devront être présentés montés, après la mise en place par laser tracker dans les locaux, et rendus fonctionnels.
- Contrôle de la déformée du caisson (à la pression atmosphérique et sous vide à  $1.10^{-2}$  mbar).
- Valider l'étanchéité de l'enceinte à vide par un test de fuite à l'hélium (confère §7.8). Une fiche de contrôle et de résultat sera émise par un organisme certifié COFREND II.
- Vérification des rapports de contrôle.
- Inspection visuelle des ensembles mécaniques.
- Une mesure par spectrométrie de masse (RGA) validant les critères (confère 7.8.3).
- Vérification de satisfaction des exigences techniques du présent CCTP.

Cette revue sera réalisée en présence du LULI et permettra de valider la conformité du matériel.

#### **10.5 ETAPE 5 : RECEPTION DEFINITIVE PAR LE LULI**

La réception définitive sur le site de l'IR\* Apollon des ensembles mécaniques dans ses locaux sera réalisée par le LULI selon les modalités suivantes :

- Contrôle de la déformée du caisson (à la pression atmosphérique et sous vide à  $1.10^{-2}$  mbar).
- Valider l'étanchéité de l'enceinte à vide par un test de fuite à l'hélium (confère §7.8).
- Inspection visuelle des ensembles mécaniques.
- Une mesure par spectrométrie de masse (RGA) validant les critères (confère 7.8.3).
- Vérification de satisfaction des exigences techniques du présent CCTP.

Cette revue sera réalisée, par le LULI, dans les 15 jours après la réception sur site, afin de bien attester que les ensembles mécaniques fournis ne comportent pas d'anomalie pouvant se révéler quelques jours après. Ces 15 jours dédiés à la réception définitive par le LULI ne sont pas compris dans le délai d'exécution et sont à la charge du LULI uniquement.



|                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CNRS</b><br/>Bureau d'études et atelier<br/>mécaniques du LULI</p> | <p align="center"><b>Marché public de fournitures</b><br/><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br/>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une<br/>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de<br/>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</p> | <p>REF : CCTP Enceinte LFIC1a<br/>IR* Apollon Ind F</p> <p align="right">Page : 33/35</p> |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|

## 11 DEVELOPPEMENT DURABLE

Les procédés de fabrication et de traitements sont optimisés pour limiter les dépenses énergétiques et en particulier qu'ils limitent la génération de gaz à effet de serre.

Les procédés sont contrôlés en termes de rejets de produits nuisibles pour l'environnement. Le Titulaire aura décrit dans son offre la procédure qu'il utilise pour le traitement des déchets liés à la fabrication des mécaniques visant à réduire les impacts écologiques négatifs, et particulièrement les problématiques liées aux traitements de surface et aux lubrifiants.

L'offre décrit la nature des emballages et du conditionnement des matériels au regard des principes de développement durable.

Lors de l'exécution des prestations sur le site de l'IR\* Apollon du CEA de l'Orme des Merisiers, le Titulaire s'engage à respecter la politique environnementale proposée dans son offre et validée par le LULI.

### 11.1 UTILISATION DE PRODUITS RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT :

Le Titulaire utilisera de préférence des produits biodégradables sur le site de l'IR\* Apollon du CEA de l'Orme des Merisiers.

Il limitera l'utilisation de produits phytosanitaires en privilégiant des produits de substitution lorsque leur efficacité est comparable et leur mise en œuvre aisée.

#### Restrictions :

Le Titulaire n'utilisera les produits qu'en quantité strictement nécessaire.

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 34/35</b>                                           |

## 12 TABLEAU RECAPITULATIF DES EXIGENCES CONTRACTUELLES

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Documents de travail                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● CCTP Enceinte LFIC1a IR Apollon Ind D.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Obligation du candidat                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>La visite des locaux par le candidat est obligatoire, afin d'évaluer l'incidence de l'environnement sur la mise en place et de prévoir les outillages nécessaires à la manutention.</b></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dossier de consultation "bon pour information" | <ul style="list-style-type: none"> <li>● annexe n°1 Nomenclatures et listes enceinte LFIC1a IR Apollon.</li> <li>● annexe n°2 Dossier de plans pour consultation enceinte LFIC1a IR Apollon.</li> <li>● annexe n°5 CAO enceinte LFIC1a IR Apollon.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Livret d'accueil                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● annexe n°3 Livret d'accueil aux intervenants et aux entreprises extérieures IR Apollon.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Relevés topométriques                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● annexe n°4 Relevé topométrique emplacement LFIC1a IR Apollon.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Note de calcul préliminaire                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Annexe n°6 Note de calcul préliminaire enceinte LFIC1a IR Apollon.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Compétences attendues                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Maîtrise de la mécano-chaudronnerie en acier inoxydable, propre, de grande dimension destinée à une utilisation sous vide poussée à <math>1.10^{-6}</math> mbar.</li> <li>● Capable de fabriquer en interne les éléments mécanosoudés principaux de l'enceinte à vide dans un atelier dédié exclusivement à la chaudronnerie en acier inoxydable.</li> </ul>                                                                                                                                    |
| Moyens attendus                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Établir les procédures de calcul, de fabrication, de soudage, de traitement thermique, de traitement et préparation de surface, de manutention, de montage, de contrôle.</li> <li>● Apporter l'expertise métier, valider le dossier de fabrication « bon pour information », et fournir les fichiers informatiques du dossier « bon pour exécution » compatibles CATIA V5-6R2014.</li> <li>● Étude et fourniture des outillages spécifiques nécessaires à la manutention et montage.</li> </ul> |
| Matériel annexe à fournir                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Brides en acier inox 304L (ou aluminium) ISO-F, ISO-K, ISO-KF, griffes et demi-griffes acier, anneaux de centrage aluminium, joints VITON®, soufflets à membranes (id à coupelles), visserie, etc... matériel de manutention.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ra interne                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>Ra\ 0,8 \leq Ra \leq Ra\ 1,6</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ra plan de joint et gorge                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>Ra\ 0,4 \leq Ra \leq Ra\ 0,8</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Propreté interne                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ISO 6.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Propreté externe                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ISO 8.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Type d'étanchéité                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Par joint torique VITON 60 à 70 shores vulcanisé à chaud (ou EPDM).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Test hélium flux de fuite local                | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>\leq 1.10^{-9}\ Pa.m^3.s^{-1}</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CNRS</b><br><b>Bureau d'études et atelier</b><br><b>mécaniques du LULI</b> | <b>Marché public de fournitures</b><br><b>CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES</b><br><b>« Validation dimensionnelle, fourniture, installation et mise en service d'une</b><br><b>enceinte à vide pour le transport du faisceau laser F1 dans LFA de</b><br><b>l'infrastructure de recherche étoile Apollon »</b> | <b>REF : CCTP Enceinte LFIC1a</b><br><b>IR* Apollon Ind F</b> |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Page : 35/35</b>                                           |

|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Test hélium flux de fuite global                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sous enveloppe <math>\leq 1.10^{-7}</math> Pa.m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      |
| Test de remontée de pression                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de remontée de pression de 24 heures, et un objectif de pression inférieur à <math>2.10^{-2}</math> mbar.</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |
| Pression d'exploitation / Pression contractuelle                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\leq 1.10^{-6}</math> mbar (exploitation) / <math>5.10^{-7}</math> mbar (contractuelle de livraison).</li> </ul>                                                                                                                                                                                      |
| Traitement de surface                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposer une procédure de préparation vide, dégraissage et décapage, compatible avec le test RGA.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                |
| Préparation de surface                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparation pour une utilisation sous vide poussé à <math>5.10^{-7}</math> mbar.</li> <li>• Aspect visuel extérieur : teinte homogène après décapage (microbillage éventuel), fondu aux jonctions de tôles (joints apparents) afin de supprimer les zones de rétention.</li> </ul>                          |
| Test RGA                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La hauteur des pics des masses &gt; 45 doit être en dessous de la valeur du pic le plus haut divisée par mille.</li> <li>• Le ratio (Somme des valeurs de tous les pics / Somme des valeurs des pics&gt;45) doit être &gt; 300.</li> </ul>                                                                  |
| Codes de calcul                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structures et tôles en acier 304L ou en alliage d'aluminium 5083, soudures et boulonnerie soumises à la pression ou au vide : CODAP 2010, chapitre C10.2.</li> <li>• Structure en acier non soumise au vide, soudures et boulonnerie : NF EN 1993 Eurocode 3 2005.</li> </ul>                               |
| Protection et emballage                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palette plastique (à minima).</li> <li>• Emballage double enveloppe polyéthylène thermosoudable (à minima).</li> </ul>                                                                                                                                                                                      |
| Contrôle dimensionnel                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôles dimensionnel et géométrique par laser tracker (à pression atmosphérique et sous vide à <math>1.10^{-2}</math> mbar, vérification des déformées sous charge avec enceinte lestée.</li> </ul>                                                                                                       |
| Mise en place                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Positionnement de l'enceinte à +/- 1 millimètres et +/- 1 mrad en angulaire, avec un tracker laser ou équivalent dans le repère du bâtiment.</li> <li>• Positionnement des bancs à +/- 1 millimètres et +/- 1 mrad en angulaire, avec un tracker laser ou équivalent dans le repère du bâtiment.</li> </ul> |
| Environnement local                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Température ambiante des locaux est de 21 °C +/- 2 °C à un taux d'humidité compris entre 40% et 60%.</li> </ul>                                                                                                                                                                                             |
| Localisation                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiment 707 SS2, LFA/HE0, CEA Orme des Merisiers, 91190 Saint-Aubin, FRANCE.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                    |
| Moyens de manutention                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les moyens de manutention fournis par le CNRS se limiteront au monorail (CMU 6 tonnes) de la zone de livraison et au pont roulant (CMU 7 tonnes) de la salle LFA/HE0.</li> </ul>                                                                                                                            |
| <b>Le Titulaire reste responsable devant la personne publique de l'exécution du marché</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |