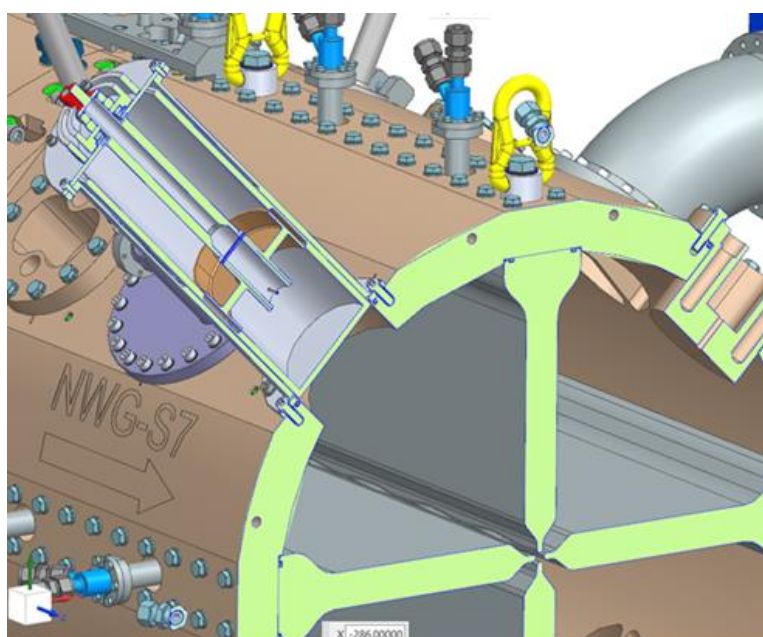




CAHIER DES CHARGES TECHNIQUES ET APPLICABLES A LA REALISATION ET A LA REPRISE DE PISTONS POUR LA CAVITE RFQ DE L'ACCELERATEUR NEWGAIN

Résumé : La présente spécification s'applique à la réalisation et à la reprise des ensembles appelés « pistons » pour le RFQ NEWGAIN.



	REDACTEUR	VERIFICATEUR	APPROBATEUR
PRENOM NOM	Lexane PICAULT (Vincent Hennion)	Olivier TELLIER	Olivier PIQUET
FONCTION	Ingénieure mécanique	Ingénieur Conception Mécanique	RFQ WP Leader
DATE	09/07/2025	09/07/2025	09/07/2025
VISA	p/o 	O. TELLIER	

SUIVI DE MODIFICATION

VERSION	DATE	PARAGRAPHE MODIFIE	NOM	OBSERVATIONS
V1	24/03/2025	-	L.PICAULT	Création du document
V2	02/04/2025	-	L.PICAULT	Modifications après relecture
V3	07/05/2025	§2 (tableau), §5	V. Hennion	Mise à jour de l'indice des 3D et plans fournis Précision du délai d'exécution (Sept-26)
V4	09/07/2025	§ 6.3, § 12	SMA	Traitement Surtec 650® ou équivalent ; Précision du contrôle visuel et dimensionnel

LISTE DE DIFFUSION

CEA	EXTERNE
<ul style="list-style-type: none">- Fabrizio ROSSI- Stéphane JURIE- Augustin DUBOIS- Pierrick Hamel	
COPIE	
<ul style="list-style-type: none">- Christophe PEAUCELLE	

Table des matières

Table des Illustrations.....	4
1. Rubriques introductives	5
1.1. Présentation du CEA et de l'IRFU	5
1.2. Présentation générale du projet	5
1.3. Présentation de la cavité RFQ NEWGAIN.....	6
2. Objet de la prestation confiée au Titulaire	8
3. Étendue des prestations confiées au Titulaire	9
4. Éléments mis à disposition du Titulaire par le CEA	10
5. Calendrier prévisionnel	10
6. Fabrication.....	10
6.1. Approvisionnements	10
6.2. Usinage.....	10
6.3. Traitements de surface	10
7. Contrôles et essais en usine	10
7.1. Contrôle dimensionnel.....	10
7.2. Montage.....	10
8. Opérations de conditionnement.....	11
8.1. Marquage.....	11
8.2. Nettoyage.....	11
8.3. Stockage des pièces	11
8.4. Emballage.....	11
8.5. Livraison	11
9. Livrables documentaires	12
9.1. Livrables à remettre à la livraison	12
9.2. Format des livrables documentaires.....	12
10. Assurance de la qualité.....	12
10.1. Gestion des non-conformités	12
10.2. Gestion des modifications	12
11. Suivi.....	12
11.1. Réunions d'avancement	12
11.2. Inspection, visite et audit du site de fabrication	12
11.3. Sous-traitance.....	13
12. Réception.....	13
13. Renseignements complémentaires	13

Table des Illustrations

FIGURE 1 : VUE DES INSTALLATIONS ACCELERATEURS ET AIRES EXPERIMENTALES DE GANIL/SPIRAL2	6
FIGURE 2 : VUE D'ENSEMBLE DE L'INJECTEUR NEWGAIN AVEC SES COMPOSANTS	6
FIGURE 3 : SECTION DE 2 TYPES DE CAVITE RFQ ET CAVITE COMPLETE ET INTEGREE SUR SA LIGNE (RFQ SPIRAL 2 AU GANIL)	7
FIGURE 4 : PISTONS (VUE 3D ET COUPE)	8
FIGURE 5 : VUES D'UN PISTON INTEGRE SUR LE RFQ NEWGAIN	9

1. Rubriques introductives

1.1. Présentation du CEA et de l'IRFU

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

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

1.2. Présentation générale du projet

Le GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds) est un Groupement d'intérêt Économique géré conjointement par le CEA/DRF/IRFU et le CNRS/IN2P3. Il a pour vocation première d'accueillir la communauté scientifique internationale et de mettre à sa disposition des accélérateurs d'ions lourds pour réaliser des expériences en physique nucléaire et interdisciplinaire.

SPIRAL2 est un nouvel accélérateur mis en service au GANIL en 2020. L'équipement principal est un accélérateur linéaire supraconducteur (LINAC) à la pointe de la technologie, actuellement équipé d'un seul injecteur produisant des faisceaux d'ions légers intenses ($A/q=1-3$). Le projet NEWGAIN, collaboration entre plusieurs laboratoires du CEA/IRFU, du CNRS/IN2P3 et le GANIL, consiste en la construction d'un deuxième injecteur, afin de produire des faisceaux d'ions lourds très intenses jusqu'à l'uranium ($A/q=3-7$), bien au-delà des performances de l'injecteur existant. Avec l'ajout de ce nouvel injecteur, le LINAC de SPIRAL2 délivrera, dans sa gamme d'énergie, les faisceaux les plus intenses au monde sur une grande variété d'ions (allant de l'hydrogène à l'uranium), qui conduiront à un potentiel de découverte très élevé. Ces faisceaux d'ions seront exploités au sein de trois installations expérimentales de pointe associées :

- Au Super Séparateur Spectromètre (S^3), actuellement en phase d'installation ;
- À l'installation basse énergie Désintégration Excitation et Stockage d'Ions Radioactifs (DESIR), actuellement en phase de construction ;
- À l'installation Neutrons For Science (NFS) mise en service en 2021.

Ce deuxième injecteur, en cours construction, est conçu pour être entièrement compatible avec l'installation existante et pour améliorer encore ses capacités « multi-utilisateurs ». Il est composé des éléments suivants :

- Une source d'ions supraconductrice de haute performance ;
- Une première ligne de transport de faisceaux basse énergie reliant la source d'ions supraconductrice à la cavité quadripôle radiofréquence appelée cavité RFQ ;
- Une deuxième ligne de transport de faisceaux basse énergie reliant la source d'ions existante au RFQ ;
- Une cavité RFQ qui accélérera les ions lourds avec des pertes de faisceaux presque minimales jusqu'à l'énergie d'injection pour le LINAC supraconducteur ;
- Une ligne de faisceau d'énergie moyenne de connexion au LINAC.

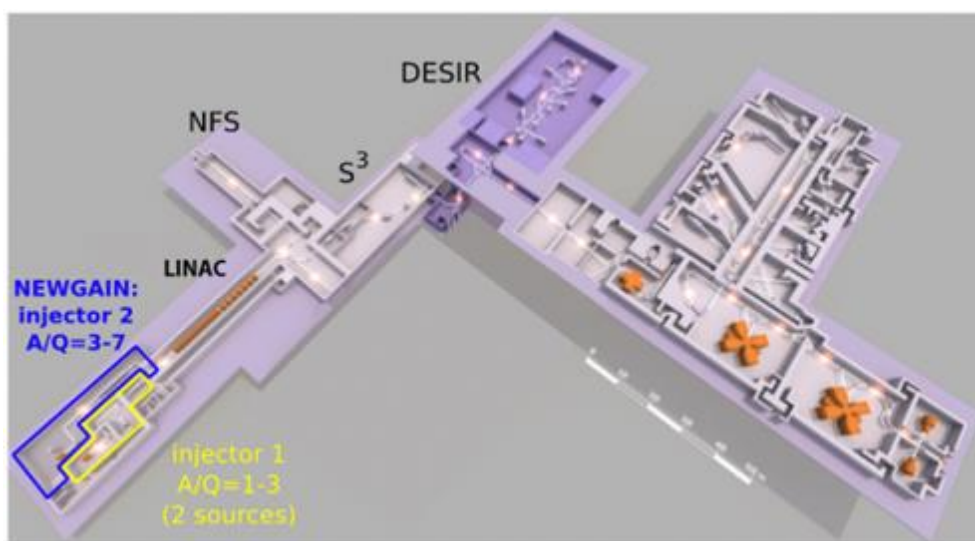


Figure 1 : Vue des installations Accélérateurs et Aires Expérimentales de GANIL/SPIRAL2

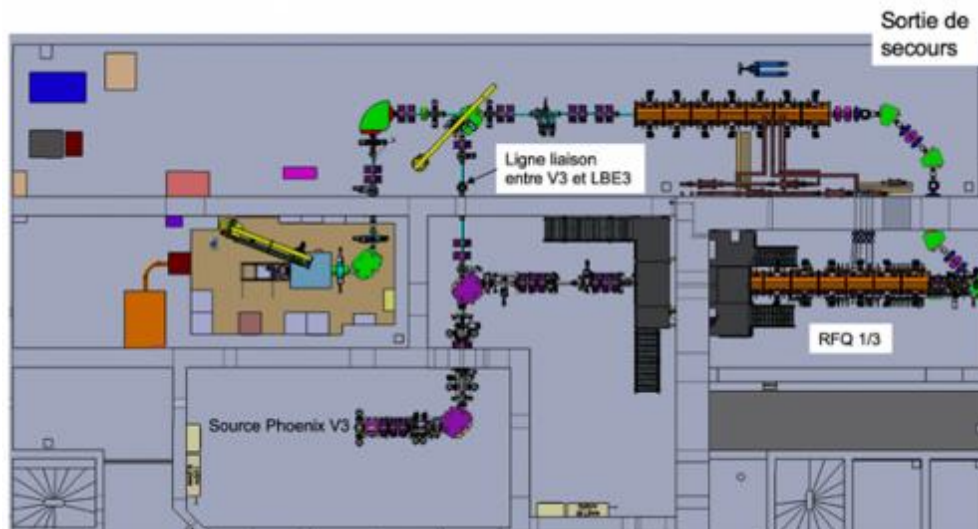


Figure 2 : Vue d'ensemble de l'injecteur NEWGAIN avec ses composants

1.3. Présentation de la cavité RFQ NEWGAIN

La cavité quadripolaire radiofréquence (appelée cavité « RFQ » pour sa désignation en anglais « Radio Frequency Quadrupole ») est constituée de cuivre ultra-pur (Cu-c1 ou Cu-c2) et assure 3 fonctions physiques majeures sur le faisceau de particules :

- Elle focalise le faisceau de particules chargées électriquement, afin de compenser la force électromagnétique de répulsion exercée par chaque particule sur les autres et qui tend à faire exploser le faisceau ;
- Elle échantillonne le faisceau continu de particules en paquets bien distincts ;
- Elle génère le champ électrique RF qui permet l'accélération des particules de l'énergie de 10 keV/u à 590 keV/u.



Figure 3 : Section de 2 types de cavité RFQ et cavité complète et intégrée sur sa ligne (RFQ SPIRAL 2 au GANIL)

Les photographies ci-dessus présentent, à gauche, 2 sections différentes de RFQ (les dimensions dépendent de la fréquence RF de l'accélérateur), et à droite, une cavité RFQ assemblée (le premier RFQ de SPIRAL2, très similaire à l'objet de ce marché qui est un assemblage de 5 sections).

La cavité RFQ NEWGAIN présente une longueur totale de 7 m et consiste en l'assemblage mécanique en série de 7 sections toutes distinctes et différentes. Ces dernières présentent certaines caractéristiques communes telles que le diamètre extérieur de 776 mm ou une épaisseur de tube de 56 mm, et certaines interfaces. Chaque section, d'une longueur d'environ 1 m, est obtenue par l'assemblage de 4 lames dans un tube.

2. Objet de la prestation confiée au Titulaire

Ce document définit les exigences applicables à la réalisation et à la reprise des ensembles « pistons », outillages réglables permettant de déterminer la profondeur d'enfoncement des pistons finaux montés sur le RFQ (non inclus dans cette consultation). Cette profondeur influencera, in fine, le réglage de la fréquence et de la loi de tension de la cavité accélératrice (RFQ).

Le CEA IRFU a réalisé la conception de ces derniers et s'assurera du suivi de leur réalisation.

Certains ensembles « pistons » seront à reprendre et d'autres seront à fabriquer :

ID	Révision	Désignation	Commentaires	Quantité à fabriquer	Quantité à reprendre
00073217	AD	Ensemble Piston	Représenter avec les ID à reprendre STD0004699 Vis CHC M8-30 -> STD0002582 Vis CHC M10x30 STD 0003870 rondelle plate Ø8 série N -> STD0003929/AA;1-ISO 7092-2000 Rondelle étroite Ø 10 L'indice de l'ensemble 8120000_ENS_PISTON_REGLABLE (00073217) est dorénavant AD	19	37
00073225	AC	Corps de piston	ID76001 Sheet 1/2: plan de fabrication ID73225 Sheet 2/2: plan de reprise	19	37
00073241	AA	Plaque de fixation	Sheet 1/2: plan de fabrication Sheet 2/2: plan de reprise	16	40
00073230	AA	Molette de réglage	Sheet 1/2: plan de fabrication Sheet 2/2: plan de reprise	19	37
00073236	AA	Piston réglable		19	0
00073240	AA	Axe piston		19	0
00073220	AA	Ecrou de réglage		19	0
00073226	AA	Permaglide		19	0
00073255	AA	Support visseuse		56	0

La visserie en acier inoxydable est également à fournir. Ces vis seront argentées et il est demandé au Titulaire d'inclure 10% de visserie supplémentaire par mesure de sécurité.

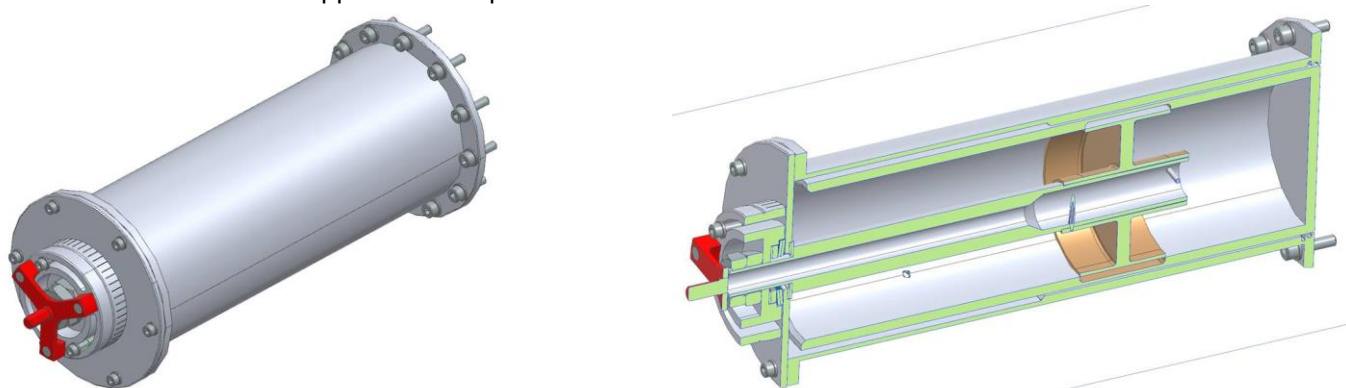


Figure 4 : Pistons (vue 3D et coupe)

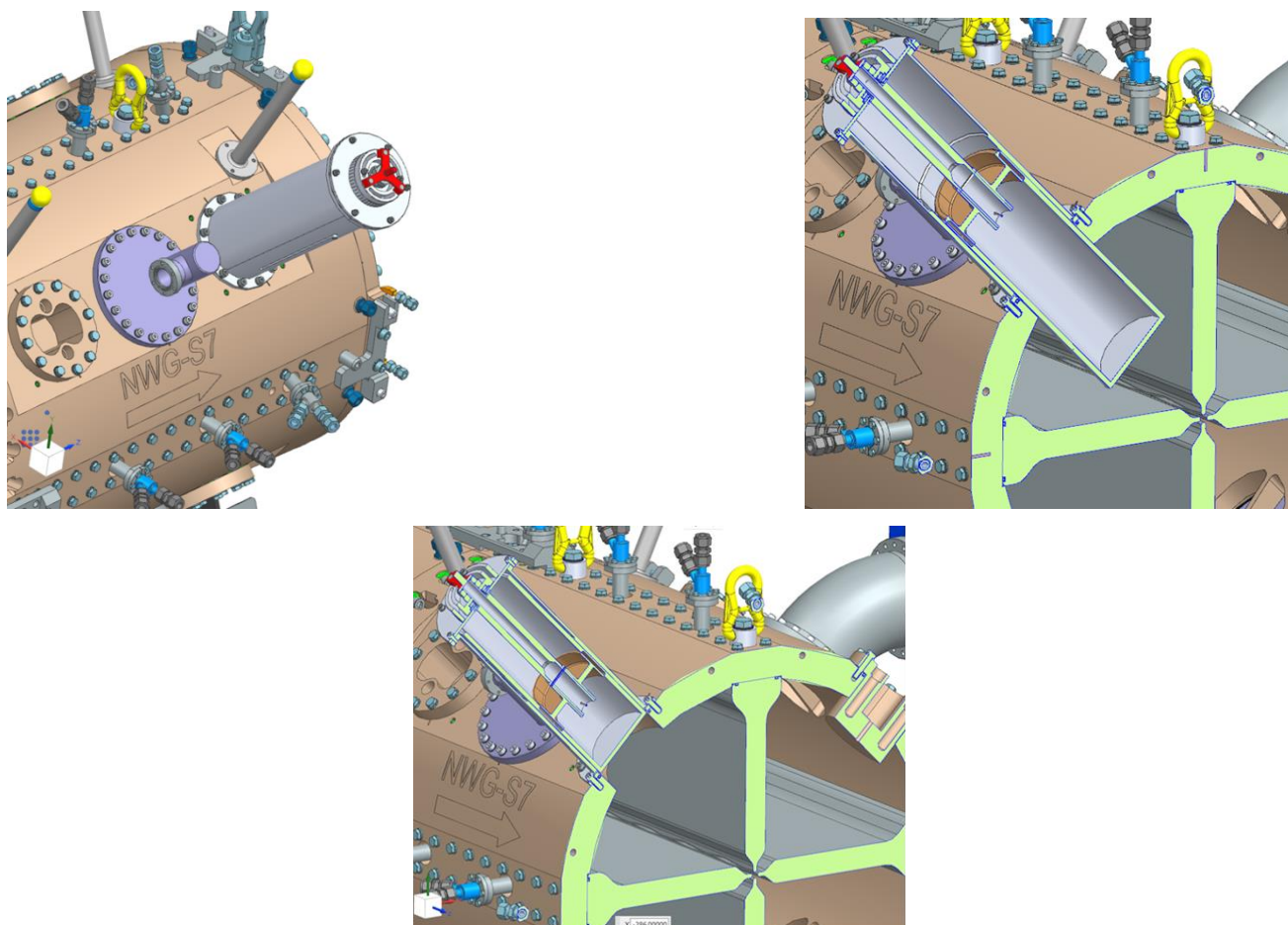


Figure 5 : Vues d'un piston intégré sur le RFQ NEWGAIN

3. Étendue des prestations confiées au Titulaire

Les prestations confiées au Titulaire sont les suivantes :

- L'approvisionnement des matériaux nécessaires à la réalisation des pièces avec les certificats matières associés ;
- La fourniture de tous les éléments du commerce ;
- La réalisation des pièces indiquées selon les plans ;
- La reprise des pièces indiquées selon les plans ;
- Les traitements de surface et les traitements thermiques si nécessaire ;
- La conduite de l'ensemble des contrôles et essais en usine ;
- Le nettoyage de toutes les pièces ;
- L'emballage et la livraison sur le site du CEA Paris-Saclay.

MISE EN GARDE DU TITULAIRE : La conception et la réalisation de tout outillage nécessaire à la fabrication de ces ensembles, à sa maintenance en cours de fabrication, de contrôle ou de transport sont réputées incluses dans la fourniture du Titulaire.

4. Éléments mis à disposition du Titulaire par le CEA

Le CEA fournira le plan des pièces au format PDF. Sur demande, le CEA fournira également les fichiers des maquettes 3D aux formats STEP et Jt conformes aux versions Siemens NX 2312.

De plus, le CEA fournira l'ensemble des pièces à reprendre, pièces indiquées dans le tableau du paragraphe 2.

5. Calendrier prévisionnel

Les pistons devront être livrés au CEA à partir du mois de septembre **2026** (ou avant si possible).

6. Fabrication

6.1. Approvisionnements

Le Titulaire est responsable de l'approvisionnement de toutes les matières indiquées sur les plans à savoir :

- Acier inoxydable 1.4307 (304L) ;
- Aluminium AlMg4 (AW-5086) ;
- Permaglide ;
- Bronze Cu Sn 8.

Pour chaque matériau, un certificat matière de type 3.1 sera fourni.

6.2. Usinage

Les pièces devront être conformes aux plans. Toute demande de dérogation nécessitera l'accord écrit préalable du CEA avant d'être mise en œuvre.

6.3. Traitements de surface

Les pièces en acier inoxydable seront dégraissées, décapées et passivées.

Les pièces en aluminium seront traitées au Surtec 650® ou équivalent.

7. Contrôles et essais en usine

7.1. Contrôle dimensionnel

Les pièces finies devront être contrôlées sur une MMT. Les relevés associés sont des livrables documentaires.

Les cotes seront contrôlées à 100% selon les spécifications des plans.

Le Titulaire est libre de réaliser les contrôles dimensionnels selon le formalisme en vigueur dans son entreprise.

7.2. Montage

Les ensembles « pistons » seront montés sur la cavité RFQ avec un joint RF (fourni par le CEA) afin de vérifier leur bon fonctionnement et la course obtenue.

8. Opérations de conditionnement

8.1. Marquage

Chaque ensemble « pistons » (à fabriquer ou à reprendre) devra être gravé. Le texte à inscrire sera communiqué par le CEA avant le lancement en fabrication au plus tard.

De plus, le Titulaire proposera aux responsables CEA la méthode de marquage qu'il souhaite utiliser.

8.2. Nettoyage

A l'issue des contrôles, un nettoyage des pièces est effectué juste avant les opérations d'emballage et de livraison.

La propreté des pièces doit être contrôlée avant livraison, ce contrôle portera au minimum sur les points suivants :

- L'enlèvement de tout copeau ;
- L'enlèvement de toute trace de liquide de lubrification utilisé pendant l'usinage ;
- L'enlèvement de toute trace de contamination ;
- L'enlèvement de toute trace de doigts ;
- L'enlèvement de toute éventuelle trace de produit résultat des opérations de traitements spécifiques ;
- L'enlèvement de toute trace de produits de nettoyage ;
- En outre, le Titulaire veillera à ce que tous les trous, filetages et taraudages soient exempts de copeaux, bavures et résidus de protection de traitements de surface ;
- Les pièces seront nettoyées à l'alcool avant emballage, une attention particulière sera apportée aux congés et autres surfaces concaves susceptibles de contenir des impuretés.

Les outillages de contrôle ou de manutention seront parfaitement nettoyés et dégraissés avant leur utilisation.

8.3. Stockage des pièces

Les pièces, quelle que soit leur étape de fabrication, sont stockées dans un endroit propre et sec et ce jusqu'à leur livraison sur le site de Paris-Saclay.

8.4. Emballage

Le Titulaire a la charge et la responsabilité de l'emballage et, si nécessaire, de la réalisation de la caisse de transport. Les ensembles seront livrés assemblés sous housse plastique, étiquetés et protégés des chocs.

Toutes les manipulations lors de la réalisation ou des transports doivent être réalisées avec un maximum de précaution pour éviter toute détérioration du matériel.

Le Titulaire assure le transport du matériel jusqu'au site du CEA Paris-Saclay et prend à sa charge les assurances nécessaires pour garantir le matériel pendant le transfert entre ses ateliers et le site destinataire.

8.5. Livraison

Le transport pour livraison sur le site du CEA Paris-Saclay est également à la charge du Titulaire. Toute manipulation doit être réalisée avec un maximum de précaution afin d'éviter la déformation des pièces et la dégradation des états de surface.

La livraison sera faite sur accord écrit du CEA à l'adresse suivante :

CEA Paris-Saclay
CEA/DRF/IRFU
Bâtiment 126, hall Synergium
91 191 Gif sur Yvette, France

9. Livrables documentaires

9.1. Livrables à remettre à la livraison

Les livrables documentaires à remettre à la livraison des pièces sont les suivants :

- Certificat matière EN10204 type 3.1 ;
- Rapports de contrôles dimensionnels 100% ;
- PV de traitements de surface (passivation et Surtec 650® ou équivalent);
- Fiche(s) de non-conformité (si applicable).

9.2. Format des livrables documentaires

La documentation sera envoyée en format numérique par mail. Les livrables documentaires seront rédigés en langue française.

10. Assurance de la qualité

10.1. Gestion des non-conformités

Le CEA devra être informé dans les plus brefs délais de toute non-conformité aux plans. Celles-ci devront être tracées.

10.2. Gestion des modifications

Toute modification doit faire l'objet d'une traçabilité.

Les modifications peuvent être proposées à l'initiative de l'une ou l'autre des parties.

Les modifications proposées par le Titulaire ne peuvent être mises en œuvre sans l'accord préalable du CEA.

11. Suivi

11.1. Réunions d'avancement

Des réunions d'avancement pourront être organisées par le Titulaire ou le CEA. L'ordre du jour sera fixé lors de la demande de réunion.

11.2. Inspection, visite et audit du site de fabrication

Toutes les informations importantes sont échangées par écrit entre les correspondants techniques de chaque partie.

En cas de désaccord éventuel sur les résultats des contrôles, le CEA se réserve le droit de faire appel à un organisme extérieur afin que celui-ci procède à une expertise dans les locaux du Titulaire, dans le cadre des horaires d'ouverture de ces derniers.

Le CEA se réserve le droit de prendre des photographies de chacun des composants à tout moment et en tout lieu au cours du processus de fabrication.

11.3. Sous-traitance

La sous-traitance est autorisée dans le cadre défini par les conditions générales d'achat du CEA. Les sous-traitants sont soumis aux mêmes exigences que le Titulaire.

12. Réception

La réception sera prononcée après contrôles visuels et dimensionnels des pièces par le CEA.

13. Renseignements complémentaires

Pour tout renseignement complémentaire, vous pouvez vous adresser à :

- **Lexane PICAULT**, +331 69 08 62 19, lexane.picault@cea.fr
- **Vincent HENNION**, +331 69 08 25 73, vincent.hennion@cea.fr