








PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique

Page 1 / 35

SAFIRS-00910-C

PACIFICS – 06 Four de Traitement Thermique

**Cahier des charges pour un four de traitement thermique
étanche, sous atmosphère contrôlée et compatible avec un
vide primaire.**

	Noms	Fonction	Institut	Date et signature
Rédigé par	Thibault GENESTIER	Ingénieur	IRFU/DACM//LEAS	18/03/2025 
Vérifié par :	Gaël DISSET	Ingénieur chargé d'affaire	IRFU/DIS/LRI	17/03/2025 
	Françoise RONDEAUX	Ingénieur chercheur	IRFU/DACM//LEAS	18/03/2025 PO : S. Roux 
Approuvé par :	Maria DURANTE	Ingénieur chercheur	IRFU/DACM//LEAS	17/03/2025 
	Sylvain ROUX	Ingénieur chercheur	IRFU/DACM//LEAS	17/03/2025 



PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique

Page 2 / 35

SAFIRS-00910-C

Tableau des modifications

Version	Date	Pages modifiées	Commentaires
A	22/09/2023	Toutes	Création du document.
B	04/04/2024	9, 11, 12, 13, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 24	Mise à jour pour prise en compte des commentaires émis par l'équipe technique.
C	14/03/2025	Toutes	Mise à jour pour prise en compte des nouveaux commentaires émis par l'équipe technique ainsi que par le Service des Marchés et des Achats

Table des matières

1.	Contexte du projet	6
1.1	Glossaire.....	6
1.2	Présentation du CEA et de l'irfu	6
1.3	Présentation générale du projet	6
2.	Documents, normes et certifications applicables	7
2.1	Général	7
2.2	Normes et règles générales	7
2.3	Certification CE.....	7
3.	Etendue de la prestation	8
3.1	Objet du marché	8
3.2	Prestations à la charge du titulaire	8
3.2.1	Etudes détaillées	8
3.2.2	Fabrication	8
3.2.3	Installation et mise en service	8
3.3	Fournitures du CEA	8
4.	Description des prestations.....	9
4.1	Présentation générale : Cycle de traitement thermique	9
4.2	Volume utile et moules de traitement thermique	9
4.3	Informations thermiques	12
4.4	Circuits de gaz	12
4.4.1	Circuits argon.....	14
4.4.2	Circuit d'air	15
4.4.3	Circuit de vide	16
4.5	Nettoyage et propreté	16
4.6	Environnement.....	17
4.7	Standardisation.....	18
5.	Système de contrôle, interface homme-machine et enregistrement des données.....	18
5.1	Informations générales	18
5.2	Interface Homme-Machine	19
5.3	Système de régulation de la température et thermocouples.....	20
5.4	Système d'acquisition et d'enregistrement des données	21
5.5	Séquences automatiques	22
5.6	Alarmes automatiques	23
5.7	En cas de coupure de l'alimentation en électricité	23
5.8	En cas de coupure de l'alimentation en air comprimé.....	23
6.	Option n°1 : Fourniture du système de refroidissement par eau	24
7.	Etudes détaillées	24
7.1	Design mécanique	24

7.2	Outillages divers	24
7.3	Contrôle commande, acquisition et Interface Homme Machine (IHM).....	24
7.4	Validation des études	24
8.	Fabrication.....	25
8.1	Matière première.....	25
8.2	Accessoires de levage.....	25
9.	Installation, mise en service, contrôles et essais	25
9.1	Généralités	25
9.2	Contrôles en usine.....	25
9.2.1	Contrôles dimensionnels	26
9.2.2	Essais de fonctionnement en usine.....	26
9.3	Installation et mise en service	26
10.	Formation.....	27
11.	Réception de l'équipement.....	27
12.	Calendrier prévisionnel.....	28
13.	Suivi du marché.....	29
13.1	Correspondance	29
13.2	Rapport d'avancement	30
13.3	Réunions.....	30
13.3.1	Réunion d'enclenchement.....	30
13.3.2	Final Design Review (FDR)	30
13.3.3	Production Release Review (PRR)	30
13.3.4	Réunions d'avancement	31
13.4	Inspection, visite et audit du site de fabrication.....	31
13.5	Sous-traitance.....	31
14.	Livrables documentaires.....	31
14.1	Livrables à remettre à la réunion d'enclenchement.....	31
14.2	Livrables liés aux études et à la fabrication.....	32
14.2.1	Plans	32
14.2.2	Schémas électriques	32
14.2.3	Notes de fonctionnement.....	32
14.2.4	Documents complémentaires pour la validation des études	32
14.2.5	Dossier de fabrication	32
14.3	Dossier final	32
14.4	Format des livrables documentaires.....	33
15.	Assurance de la qualité et exigences environnementales	34
15.1	Plan d'assurance de la qualité.....	34
15.2	Gestion des non-conformités.....	34
15.3	Gestion des modifications	35

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 5 / 35
	SAFIRS-00910-C	

15.4	Exigences environnementales.....	35
16.	Confidentialité	35

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 6 / 35
	SAFIRS-00910-C	

1. Contexte du projet

1.1 Glossaire

- CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
- FDR : Final Design Review (revue du design détaillé)
- GANIL : Grand Accélérateur National d'Ions Lourds
- HP : Hold Point (point d'arrêt)
- IHM : Interface Homme Machine
- LDA : Liste des Documents Applicables
- LOFC : Liste des Opérations de Fabrication et de Contrôle
- MS : MileStone (jalon)
- m^3_{vu} : volume du « volume utile », exprimé en mètre cubes
- PAQ : Plan d'Assurance Qualité
- PAQP : Plan d'Assurance Qualité Particulier
- PPM : Partie Par Million
- PRR : Production Readiness Review (revue de lancement en production)
- P_{vuv} : Pression du Volume Utile Vide
- R&D : Recherche et Développement
- SOLEIL : Source Optimisée de Lumière d'Energie Intermédiaire du LURE
- TO₂R : Taux d'Oxygène Résiduel

1.2 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 (CEA) 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, la défense et la sécurité globale. Pour chacun de ces quatre grands domaines, le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence et assure un rôle de soutien à l'industrie.

L'IRFU (Institut de Recherche des lois Fondamentales de l'Univers) appartient à la Direction de la Recherche Fondamentale du CEA. Ses activités scientifiques qui relèvent de l'astrophysique, de la physique nucléaire et de la physique des particules sont 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.

1.3 Présentation générale du projet

Projet porté par le CNRS et le CEA de Paris-Saclay, PACIFICS (Particle Accelerators Initiative for Future Innovative and Challenging Systems) vise à développer et consolider les infrastructures de R&D nécessaires au développement des accélérateurs de demain.

Pour se faire, il est nécessaire de moderniser les infrastructures technologiques françaises existantes de R&D sur les accélérateurs tout en améliorant, grâce à de nouveaux équipements de haute technologie mutualisés, la collaboration effective dans ce domaine entre les laboratoires du CEA et du CNRS. Le projet a la double ambition de maintenir les équipes scientifiques françaises à la pointe de l'innovation en matière de science et de technologie des accélérateurs, mais aussi de renforcer leur capacité à jouer un rôle de premier plan au niveau international dans le développement et la construction d'infrastructures de recherche à grande échelle basés sur les accélérateurs - en partenariat étroit avec les principaux acteurs industriels français du domaine - et pour le bénéfice direct des infrastructures françaises basées sur les accélérateurs comme GANIL et SOLEIL.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 7 / 35
	SAFIRS-00910-C	

Dans le cadre de ce projet, le CEA/IRFU a en charge l'approvisionnement d'un four de traitement thermique, étanche, avec une atmosphère contrôlée par un gaz inerte et dont l'uniformité de température tout comme le taux d'oxygène sont des points critiques entre 200 et 700°C.

2. Documents, normes et certifications applicables

2.1 Général

Les documents applicables à la prestation sont les suivants :

- Le présent cahier des charges ;
- L'annexe 1 : Plan pour installation dans le hall du bâtiment 122 (plan 40000 001) ;
- L'annexe 2 : Plans 40100 001, 40100 002 et 40100 003 concernant les moules de traitement thermique ;
- L'ensemble des normes et standards mentionnés dans le paragraphe 2.2.

2.2 Normes et règles générales

Le Titulaire devra respecter tous les codes, normes, règles et directives listés ci-après aux dernières versions en vigueur. Il pourra proposer des normes équivalentes après justification. La liste n'est pas limitative et le Titulaire pourra proposer toutes les normes qui lui semblent applicables.

Les codes, normes, règles et directives doivent être utilisés dans leur dernière version applicable.

- NF EN ISO 9001 : « Système de management de la Qualité – Exigences » ;
- FD ISO 10005 : « Système de management de la qualité – lignes directrices pour les plans qualité » ;
- NF EN ISO 10204 : « Produits métalliques – Types de documents de contrôle » ;
- NF EN ISO 14001 : « Management environnemental » ;
- NF EN ISO 50001 : « Management de l'énergie » ;
- Directive 2006/42/CE relative aux machines ;
- Arrêté du 22 Octobre 2009 fixant le contenu du dossier technique de fabrication exigé par l'article R. 4313-6 du code du travail pour les machines et les équipements de protection individuelle ;
- Arrêté du 22 Octobre 2009 relatif au marquage CE des machines et des équipements de protection individuelle ;
- Arrêté du 22 Octobre 2009 fixant le contenu de la déclaration CE de conformité relative aux machines au sens de l'article R. 4311-4 du code du travail ;
- Article du code du travail R. 4324.

2.3 Certification CE

L'Équipement devra être certifié CE. Le Titulaire est en charge de définir l'ensemble des normes applicables dans le but de pouvoir apposer la plaque de conformité CE. Il devra vérifier la conformité de l'incorporation des sous-ensembles définis comme des quasi machines, ainsi que la conformité des sous-ensembles certifiés CE, aux directives machines.

L'Équipement devra être conforme a minima aux normes définies au paragraphe 2.2.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 8 / 35
	SAFIRS-00910-C	

3. Etendue de la prestation

3.1 Objet du marché

Le marché a pour objet l'étude détaillée et la fourniture (installation au CEA et formation comprises) du four de traitement thermique et des composants associés (logiciel d'interface homme-machine, armoires électriques de commande, pompe à vide, chariot d'insertion ...) pour le projet PACIFICS ci-après dénommé l'Equipement.

Il est nécessaire que l'Equipement permette un tirage au vide initial, repose sur des solutions numériques et des composants automatisés (vannes pilotées, débitmètres numériques, déclenchement automatique de la pompe à vide, programmes automatiques de purge, ...) avec une interface homme-machine entièrement numérique. L'enregistrement automatique d'un grand nombre de paramètres est également nécessaire. La possibilité de contrôler et d'agir numériquement sur l'Equipement, depuis un ordinateur distant est également requis.

L'option n°1 concerne la fourniture d'un système de refroidissement à eau.

3.2 Prestations à la charge du titulaire

3.2.1 Etudes détaillées

Le Titulaire a en charge les études détaillées de l'Equipement et des outillages associés, en incluant les ensembles mécaniques, le contrôle commande, le système d'acquisition et l'interface homme machine.

3.2.2 Fabrication

Le Titulaire a en charge toute la fabrication et l'approvisionnement de tout ce qui est nécessaire au fonctionnement, à l'installation, à la mise en service et aux essais de l'Equipement.

3.2.3 Installation et mise en service

Le Titulaire a en charge la livraison, l'installation et la mise en service sur le site du CEA de Saclay de l'Equipement. La livraison d'une part et l'installation et mise en service d'autre part devront être chiffrées sur des lignes dédiées dans l'offre de prix.

3.3 Fournitures du CEA

Le CEA fournit au Titulaire le présent cahier des charges et ses annexes :

- Plan 40000 001 – Plan d'installation du four PACIFICS dans le hall du bâtiment 122 ;
- Plan 40100 001 – ENS-Cos-Thêta_Max ;
- Plan 40100 002 – ENS Hippodrome Max ;
- Plan 40100 003 – ENS Têtes Relevées Max.

4. Description des prestations

4.1 Présentation générale : Cycle de traitement thermique

L'Équipement devra être dimensionné pour pouvoir réaliser un cycle typique de traitement thermique sur un conducteur Nb₃Sn tel qu'indiqué sur la Figure 1.

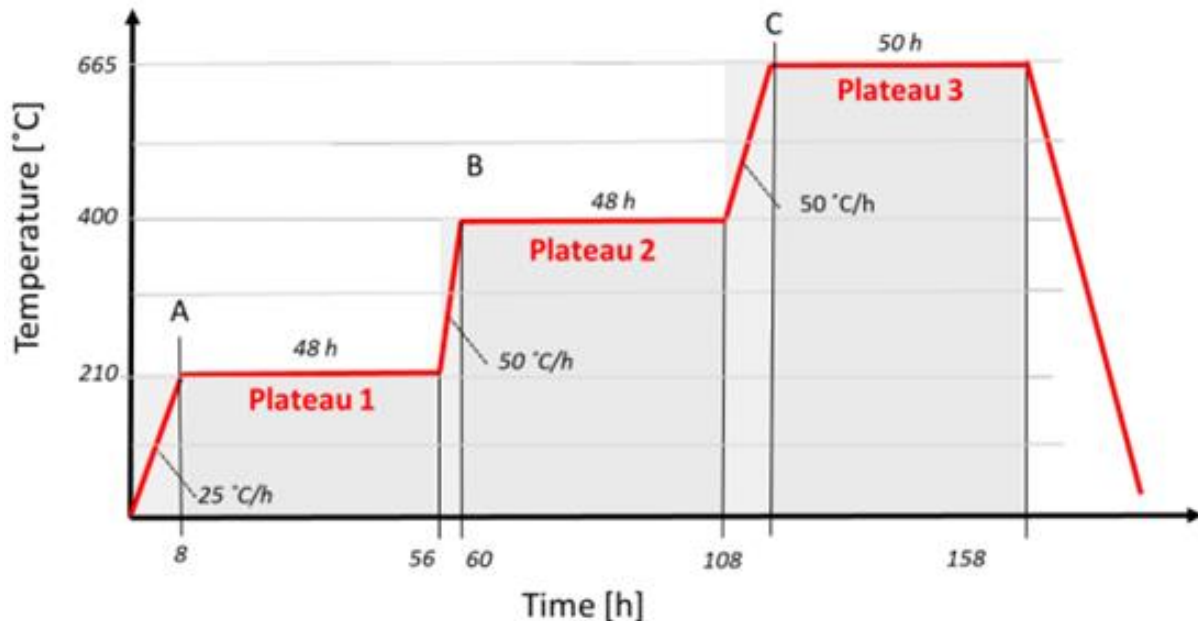


Figure 1 : Cycle typique de traitement thermique d'un supraconducteur Nb₃Sn

L'intégralité du traitement thermique doit être réalisé avec un Taux d'Oxygène Résiduel (TO₂R) inférieur ou égal à 10 PPM (Parties Par Million). Ce niveau d'oxygène est obtenu après le tirage au vide initial, puis par le remplissage de l'enceinte à vide par de l'argon et enfin par un balayage permanent avec de l'argon du moule et de l'enceinte à vide pendant le traitement thermique. Cependant, le niveau de fuite de l'enceinte à vide et des composants des circuits d'alimentation ainsi que l'extraction des gaz doivent garantir la tenue du critère TO₂R durant la totalité du traitement thermique.

4.2 Volume utile et moules de traitement thermique

Le volume utile de l'Équipement est défini comme étant le volume dans lequel l'uniformité de température est requise. Ses dimensions doivent être compatibles avec des moules de traitement thermique ayant les dimensions hors-tout maximales suivantes et décrits ci-après :

- Moules de forme parallélépipédique :
 - Longueur : 3,5 m,
 - Largeur : 0,5 m,
 - Hauteur : 0,5 m.

Les moules de traitement thermique à l'intérieur desquels se trouvent la bobine sont :

- De conception monolithique ;
- Autoporteurs ;
- De dimensions maximales indiquées dans les plans mentionnés ci-dessus à l'article 2.1 et compatibles avec le volume utile du four de traitement thermique ;

- De dimensions minimale 200 x 50 x 50 mm dans le cas de petits échantillons à traiter ;
- Toujours posés à plat, la face inférieure (flèche bleue dans la Figure 2) en contact avec l'interface support du moule de traitement thermique.

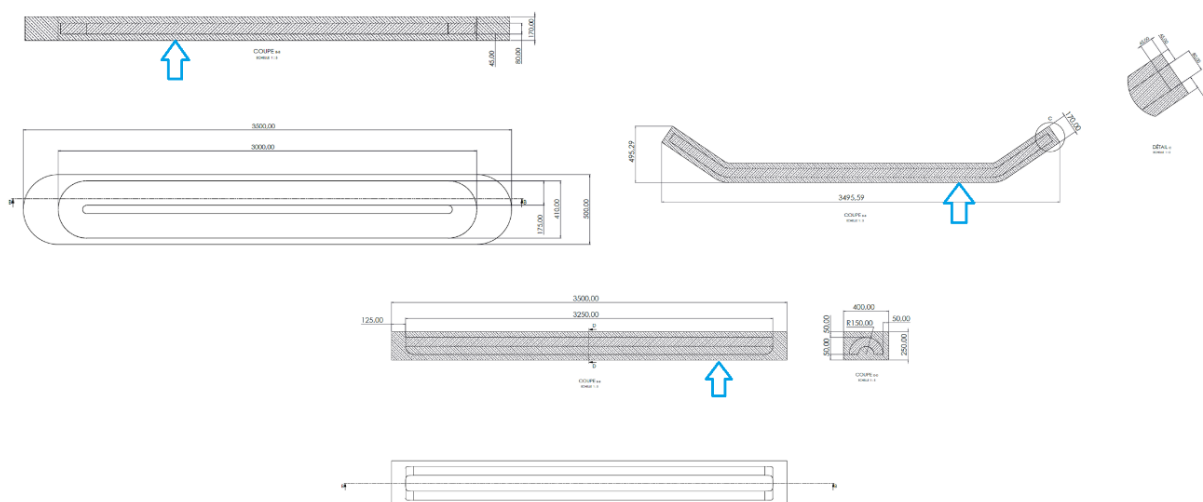


Figure 2 : Zoologie des moules de traitement thermique, à leurs dimensions maximales, pour illustration uniquement

Aussi, l'interface support de ces moules doit respecter les caractéristiques suivantes :

- Supporter un moule d'une masse maximale de 3 000 kg ;
- Présenter un défaut de planéité global de moins de 5 mm (+/- 2.5 mm) au niveau de l'interface avec le moule de traitement thermique.

Les matériaux constitutifs des moules de traitement thermique sont des aciers inoxydables de type 304 L ou 316 L.

La séquence de chargement de l'Équipement est la suivante :

- Le moule est d'abord déposé sur son support à l'aide du pont roulant du hall de fabrication appartenant au CEA (flèche verte 1 dans la Figure 3) ;
- Les opérations suivantes sont alors réalisées par le CEA sur le moule :
 - Connexion des tuyauterie d'entrée et de sortie d'argon pour permettre le balayage du moule pendant le traitement thermique ;
 - Insertion des thermocouples de suivi dans leurs logements dans le moule de traitement thermique.
- Puis le support à la charge du Titulaire permet l'introduction du moule dans le four de traitement thermique (flèche verte 2 dans la Figure 3).

La séquence de déchargement est réalisée dans l'ordre inverse de la séquence de chargement.

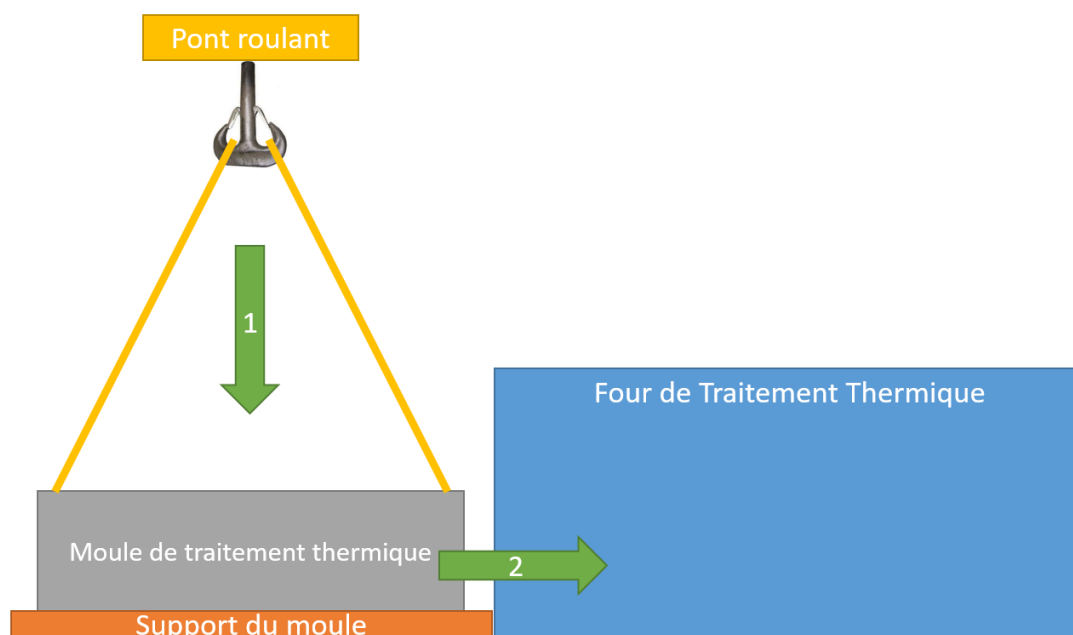


Figure 3 : Séquence de chargement, pour illustration uniquement.

Lorsque l'Équipement est « fermé » (avec ou sans moule à l'intérieur), le sol situé au niveau du chargement du moule de traitement thermique doit être « intact », libre de tout élément (pas de rail ou de supports qui seraient fixés au sol de manière permanente, ...).

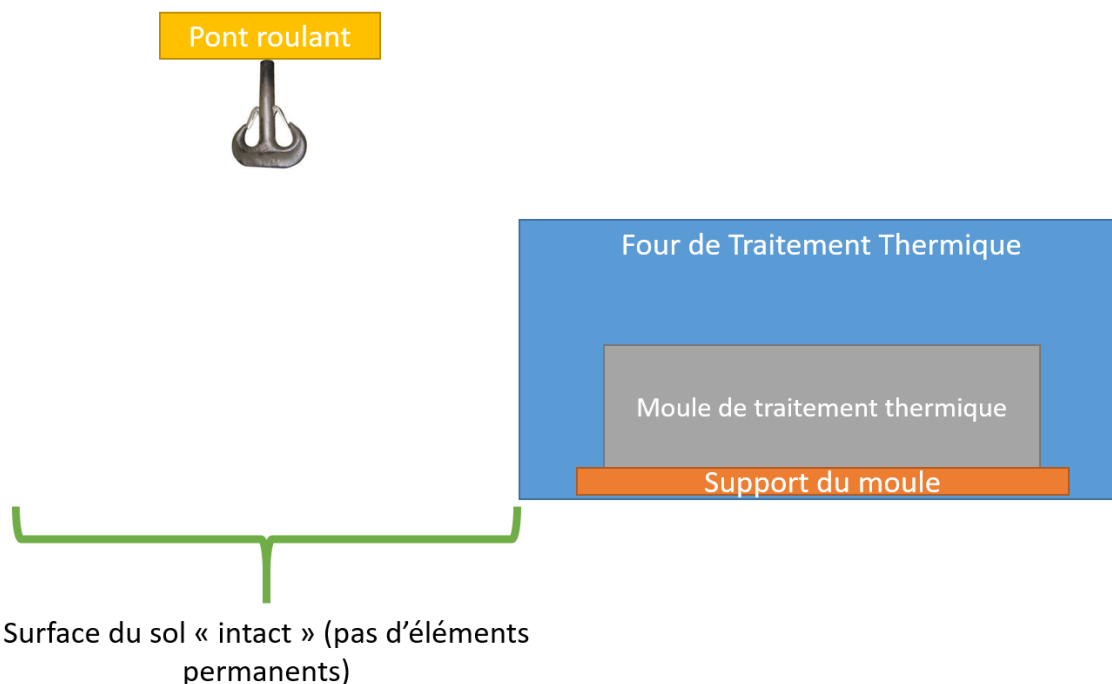


Figure 4 : Surface libre, intacte, four fermé, pour illustration uniquement.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 12 / 35
	SAFIRS-00910-C	

4.3 Informations thermiques

L'Equipement doit atteindre, dans tout le volume utile, les conditions suivantes :

- Température maximale : 700°C ;
- Uniformité de température : +/- 5°C pendant la totalité du cycle de traitement thermique, incluant les rampes de chauffage ;
- Stabilité en température : +/- 3°C pendant les phases de plateau ;
- Vitesse de chauffage : de 5 à 60°C/h ;
- Un refroidissement naturel (sur les pertes thermiques de l'Equipement) est à privilégier, sous réserve que ce dernier :
 - Respecte l'uniformité en température lors de toute la descente en température, entre la température maximale et 150°C ;
 - Ne dépasse pas une vitesse maximale de refroidissement de plus de 45°C/h ;
 - Respecte une durée maximale de refroidissement, entre la température maximale et 50°C, qui soit inférieure à 168 heures (7 jours).

Les réaction physico-chimiques ayant lieues dans le supraconducteur lors du traitement thermique ne sont ni exothermiques ni endothermiques et n'influent pas sur la température de la bobine, du moule ou de l'Equipement.

Le supraconducteur possède un comportement thermique similaire à celui du cuivre.

Durant tout le cycle de traitement thermique, la température des surfaces extérieures de l'Equipement doit être inférieure à 60°C.

4.4 Circuits de gaz

Comme indiqué dans la Figure 5, l'Equipement doit posséder plusieurs circuits de gaz :

- Circuit argon. L'alimentation en gaz argon est assurée par le CEA et possède les caractéristiques suivantes :
 - Argon grade 4.6 ;
 - Pression dans les bouteilles : 300 bars absolu ;
 - Pression dans la tuyauterie d'alimentation : A définir par le Titulaire.
- Circuit d'air, pour connecter l'enceinte à vide à l'atmosphère ;
- Circuit de vide, afin de tirer au vide l'intégralité de l'enceinte à vide et donc, par voie de conséquence, du volume utile.

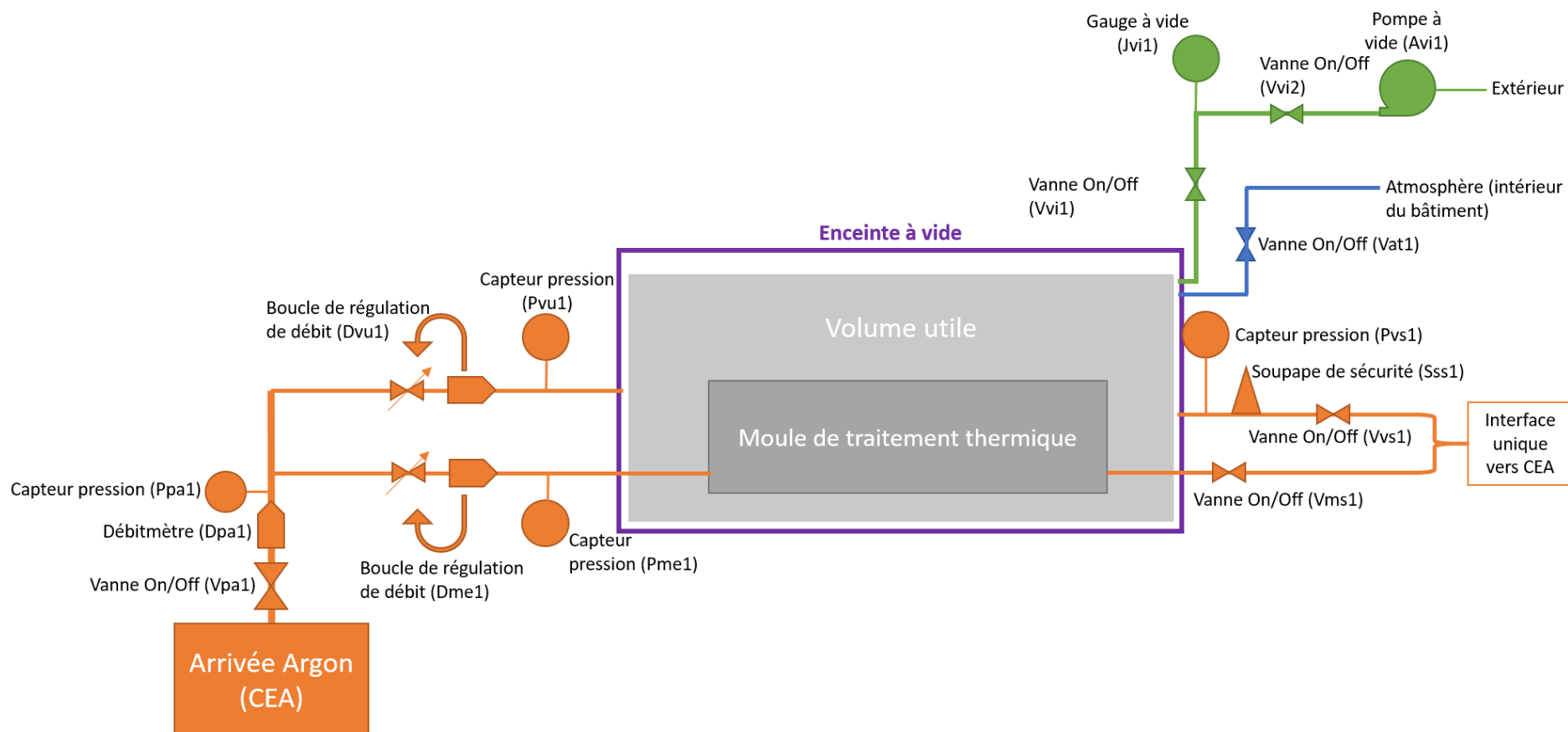


Figure 5 : Vue schématique de la configuration du four de traitement thermique et des circuits de gaz (argon en orange, air en bleu et vide en vert), pour illustration uniquement

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 14 / 35
	SAFIRS-00910-C	

4.4.1 Circuits argon

Les circuits d'argon doivent permettre le remplissage et le balayage à la fois de l'enceinte à vide (et donc du volume utile) et du moule de traitement thermique par du gaz argon.

Les arrivées de gaz doivent permettre un préchauffage suffisant de l'argon pour que des variations de débit du gaz d'inertage n'influent pas sur l'homogénéité des températures du volume utile et du moule.

Les deux circuits d'argon (pour l'enceinte à vide et pour le moule de traitement thermique) doivent posséder tous les équipements nécessaires à une régulation du débit à tout moment lors du cycle de traitement thermique : Capteurs de pression, débitmètres, vanne de régulation, ...

Les matériels en lien avec la distribution d'argon doivent être dimensionnés pour garantir un bon fonctionnement dans les plages de débit suivantes :

- En remplissage, le volume utile et le moule ayant été préalablement tirés au vide (P_{vuv}) :
 - Débit dans le moule : réglable entre 20 et 250 l/h,
 - Débit dans le volume utile : compatible avec un temps de remplissage du volume utile inférieur à 10 minutes, d'une pression initiale égale à P_{vuv} à une pression finale équivalente à la pression atmosphérique,
 - Les soumissionnaires indiqueront dans leur réponse technique le débit d'argon prévu et la durée de ce remplissage pour que le CEA puisse dimensionner les lignes d'alimentation en argon.
- En balayage, pendant le traitement thermique :
 - Débit dans le moule, réglable entre 20 et 650 l/h,
 - Débit dans le volume utile :
 - A définir par les soumissionnaires pour respecter le TO_2R ,
 - Ce débit peut être réglable,
 - A titre indicatif, sur la base de l'expérience du CEA avec un petit four de traitement thermique, pour garantir le respect du TO_2R durant la totalité du traitement thermique le débit minimum nécessaire est estimé entre 60 et 100 l/h/m³_{vu}.
 - Les soumissionnaires indiqueront dans leur réponse technique le débit d'argon prévu lors de cette phase pour que le CEA puisse dimensionner les lignes d'alimentation en argon.

La température de sortie du gaz d'inertage pouvant être importante, les deux sorties du circuit argon seront dirigées vers une évacuation unique à l'extérieur du bâtiment. Ils doivent donc être regroupés pour présenter une interface unique de sortie au CEA. Les soumissionnaires indiqueront dans leur réponse technique l'interface prévue pour que le CEA puisse anticiper les éventuels travaux.

Les circuits d'argon devront contenir au minimum :

- Une vanne d'isolation sur l'arrivée primaire d'argon (V_{pa1}). Cette vanne peut être une simple vanne ¼ de tour, dédiée aux fluides gazeux, comme illustrée à la Figure 6 ;
- Un débitmètre sur l'arrivée primaire d'argon (D_{pa1}) ;
- Un capteur de pression sur l'arrivée primaire d'argon (P_{pa1}) ;
- Deux « boucles de régulation » de débit :
 - L'une sur le circuit dédié au volume utile (D_{vu1}),
 - L'autre sur le circuit dédié au moule de traitement thermique (en entrée) (D_{me1}),
 - Afin de couvrir la totalité de la plage de débit tout en conservant une résolution suffisante, il est tout à fait possible de prévoir plusieurs débitmètres ou boucles de régulation installés en parallèles.
- Deux capteurs de pression installés en aval de la boucle de régulation des circuits :
 - volume utile (P_{vu1}),
 - moule de traitement thermique (en entrée) (P_{me1}).
- Un capteur de pression sur le circuit de sortie du volume utile (P_{vs1}) ;

- Une soupape de sécurité sur le circuit de sortie du volume utile, tarée à 1,25 bar absolu (Sss1) ;
- Deux vannes d'isolation, une pour chaque circuit :
 - sortie du volume utile (Vvs1),
 - sortie du moule de traitement thermique (Vms1),
 - ces vannes peuvent être de simples vannes ¼ de tour, dédiées aux fluides gazeux, comme illustrées sur la Figure 6.



Figure 6 : Vanne manuelle pour fluide gazeux de type 1/4 de tour ; pour illustration uniquement

- Sur le circuit d'entrée et de sortie du moule de traitement thermique, les interfaces avec ce dernier devront être basées sur un système de brides rotatives, dans le but de permettre un montage et démontage rapide et sans indexation (illustrées à la Figure 7).

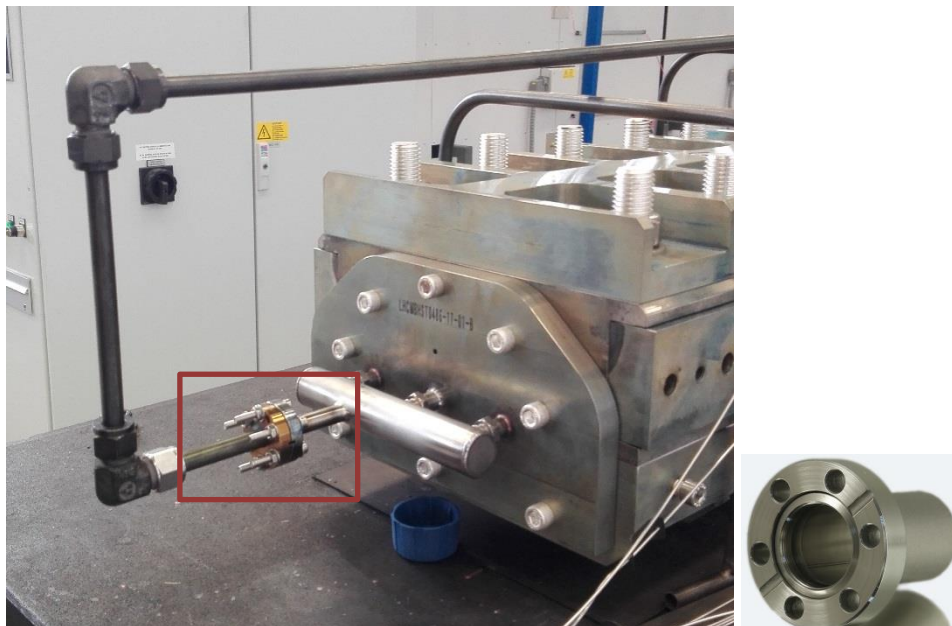


Figure 7 : Exemple de raccord entre le four et le moule de traitement thermique avec une bride rotative ; pour illustration uniquement

4.4.2 Circuit d'air

Afin de remplir d'air l'enceinte à vide avant d'ouvrir la porte du four (et éviter ainsi un apport important d'argon dans l'atmosphère du bâtiment), un système d'apport en air (air pouvant être pris directement dans l'atmosphère du bâtiment) doit être implémenté sur l'Équipement.

Aussi, ce circuit d'air doit être équipé au minimum de :

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 16 / 35
	SAFIRS-00910-C	

- Une vanne d'isolation (Vai1) ;
- Cette vanne peut être une simple vanne ¼ de tour, dédiée aux fluides gazeux, comme illustrée sur la Figure 6 ;

Un tirage au vide de l'enceinte à vide est réalisé afin d'extraire l'argon puis le remplissage de l'enceinte est réalisé en ouvrant la vanne d'isolation.

4.4.3 Circuit de vide

L'Équipement doit être équipé d'une ligne de vide avec sa propre pompe à vide, de manière à pouvoir tirer au vide l'intégralité de l'enceinte à vide et donc du volume utile. De par sa conception non-étanche, le moule de traitement thermique sera également tiré au vide lors de cette purge initiale.

Ce tirage au vide doit être réalisé dans les conditions suivantes :

- Enceinte à vide rempli d'air (à pression atmosphérique) ;
- Enceinte à vide rempli d'argon (à pression atmosphérique) ;
- Température maximale des gaz extraits lors des tirages au vide : 50°C
 - La conception du circuit de commande de la pompe à vide doit empêcher la mise en route de la pompe à vide lorsque la température de l'enceinte dépasse ce seuil de 50°C par un dispositif passif (contacteur bilame par exemple).

La Pression (absolue) du Volume Utile Vide (P_{vuv}) doit atteindre 4.10^{-2} hPa en moins d'une heure (en partant de la pression atmosphérique). La conception du moule de traitement thermique permet d'ôter toute influence liée au dégazage de ce dernier sur l'atteinte du critère de taux de vide et de durée.

La ligne de vide doit être composée au minimum de :

- Une vanne d'isolation (Vvi1) ;
- Une jauge à vide (Jvi1) ;
 - Pour disposer des valeurs de vide sur l'intégralité de la plage de pression entre P_{vuv} et la pression atmosphérique, il est obligatoire d'utiliser au moins 2 dispositifs de mesure (une jauge capacitive et une jauge pirani par exemple). L'utilisation de jauges combinées est interdite.
- Une seconde vanne d'isolation (Vvi2) ;
- Une pompe à vide (Avi1).

L'échappement de la pompe à vide devra être relié à un système de collecte des gaz mis à disposition par le CEA. Les soumissionnaires indiqueront dans leur réponse technique l'interface proposée pour le raccordement de cet échappement.

4.5 Nettoyage et propreté

A cause d'une pollution potentielle des circuits d'extraction d'argon par des résidus lors des opérations de traitement thermique, l'intégralité des composants des circuits d'extraction (incluant la tuyauterie elle-même), doit pouvoir être facilement démonté pour des opérations de nettoyage lorsque le four est à l'arrêt.

Il est donc important de favoriser sur les circuits d'extraction des gaz :

- Des tuyauteries pas ou peu coudées et dont le diamètre, la longueur et la géométrie sont adaptés au passage d'écouvillons ;
- Des raccords démontables à vis ou brides par exemple ;
- De sélectionner les composants individuels (vannes, capteurs de pression, ...) démontables et nettoyables.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 17 / 35
	SAFIRS-00910-C	

4.6 Environnement

L'Equipement et tous ses composants devront être compatibles pour une installation et un fonctionnement dans l'environnement suivant :

- Lieu d'installation : CEA Saclay, bâtiment 122, hall principal ;
- Température : 22 °C +/- 10°C ;
- Humidité : 20 à 80 % ;
- L'Equipement étant installé dans un hall de bobinage d'électro-aimants et devant traiter thermiquement des pièces avec une isolation diélectrique nue, l'utilisation de graphite ou de Carbon Fiber Carbon est strictement interdit.
- Electricité disponible :
 - 400 V triphasé, régime de neutre TNS,
 - 220 V monophasé.
- Air disponible : réseau à la pression de 7 bars ;
- Eau de refroidissement :
 - Les besoins de refroidissement doivent être assurés par un dispositif fonctionnant en boucle fermée (pas de refroidissement sur eau perdue par exemple) à la charge du Titulaire. Ce dernier doit être chiffré en option.
- Pont roulant disponible : CMU 20 t, hauteur sous crochet : 6,5 m ;
- Dimension de la porte d'entrée dans le hall principal du bâtiment 122 :
 - Porte Est : largeur 4 m et hauteur 4,4 m.
- Fixation au sol :
 - La dalle sur laquelle sera installé l'Equipement a une capacité de charge de 5 t/m². Cependant, elle dispose de trappes d'accès au sous-sol d'une capacité de charge unitaire limitée à 500 kg, la conception des appuis au sol de l'équipement doit donc en tenir compte,
 - La position de ces trappes ainsi que la surface au sol allouée pour l'Equipement sont données dans le plan 40000 001 – *Plan d'installation du four PACIFICS dans le hall du bâtiment 122*,
 - Une marge de sécurité de 150 mm dans les deux directions (X/Y) doit être prise vis-à-vis de la position de ces trappes,
 - Tout ancrage au sol doit se faire par le biais de douilles femelles (fixées chimiquement ou par expansion) afin de laisser le sol vierge d'élément dépassant de ce dernier en cas de démontage de l'Equipement.
- Installation des armoires électriques :
 - Les armoires électriques devront, dans la mesure du possible, être installées dans l'encombrement du four de traitement thermique.
 - Si toutefois elles sont séparées de ce dernier, elles doivent être installées préférentiellement le long du mur Sud du bâtiment (se référer au plan 40000 001 – *Plan d'installation du four PACIFICS dans le hall du bâtiment 122*) ;
 - Si les dimensions de la zone préférentielle est insuffisante, les armoires électriques pourront être positionnées le long du four en gardant comme objectif de minimiser l'empreinte au sol.

Dans leurs réponses techniques, les Soumissionnaires devront indiquer :

- Les dimensions hors tout et la masse, estimées, de l'équipement complet (four, armoires électriques, chariot de chargement, ...) et leur positionnement, sur un schéma ou un plan ;
- La puissance électrique maximale, estimée, nécessaire au fonctionnement de l'Equipement ;
- Le débit maximum d'air comprimé, estimé, nécessaire au fonctionnement de l'Equipement.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 18 / 35
	SAFIRS-00910-C	

4.7 Standardisation

Dans le but de permettre la maintenance par les équipes du CEA, les composants standard du commerce utilisés pour l'Equipement devront se rapprocher autant que possible des définitions suivantes :

- automates : De marque Siemens ou de qualité équivalente ;
- Composants pneumatiques : De marque FESTO ou de qualité équivalente ;
- Composants liés à la régulation du gaz argon, débitmètres (mass flow controller & meter) : De marque BROOKS, série SLA 5800 ou de qualité équivalente.
- Composants liés au vide:
 - Pour les pompes primaires, de marque Edwards issue de la gamme multiroots nXRi ou de qualité équivalente ;
 - Pour les pompes turbo-moléculaire (le cas échéant), de marque Edwards issue de la gamme nEXT ou de qualité équivalente ;
 - Pour les jauges à vide :
 - Capacitives : De marque INFICON, MKS Baratron ou de qualité équivalente ;
 - Pirani : de marque Pfeiffer TPR 018 ou de qualité équivalente,
 - Penning : de marque Pfeiffer IKR 60 ou Pfeiffer KT70 ou de qualité équivalente,
 - Conditionneur : de marque Pfeiffer TPG500 ou de qualité équivalente.
- Pour les accessoires liés au vide :
 - Dimensions standardisées selon la norme ISO-KF (suivant DIN 28403 et ISO 2861),
 - Tubing à joint métallique : de marque Swagelok ou de qualité équivalente.
 - Vannes : De marque VAT ou de qualité équivalente.
- La visserie doit être d'une classe de qualité équivalente ou supérieure à la classe 8-8.

Les marques et modèles desdits composants, des automates et de la visserie devront figurer dans la réponse technique des soumissionnaires.

Etant précisé que dans le cadre de la remise de son offre technique, le soumissionnaire transmettra les éléments justifiant de la Maintenableté de l'Equipements proposé, par les équipes du CEA. Ce point constituera un élément du critère technique de jugement des offres

5. Système de contrôle, interface homme-machine et enregistrement des données

5.1 Informations générales

Le système de contrôle doit permettre la programmation de cycles de traitement thermiques similaires à ceux indiqués dans le paragraphe 4.1.

Le nombre minimum de programmes de cycles de traitement thermiques enregistrables doit être de 10.

Chaque programme doit pouvoir proposer au moins 30 étapes de programmation (tirage au vide / remplissage argon / rampes de montée / descente / plateaux, ...).

Les variables entrant dans la programmation des étapes de traitement thermique sont les suivantes :

- Température initiale de l'étape, en °C ;
- Température finale de l'étape, en °C ;
- Vitesse de rampe, en °C/heure ;

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 19 / 35
	SAFIRS-00910-C	

- Durée de l'étape, en minutes ;
- Débit d'argon dans le volume utile ;
- Débit d'argon dans le moule de traitement thermique.

Lié à la maintenabilité à très long terme de l'équipement par les équipes du CEA et de compatibilité avec la gestion des systèmes informatiques du CEA, le système de contrôle commande doit :

- Reposer sur un automate PLC SIEMENS S7-1500 ; ou équivalent
- Utiliser une interface SIEMENS SIMATIC Win CC Open Architecture ou équivalent ;
- Utiliser la norme de communication PROFINET ;
- Toutes les communications (internes et externes à l'automate) doivent être réalisées par un réseau filaire ;
- A destination du réseau externe, disposer d'une seule carte réseau, dédiée à un réseau Ethernet. Toute puce supplémentaire Wifi et/ou 4G/5G sur la carte réseau est strictement interdite ;
- Le port COM OPC UA doit être ouvert.

L'ordinateur nécessaire au bon fonctionnement de l'Equipement sera fourni par le Titulaire. Le Titulaire a en charge de définir la configuration minimale requise au bon fonctionnement du système qui devra être :

- Compatible avec le système d'exploitation Windows 11 Professionnel ;
- Compatible avec les mises à jour (type Windows Update) ;
- Compatible avec les futures évolutions du système d'exploitation (de type Windows 12) ;
- En cas d'accès nécessaire à des sites internet (pour d'éventuelles mises à jour par exemple), ces derniers devront être déclarés au CEA pour vérification et autorisation d'accès.

5.2 Interface Homme-Machine

L'Interface Homme – Machine (IHM) doit :

- Permettre le contrôle de la totalité de l'Equipement :
 - Régulation de la température (programmation, état actuel, cycle en cours, étape du cycle en cours, modification « à la volée » de la programmation, ...),
 - Suivi des thermocouples de régulation,
 - Suivi des thermocouples de suivi,
 - Suivi et manipulation des circuits gaz et ligne de vide (commutation des vannes, visualisation de leur état, affichage des débits, du niveau de vide, marche/arrêt de la pompe à vide, ...),
 - Etc...
- Avoir une interface claire et rapide à prendre en main.
 - La complète maîtrise de cette interface devra être obtenue par les équipes du CEA sur la durée de la formation ;
 - Le projet d'interface devra être décrit par le soumissionnaire ;
 - Afficher la totalité des étapes de programmation sur une seule fenêtre, fixe, sans utiliser de défilement horizontal ou vertical ;
 - L'interface finale sera réalisée de manière conjointe avec le CEA, la réalisation de cette dernière ne pouvant avoir lieu sans accord écrit du CEA. Un minimum de 3 réunions de 2 heures avec le CEA est à prévoir ;
- Permettre un accès complet en cas de connexion à distance sur l'ordinateur de contrôle. Toutes les actions réalisables devant le pupitre utilisateur de l'Equipement doivent pouvoir être réalisées dans le cadre d'une connexion à distance, à l'exception du réglage des seuils des alarmes qui ne doit être possible qu'en utilisant l'IHM ;
- Autoriser les utilisateurs à programmer le système de régulation de la température tel que décrit au paragraphe 5.3 ;

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 20 / 35
	SAFIRS-00910-C	

- Utiliser un écran principal :
 - Plat,
 - Dont la diagonale minimale est de 21,5 pouces,
 - De résolution minimale de 1920 x 1080 pixels,
 - Les solutions de type écran rackable ou clavier-écran rackable sur rail sont acceptées.
- Visualiser en temps réel sur un graphique :
 - Le cycle de traitement thermique programmé,
 - Les températures de consigne ;
 - Les températures mesurées par chacun des thermocouples ;
- Choisir d'activer ou non les différentes voies d'acquisition de températures ;
- L'intégralité des informations affichées doit être en Français.

5.3 Système de régulation de la température et thermocouples

L'Équipement doit être équipé d'un système de contrôle et de régulation de la température ainsi que de thermocouples de suivi. Il se décompose comme suit :

- Un système de pilotage et de régulation de la température, permettant :
 - De créer les cycles de traitement thermiques tels que définis au paragraphe 5.1,
 - De s'adapter à différentes tailles de moules de traitement thermique, par un autoapprentissage de régulateur PID par exemple, lors d'un traitement thermique « à blanc »,
 - D'activer ou de désactiver facilement l'utilisation d'un ou plusieurs thermocouples de régulation (en cas de dysfonctionnement de ces derniers),
 - D'autoriser des modifications du cycle de traitement thermique « à la volée », en cours de traitement thermique et sans entraîner de pertes d'information ou de redémarrage. Le but étant par exemple de modifier la durée d'un plateau en cours d'exécution.
- Des thermocouples de régulation :
 - En nombre suffisant pour gérer le bon déroulement de l'intégralité du traitement thermique (atteinte et garantie de l'homogénéité et de la stabilité en température).
- Des thermocouples de suivi :
 - Au nombre de 30, ils doivent pouvoir être fixés indépendamment soit sur le moule de traitement thermique, soit dans l'atmosphère du volume utile,
 - Ils sont fixés sur le moule lorsque celui-ci est à l'extérieur du four,
 - Ils ont tous le même cheminement (même lieu de départ, même cheminement, même zone de traversé étanche, ...),
 - Ils doivent être facilement interchangeables en cas de dysfonctionnement,
 - Ils doivent être « standards », commercialement disponibles « sur étagère »,
 - Leur diamètre doit être de 2 mm,
 - Leur gaine doit être en acier inoxydable,
 - Ces thermocouples servent uniquement à enregistrer la température et ne pilotent en aucun cas le système de régulation thermique de l'Équipement.

Toutes les sondes de température doivent satisfaire au minima les critères suivants :

- Résolution : 0,5°C ;
- La gaine de chaque thermocouple doit être raccordée à la masse ;
- Chaque voie de mesure de la température doit être conditionnée par un isolement galvanique.

Tous les thermocouples de régulation et de suivi ainsi que l'ensemble de leur chaîne d'acquisition doivent :

- Être étalonnés en trois points :
 - 210°C,

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 21 / 35
	SAFIRS-00910-C	

- 400°C,
- 665°C.
- Les corrections éventuelles doivent pouvoir être insérées dans l'interface Homme-Machine afin d'être prises en compte automatiquement ;
- Certifier une précision absolue de : +/- 1°C ;
- Les thermocouples étalonnés devront être fournis avec un certificat COFRAC ou équivalent.

5.4 Système d'acquisition et d'enregistrement des données

Le système d'acquisition des données, à la charge du Titulaire, doit être dimensionné pour pouvoir enregistrer les paramètres suivants à partir du « Départ cycle » du four de traitement thermique. Ce départ cycle correspond au début de la phase de purge initiale.

Liste minimale des paramètres à enregistrer :

- Date, heure, minute, seconde (calendaires) ;
- Température de chaque thermocouple de régulation ;
- Température de chaque thermocouple de suivi ;
- Position de la vanne d'isolation sur l'arrivée primaire d'argon (Vpa1) ;
- Débit d'argon sur l'arrivée primaire (Dpa1) ;
- Pression d'argon sur l'arrivée primaire (Ppa1) ;
- Débit et position du régulateur de débit de chacune des boucles de régulation (Dvu1 et Dme1) ;
- Pression d'argon en aval de la boucle de régulation (Pvu1 et Pme1) ;
- Pression d'argon sur le circuit de sortie du volume utile (Pvs1) ;
- Position des vannes d'isolation Vvs1 et Vms1 ;
- Position de la vanne d'isolation du circuit d'air (Vat1) ;
- Position de la vanne d'isolation de la ligne de vide (Vvi1) ;
- Position de la vanne d'isolation de la ligne de vide (Vvi2) ;
- Niveau de vide dans le circuit de vide (Jvi1) ;
- Etat de la pompe à vide (marche ou arrêt).
- Tout autre composant installé sur les circuits d'argon, d'air ou la ligne de vide, qui mesure ou influe sur le débit de fluide et est automatisé doit renvoyer toutes les informations nécessaires au système de contrôle qui doit également les enregistrer.

La fréquence d'acquisition simultanée de l'ensemble des paramètres doit être d'un enregistrement par minute (~0,017 Hz).

La durée maximale de l'enregistrement : 20 jours consécutifs.

Le système d'enregistrement des données doit permettre l'extraction des données en cours de cycle de traitement thermique afin de réaliser des analyses intermédiaires sur un autre ordinateur (existant au CEA et non à la charge du titulaire) et éventuellement des ajustements « à la volée » du cycle de traitement thermique.

Les fichiers contenant les données devront être de type .txt ou .csv.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 22 / 35
	SAFIRS-00910-C	

5.5 Séquences automatiques

Le système de contrôle ainsi que l'interface Homme-Machine devra permettre la réalisation automatique des séquences décrites ci-après.

Lors de l'exécution de ces séquences, il doit être possible à tout moment, de sortir du cycle automatique et de diriger manuellement les équipements depuis l'interface Homme-Machine.

Liste minimale des séquences « automatiques » :

- Purge initiale du volume utile :
 - Isolation du volume utile (fermeture des vannes Vpa1, Vvi1, Vvi2, Vat1, Vvs1 et Vms1),
 - Ouverture de la vanne Vvi2,
 - Démarrage de la pompe à vide Avi1 puis ouverture de la vanne Vvi1 une fois la pompe chaude,
 - Tirage au vide jusqu'à obtenir le niveau de vide souhaité (gauge Jvi1),
 - Fermeture de la vanne Vvi2,
 - Mesure de remontée de vide (gauge Jvi1) qui doit être inférieure aux taux préconisés par le titulaire pour garantir la tenue du TO₂R durant la totalité du cycle de traitement thermique (par exemple 1.10^{-2} mbar.l/s),
 - Enregistrement :
 - De la remontée de pression (1 acquisition par seconde (1 Hz) de la pression lue à la gauge Jvi1),
 - De la valeur de la remontée de vide.
 - Si non satisfaisant, une alarme doit être remontée à l'IHM.
 - Arrêt de la pompe à vide Avi1,
 - Ouverture de la vanne principale d'alimentation en argon Vpa1,
 - Remplissage simultané du volume utile et du moule de traitement thermique avec les boucles de régulation Dvu1 et Dme1,
 - Une fois que la pression dans l'enceinte atteint sa pression de fonctionnement (Jvi1) :
 - Ouverture des vannes Vvs1 et Vms1,
 - Fermeture de la vannes Vvi1.
 - Régulation des débits d'argon aux valeurs de consigne,
 - Fin de la séquence → Information sur l'interface Homme-Machine.
- Remplissage du volume utile par de l'air (avant ouverture du four après un traitement thermique) :
 - Isolation du volume utile (fermeture des vannes Vpa1, Vvi1, Vvi2, Vat1, Vvs1 et Vms1),
 - Ouverture de la vanne Vvi2,
 - Démarrage de la pompe à vide Avi1 puis ouverture de la vanne Vvi1 une fois la pompe chaude,
 - Tirage au vide jusqu'à obtenir le niveau de vide souhaité (gauge Jvi1),
 - Fermeture de la vanne Vvi2 et arrêt de la pompe à vide Avi1,
 - Ouverture de la vanne Vat1,
 - Remplissage du volume utile par de l'air prélevé dans l'atelier jusqu'à obtenir une pression équivalente à la pression atmosphérique,
 - Fin de la séquence → Information sur l'interface Homme-Machine.
- Lancement du cycle de traitement thermique :
 - Vérification des paramètres d'alimentation en argon pour s'assurer qu'il y a bien assez d'argon pour la totalité du traitement thermique,
 - Réaliser la séquence de Purge Initiale
 - En cas de défaillance du test de remontée de vide, le programme doit s'arrêter et remonter une alarme au niveau de l'IHM.
 - Démarrage du traitement thermique en suivant le programme défini.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 23 / 35
	SAFIRS-00910-C	

5.6 Alarmes automatiques

Le système de contrôle doit analyser l'état de l'Equipement et générer automatiquement les alarmes suivantes :

- Une alarme acoustique et visuelle en cas de rupture de l'alimentation en électricité ;
- Une alarme acoustique et visuelle en cas de température anormale de l'un des thermocouples de régulation (casse d'un thermocouple) ;
- Une alarme acoustique et visuelle en cas de température anormale de l'un des thermocouples de suivi (casse d'un thermocouple) ;
- Une alarme acoustique et visuelle en cas de variation de débit excédant +/- 10% de la valeur de consigne ;
- Une alarme acoustique et visuelle en cas de surpression dans le volume utile, avec un seuil d'alarme légèrement inférieur au tarage de la soupape de sécurité (seuil à définir par le titulaire) ;
- Une alarme acoustique et visuelle en cas de défaillance d'un élément du four de traitement thermique (débitmètre, capteur de pression, ...) avec un identifiant unique pour chaque élément défaillant ;
- Une alarme acoustique et visuelle si le cycle de traitement thermique est interrompu avant sa fin programmée.

En aucun cas les alarmes indiquées ci-dessus ne doivent entraîner un arrêt automatique du cycle de traitement thermique.

Ces alarmes doivent être configurables et leurs seuils de déclenchement doivent être réglables uniquement depuis une connexion physique à l'IHM (et non via une prise de contrôle à distance par exemple).

Ces alarmes doivent être relayées par courriel sur 7 différentes adresses de courriel, programmables depuis l'IHM.

5.7 En cas de coupure de l'alimentation en électricité

En cas de rupture de l'alimentation électrique, l'Equipement doit :

- Continuer le cycle de traitement thermique (acquisition des données, déroulement du programme, ...) mais sans appliquer la puissance de chauffe ;
- Redémarrer automatiquement le cycle de traitement thermique en appliquant (si besoin) la puissance de chauffe dès l'alimentation en électricité rétablie ;
- Aucun réseau électrique secouru n'est disponible, aussi, les systèmes électriques doivent être alimentés par un élément de type onduleur lors des coupures de courant. Ce système est à la charge du Titulaire et doit garantir une autonomie d'au moins 30 minutes.

5.8 En cas de coupure de l'alimentation en air comprimé

En cas de rupture de l'alimentation en air comprimé, le Titulaire devra indiquer le besoin éventuel d'une alimentation de secours en gaz Azote, la quantité de gaz nécessaire et sa pression.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 24 / 35
	SAFIRS-00910-C	

6. Option n°1 : Fourniture du système de refroidissement par eau

L'option n°1 est liée à la fourniture d'un système de refroidissement par eau s'il est nécessaire au bon fonctionnement de l'Equipement.

Ce système doit :

- Etre dimensionné de manière à couvrir la totalité des besoins en refroidissement de l'Equipement ;
- Fonctionner à l'eau et en boucle fermée ;
- Etre installable à l'extérieur du hall principal du bâtiment 122 et donc soumis aux conditions climatiques ;
- Etre compatible avec les énergies (électricité et air comprimé) mises à dispositions dans le hall principal du bâtiment 122 et détaillées dans le paragraphe 4.6.

Les soumissionnaires incluront un descriptif technique du système de refroidissement dans leur offre technique mentionnant la puissance froide nécessaire, les débits, pressions et température de fonctionnement (estimées) du système.

7. Etudes détaillées

7.1 Design mécanique

Le Titulaire est en charge de réaliser le design détaillé de l'Equipement et de l'option 1 le cas échéant. Le Titulaire est en charge de la réalisation du modèle 3D définitif et de tous les plans de fabrication.

7.2 Outillages divers

La définition et la réalisation des outillages nécessaires à l'exécution de la prestation incombent au Titulaire. Il est notamment laissé à l'appréciation de celui-ci le nombre d'outillages à prévoir et les protections des interfaces nécessaires.

7.3 Contrôle commande, acquisition et Interface Homme Machine (IHM)

Le Titulaire est en charge de la définition du contrôle commande, du système d'acquisition et de l'Interface Homme Machine.

Cela inclut toutes les procédures et notes de fonctionnement, la définition des équipements nécessaires au bon fonctionnement, les plans de circuit de commande, ainsi que les manuels d'utilisation.

7.4 Validation des études

Une revue de validation des études (FDR, voir paragraphe 13.3.2) devra être organisée afin de valider le design détaillé de l'Equipement, avant le lancement en production. Cette étape constitue un point d'arrêt (HP1) .

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 25 / 35
	SAFIRS-00910-C	

8. Fabrication

8.1 Matière première

Un certificat matière de type 3.1 suivant la norme ISO 10204 doit être fourni pour toutes les matières premières utilisées pour la construction de l'enceinte à vide et ou soumises aux cycle de traitement thermique. Sinon, un certificat matière de type 2.1 est suffisant.

Les matériels du commerce (visserie ...) doivent être fournis avec un certificat de conformité.

8.2 Accessoires de levage

Le Titulaire devra fournir notamment un jeu complet d'anneaux de levage et d'élingues, afin de permettre de lever le four et/ou ses composants associés et/ou le système de refroidissement par eau l'Équipement.

L'ensemble des accessoires de levage devra être accompagné des certificats de conformité correspondants et marqués CE.

9. Installation, mise en service, contrôles et essais

9.1 Généralités

Le CEA se réserve le droit d'être présent ou de se faire représenter par l'organisme de son choix lors des contrôles, dans les locaux du titulaire ou de ses sous-traitants. Le CEA devra être prévenu au moins 5 jours ouvrables à l'avance du déroulement des contrôles et essais.

Il est de la responsabilité du titulaire de réaliser tous les contrôles intermédiaires qu'il juge nécessaires pour la réalisation de la présente prestation, conformément aux exigences du Cahier des Charges et de ses annexes associées.

Tous les contrôles décrits dans ce cahier des charges et annexes associées sont obligatoires.

Le Titulaire doit fournir tout outillage, équipement et personnel nécessaire à la bonne exécution des tests définis dans le cahier des charges et annexes associées.

Les tests en usine permettent de déterminer si l'équipement respecte entièrement les critères définis dans ce cahier des charges et annexes associées. Si les tests démontrent que l'un quelconque des points de ce cahier des charges et annexes associées n'est pas respecté, le Titulaire doit apporter les corrections nécessaires et les tests sont alors renouvelés à ses frais.

Les procédures des différents contrôles sont envoyées au CEA dans le dossier de fabrication décrit au paragraphe 14.2.5. La validation écrite du CEA intervient dans un délai de 2 semaines à compter de la réception des documents. Les contrôles ne peuvent pas être effectués sans cette approbation du CEA. Le dossier de fabrication devra être mis à jour avec ces procédures.

Les résultats des contrôles sont communiqués au CEA dans un délai maximum d'une semaine après leur réalisation.

La validation écrite du CEA intervient dans un délai de 2 semaines à compter de la réception des résultats.

9.2 Contrôles en usine

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 26 / 35
	SAFIRS-00910-C	

Ces contrôles et essais en usine constituent le point d'arrêt HP3 mentionné à l'article 12.

9.2.1 Contrôles dimensionnels

Les cotes fonctionnelles et leurs tolérances telles que définies dans les plans de détail doivent être contrôlées avec des équipements adaptés.

Le procès-verbal de contrôle mettra en évidence toutes les cotes avec leurs valeurs mesurées et leur écart par rapport aux tolérances imposées.

Une procédure de contrôle doit être fournie au CEA pour validation.

9.2.2 Essais de fonctionnement en usine

Des essais de fonctionnement de l'Équipement seront réalisés en usine et en présence du CEA. Toutes les fonctions seront testées, y compris toute la partie contrôle commande, système d'acquisition et IHM. Les performances à atteindre sont celles décrites dans ce cahier des charges et ses annexes associées.

Une procédure de contrôle doit être fournie au CEA pour validation.

Les essais de fonctionnement seront réalisés avec un mannequin dont la conception et la réalisation incombent au Titulaire.

Ce mannequin devra permettre de vérifier l'atteinte des critères d'homogénéité en température définis dans le paragraphe 4.3.

Ce mannequin fait partie de la fourniture de l'Équipement et sera livré avec le four de traitement thermique. Il servira également aux essais de fonctionnement après installation du four dans les locaux du CEA.

L'argon nécessaire aux essais de fonctionnement en usine est à la charge du Titulaire.

Ces essais de fonctionnement seront à minima les suivants :

Essai n°1 : Définition du vide limite *usine* (V_{lu}) et du débit de fuite *usine* (Q_{fu})

- Démarrage de la pompe à vide et tirage au vide de l'enceinte étanche pendant 24h afin de définir le vide limite de l'enceinte ;
- Arrêt du pompage au vide et réalisation d'une remontée de pression d'une durée de 1 h.

Essai n°2 : Réalisation d'un cycle complet simulant l'utilisation normale du four de traitement thermique (C_{cu})

- Tirage au vide de l'enceinte étanche ;
- Remplissage par de l'argon ;
- Mesure du TO_2R ;
- Après atteinte du critère du TO_2R , réalisation d'un cycle de chauffage, identique à celui décrit au paragraphe 4.1.

9.3 Installation et essais sur site

Le Titulaire est en charge de l'installation de l'Équipement au CEA. Le Titulaire devra venir avec tous les outillages nécessaires.

Le CEA devra être prévenu au moins 2 semaines à l'avance de la date de l'installation. Une réunion de sécurité sera organisée avec les responsables de la sécurité du CEA.

Une gamme d'assemblage complète devra être envoyée 2 semaines avant l'assemblage, décrivant toutes les opérations prévues.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 27 / 35
	SAFIRS-00910-C	

Des essais de fonctionnement seront réalisés afin de vérifier la conformité de l'installation de l'Équipement en utilisant de nouveau le mannequin décrit au paragraphe 9.2.2, l'argon nécessaire à la mise en service étant à la charge du CEA. Ces essais de fonctionnement seront à minima les suivants :

Essai n°1 : Définition du vide limite *mise en service* (V_{lims}) et du débit de fuite *mise en service* (Q_{fms})

- Démarrage de la pompe à vide et tirage au vide de l'enceinte étanche pendant 24h afin de définir le vide limite de l'enceinte ;
- Arrêt du pompage au vide et réalisation d'une remontée de pression d'une durée de 1 h.

Essai n°2 : Réalisation d'un cycle complet simulant l'utilisation normale du four de traitement thermique

- Tirage au vide de l'enceinte étanche ;
- Remplissage par de l'argon ;
- Mesure du TO₂R ;
- Début du cycle de chauffage si le TO₂R est inférieur au critère :
 - Rampe depuis la température ambiante jusqu'à 210°C, rampe de montée de 25°C/h ;
 - Plateau à 210°C pendant 24h ;
 - Rampe depuis 210°C jusqu'à 400°C, rampe de montée de 50°C/h ;
 - Plateau à 400°C pendant 24h ;
 - Rampe depuis 400°C jusqu'à 665°C, rampe de montée de 50°C/h.
 - Plateau à 665°C pendant 24h ;
 - Descente en température, de 665°C à la température ambiante sur l'inertie thermique du four en n'excédant pas une vitesse de refroidissement de plus de 45°C/h.

Aucun accès à Internet ne sera possible pour l'Équipement lors de son installation et pendant une durée d'un mois après cette dernière, le temps pour le CEA de réaliser toutes les interventions sur le réseau afin de permettre la connexion de l'Équipement. Ces interventions sont transparentes vis-à-vis de la mise en service de l'Équipement dont les essais n°1 et 2 peuvent être réalisés en parallèle. La réception de l'Équipement ne pourra être prononcée qu'après avoir testé la connectivité de l'Équipement.

10. Formation

La formation sera effectuée par le Titulaire et terminée au plus tard à l'issue des essais de l'Équipement sur le site du CEA et portera sur :

- La sécurité ;
- Le fonctionnement de la machine :
 - Principe de fonctionnement ;
 - Procédures de mise en service et d'arrêt de l'installation et de cet équipement
 - Marche à suivre en cas de dysfonctionnements.
- L'étalonnage ;
- La mise en place de fichiers de configurations ;
- Les réglages, l'entretien courant et la maintenance de l'équipement dans son ensemble ;
- La formation sur le logiciel de pilotage ;
- La formation à l'utilisation de l'équipement.

Le nombre de journées et le contenu seront détaillés par le soumissionnaire. Il est prévu de réaliser la formation (environ 10 personnes) lors des essais validant la mise en service de l'Équipement (et décrits au paragraphe 9.3).

11. Réception de l'équipement

La réception de l'Équipement est prononcée par le CEA après satisfaction des conditions suivantes :

- La réalisation satisfaisante des essais et contrôles en usine ;
- La livraison de l'Équipement sur le site du CEA/Saclay ;

- L'absence de dégât matériel survenu lors du transport ;
- L'installation et les essais sur site pour la mise en service de l'Équipement sur le site du CEA/Saclay ;
- La validation par le CEA de l'ensemble des livrables documentaires associés ;
- La formation terminée ;
- La connectivité fonctionnelle.

12. Calendrier prévisionnel

Le planning devra indiquer, à partir de T0 (signature de la commande), les différentes étapes. Ce calendrier doit également justifier l'adéquation entre les délais sur lesquels s'engage le Titulaire et les ressources affectées à l'exécution de la prestation.

Un planning détaillé et réactualisé de la prestation devra ensuite être soumis au CEA lors de la réunion d'enclenchement.

Le planning prévisionnel souhaité est indiqué dans le tableau ci-après. Les délais indiqués dessous sont indicatifs et souhaités par le CEA. Dans son offre, chaque soumissionnaire veillera à s'en approcher ou à les optimiser.

REF	Etapes	Dates estimées	Livrables
SIG	Signature du marché	T0	Marché
MS1	Réunion d'enclenchement	T0 + 2 semaines	Planning prévisionnel à jour PAQ
HP1	Final Design Review (FDR)	T0 + 6 mois	Modèle 3D final Plans de détail mécaniques Schémas électriques Notes de calculs ou nécessaires à la validation des études Notes de fonctionnement Manuel d'utilisation préliminaire
HP 1 validation de la FDR par le CEA = T1			
HP2	Production Readiness Review (PRR)	T 1 + 1 mois	Prise en comptes des éventuels commentaires émis par le CEA lors de la FDR Procédures de fabrication et de contrôle Toute la documentation nécessaire à la fabrication LDA et LOFC
HP 2 validation de la PRR par le CEA = T2			

MS2	Livraison des composants principaux pour la fabrication	T 2 + 2 mois	Certificat matière et preuve de livraison
HP3	Contrôles et essais en usine	T 2 + 7 mois	PV de contrôle signés par les deux parties
HP 3 validation des tests en usine par le CEA =T3			
MS3	Installation au CEA de Saclay	T3 + 4 mois	Livraison et installation de tous les composants Mise en service Formation du personnel CEA Livraison de toute la documentation

Les HP (points d'arrêt) feront l'objet d'un PV signé par les deux parties afin d'autoriser la suite du marché. En particulier, le Titulaire ne pourra pas lancer la fabrication de l'Equipement sans la signature d'un PV pour les HP1 et 2.

Suite à la fabrication de l'Equipement, des contrôles et essais en usine sont réalisés et font l'objet d'un PV signé par les parties (HP3). Ceci conditionnera l'emballage de l'Equipement pour livraison au CEA.

Les MS sont des étapes qui devront être suivies dans le planning fourni par le Titulaire.

Si le Titulaire détecte la moindre déviation d'un HP ou d'un MS, il devra immédiatement alerter le CEA et prendre toutes les mesures possibles pour réduire l'impact d'un décalage sur les jalons finaux.

13. Suivi du marché

13.1 Correspondance

Tout changement d'interlocuteur durant l'exécution de la prestation, doit être notifié par écrit à l'autre partie.

- Correspondant technique du Titulaire

Le Titulaire nomme un responsable technique de l'exécution de la prestation et de son suivi pendant toute la durée de celle-ci. Cette personne possède la qualité d'interlocuteur privilégié du CEA.

- Correspondants du CEA

Les correspondants du CEA sont les suivants :

- Correspondants techniques :
 - Thibault GENESTIER, +331 69 08 49 85, thibault.genestier@cea.fr
 - Gaël DISSET, +331 69 08 52 15, gael.disset@cea.fr
- Correspondant commercial :
 - Laurence de la Roulière, +331 69 08 37 24, laurence.delarouliere@cea.fr

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 30 / 35
	SAFIRS-00910-C	

13.2 Rapport d'avancement

Le Titulaire devra transmettre au CEA un rapport d'avancement par email au moins une fois toutes les deux semaines.

13.3 Réunions

En fonction des conditions sanitaires en vigueur, certaines de ces réunions pourront être tenues en visioconférence, pour tout ou partie des participants.

A l'exception de la réunion d'enclenchement, le Titulaire est en charge de la rédaction des comptes rendus de réunion. Ils devront être transmis au CEA au maximum une semaine après la tenue de la réunion pour commentaires et validation.

13.3.1 Réunion d'enclenchement

La réunion de lancement pourra avoir lieu soit à Saclay, soit chez le Titulaire et à une date conforme au calendrier prévisionnel (paragraphe 11). Le CEA doit rédiger le compte-rendu de la réunion.

Le planning et le PAQ (Plan d'Assurance Qualité) devront être fournis et présentés au CEA au cours de cette réunion.

L'ordre du jour de la réunion sera :

- Présentation des deux parties, le CEA et le Titulaire ;
- Confirmation des spécifications techniques ;
- Confirmation des différents jalons du contrat ;
- Liste des données d'entrée nécessaires au Titulaire pour commencer les activités ;
- Présentation du planning du Titulaire ;
- Présentation du PAQ du Titulaire.

13.3.2 Final Design Review (FDR)

La FDR pourra avoir lieu soit à Saclay, soit chez le Titulaire et à une date conforme au calendrier prévisionnel (paragraphe 11). Les documents pour cette revue, en particulier le modèle 3D à jour, les plans de détails et les notes de fonctionnement devront avoir été transmis au CEA 5 jours au minimum avant la date de cette revue. Cette revue constitue le point d'arrêt HP1.

L'ordre du jour de la FDR est :

- Revue du modèle 3D ;
- Revue des plans détaillés ;
- Schémas électriques ;
- Revue des éventuelles notes (calculs, documents d'études) ;
- Revue des notes de fonctionnement (contrôle commande, système d'acquisition, IHM, ...) ;
- Présentation des choix techniques pour la fabrication ;
- Revue des aspects « Nettoyage » de la tuyauterie ;
- Présentation et revue des interfaces entre l'équipement et l'infrastructure du CEA ;
- Présentation de la LOFC ;
- Présentation du PAQP ;
- Point d'avancement, mise à jour du planning et vérification du respect du planning.

13.3.3 Production Release Review (PRR)

La PRR pourra avoir lieu soit à Saclay, soit chez le Titulaire et à une date conforme au calendrier prévisionnel (paragraphe 1112). Les documents pour cette revue, devront avoir été transmis au CEA 5

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 31 / 35
	SAFIRS-00910-C	

jours au minimum avant la date de cette revue. Cette revue constitue le point d'arrêt HP2. La fabrication ne pourra débuter qu'après la levée des points d'arrêt HP1 et HP2.

L'ordre du jour de la PDR est :

- Vérification que les éventuels commentaires et remarques faits suite à la FDR ont bien été pris en compte dans le modèle 3D, les plans de détails et les éventuelles notes associées ;
- Revue de toutes les procédures de fabrication et de contrôle ;
- Revue du PAQP ;
- Revue de la LOFC ;
- Revue de la LDA ;
- Point d'avancement, mise à jour du planning et vérification du respect du planning.

13.3.4 Réunions d'avancement

Des réunions d'avancement complémentaires (à l'occasion de chaque étape importante du projet) pourront être organisées par le Titulaire ou le CEA. L'ordre du jour sera fixé lors de la demande de réunion.

13.4 Inspection, visite et audit du site de fabrication

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

Plusieurs visites de représentants du CEA sont à prévoir, notamment en vue des essais et contrôles techniques en usine.

En cas de désaccord éventuel sur les résultats des essais et contrôles, le CEA se réserve le droit de faire appel à un organisme extérieur afin que celui-ci procède à une expertise.

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

13.5 Sous-traitance

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

14. Livrables documentaires

Dans le cadre de l'exécution du marché, le Titulaire remet au CEA les livrables documentaires mentionnés ci-après.

14.1 Livrables à remettre à la réunion d'enclenchement

Lors de la réunion d'enclenchement, le Titulaire doit fournir :

- Un plan d'assurance de la qualité (PAQ) ;
- Un calendrier détaillé ;
- La liste des sous-traitants éventuels et des opérations sous-traitées.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 32 / 35
	SAFIRS-00910-C	

14.2 Livrables liés aux études et à la fabrication

14.2.1 Plans

Le Titulaire est en charge de réaliser tous les modèles 3D et les plans de fabrication.

Le Titulaire devra transmettre au CEA pour validation et gestion des interfaces le modèle 3D définitif (en format .stp ou un format natif Siemens NX), et les plans 2D (en format .pdf et format natif).

Les Soumissionnaires indiqueront dans leur offre le logiciel de CAO utilisé.

14.2.2 Schémas électriques

Le Titulaire est en charge de réaliser tous les schémas électriques.

14.2.3 Notes de fonctionnement

Le Titulaire est en charge de toutes les notes de fonctionnement ainsi que de la rédaction des manuels utilisateurs.

Le Titulaire est en charge de la documentation sur l'évaluation des risques, décrivant la procédure suivie, y compris :

- Une liste des règles techniques qui s'appliquent à la machine ;
- Une description des mesures de protection mises en œuvre afin d'éliminer les dangers recensés ou de réduire les risques et, le cas échéant, une indication des risques résiduels liés à la machine.

14.2.4 Documents complémentaires pour la validation des études

Le Titulaire joindra aux plans toutes les notes qu'il jugera nécessaire à la validation des études. En particulier :

- Notes de calcul ;
- Notes explicitant les différents choix techniques faits ;
- Les normes et autres spécifications techniques utilisées, en précisant les règles techniques couvertes par ces normes ;
- La liste des composants de rechange et leur criticité sur le fonctionnement de l'Équipement, ainsi que les coûts et délais d'approvisionnement.

14.2.5 Dossier de fabrication

Le Titulaire remet les livrables documentaires suivants, associés à la fabrication des pièces :

- Les procédures comprenant *a minima* :
 - Le PAQP,
 - La LOFC,
 - Les procédures de fabrication,
 - Les procédures d'essais et contrôles,
 - La procédure d'emballage.
- La liste des outillages nécessaires et leur description ;
- La liste des tâches effectuées par un sous-traitant ;
- La liste des documents applicables (LDA).

14.3 Dossier final

Le Titulaire devra fournir un dossier fournisseur complet.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 33 / 35
	SAFIRS-00910-C	

En plus des documents (dans toutes leurs versions utilisées pour la fabrication) fournis lors de la FDR et de la PRR, le dossier fournisseur doit comprendre :

- Les versions finales et définitives de tous les documents listés au paragraphe 14.2 et décrits dans ses sous-paragraphe ;
- La notice d'utilisation de l'Équipement ;
- Les codes sources des logiciels et automates permettant au CEA d'assurer la maintenabilité de l'équipement au cours des années ;
- Les « certificats matière » de tous les matériaux approvisionnés par le Titulaire et utilisés dans le processus de fabrication ;
- Le cas échéant, les certificats de traitements de surface réalisés ;
- Le cas échéant, une déclaration d'incorporation relative aux quasi-machines incluses et les notices d'assemblage pertinentes qui concernent celles-ci ;
- Le cas échéant, une copie de la déclaration CE de conformité de la machine ou d'autres produits incorporés dans la machine ;
- Une copie de la déclaration CE de conformité ;
- La plaque de conformité CE ;
- Le livret suiveur de chaque élément ou groupe d'éléments avec toutes les opérations effectuées durant la fabrication. Ce livret inclut les éléments suivants :
 - Les résultats de tous les essais et contrôles,
 - Les procès-verbaux (PV) correspondants.
- Les éventuelles photographies illustrant les étapes de fabrication ;
- La liste des tâches effectuées par un sous-traitant (le cas échéant) associées au nom de la société sous-traitante ;
- La LOFC complétée ;
- Le PAQP complété ;
- Les éventuelles dérogations ;
- Les éventuelles fiches de non-conformité ;
- Les éventuelles fiches de suivi des modifications ;
- Le bilan carbone de l'équipement (déclaratif).

Les autres documents constitutifs du dossier de fabrication sont à remettre au plus tard à la livraison des pièces sur le site de Saclay, et à incorporer dans un dossier final de fabrication avec les livrables documentaires remis précédemment.

Toutes les versions des différents documents utilisées durant la fabrication et/ou listées dans le PAQP, la LOFC ou la LDA devront être incluses dans le dossier de fabrication. Les différentes versions de la LDA devront être incluses dans le dossier.

14.4 Format des livrables documentaires

Le Titulaire présente les livrables :

- Rédigés en langue française ;
- Pour les versions intermédiaires, sur simple demande du CEA : au format Word ou PDF, sur support électronique (courriel, clé USB, ...) ;
- Pour les versions finales, validées par le CEA : au format Word ou PDF, sur support électronique (courriel, clé USB) ainsi qu'un tirage sur support papier.

Le dossier final de fabrication doit être remis à la livraison sur le site du CEA Paris-Saclay et sur des supports compatibles avec ceux utilisés par le CEA.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 34 / 35
	SAFIRS-00910-C	

15. Assurance de la qualité et exigences environnementales

15.1 Plan d'assurance de la qualité

Le Titulaire établit un Plan Assurance Qualité Particulier (PAQP) relatif à sa fourniture, conformément aux exigences de la norme ISO 9001 : 2015, complétées par les procédures particulières du présent cahier des charges.

Si le Titulaire n'est pas certifié ISO 9001 : 2015, il définit l'organisation mise en place pour traiter ce marché et suivre ses sous-traitants, l'organisation du personnel et la justification de sa qualification, les interfaces, la prise en considération des exigences formulées par le CEA, l'établissement des révisions successives des documents relatifs à la prestation considérée.

Dans tous les cas, le Titulaire doit remettre un Plan d'Assurance Qualité Particulier (PAQP) qui sera complété par une liste des documents qualité que le Titulaire utilise pour répondre aux exigences du présent cahier des charges.

Le Titulaire s'assure que tous ses sous-traitants respectent les dispositions du PAQP.

Ce plan inclut :

- La nomination d'un représentant en charge du suivi de ce marché, du CEA et du Titulaire ;
- La rédaction des rapports de contrôle sous une semaine maximum après la réalisation desdits contrôles ;
- L'envoi du rapport de non-conformité au CEA sous 5 jours maximum après la constatation du défaut ;
- La liste de tous les composants, fourniture, matière première et opérations de réalisation pour traçabilité ;
- La référence physique des différents composants ;
- Mise en place et description de la gestion de la qualité utilisée pour le marché sous un délai de 3 semaines après la signature du marché. Ce système de gestion de la qualité décrit en particulier comment les non-conformités et les changements doivent être traités. Le système de management de la qualité doit être approuvé par le CEA.

Le CEA se réserve la possibilité d'effectuer à tout moment des vérifications concernant l'application de ce PAQP par le Titulaire.

15.2 Gestion des non-conformités

Toute non-conformité doit être signalée sans délai au CEA et documentée par un rapport de non-conformité (NCR). Dans cette hypothèse, le Titulaire doit proposer des mesures correctives (lorsque cela est possible), et des mesures préventives pour éviter une répétition des défauts constatés.

Toute poursuite d'activité sur un élément ayant fait l'objet d'une non-conformité ne peut intervenir qu'après accord écrit du CEA.

Le Titulaire tient à jour la liste exhaustive de toutes les non-conformités établies au cours de la prestation. Le statut des non-conformités et la mise en œuvre de méthodes préventives et/ou correctives doivent être discutés et examinés au cours des réunions d'avancement.

Les livrables associés à des non-conformités comprennent:

- Le détail de la non-conformité ;
- Le document formalisant l'accord du CEA concernant la décision/conduite à tenir pour la résolution de la non-conformité ;
- La preuve de la résolution de la non-conformité, incluant l'analyse.

	PACIFICS – 06 - Cahier des charges d'un four de traitement thermique	Page 35 / 35
	SAFIRS-00910-C	

15.3 Gestion des modifications

Toute modification (de design, de mode ou de gamme de fabrication, de matière, de traitement, etc) doit faire l'objet d'une traçabilité.

Les modifications peuvent être proposées à l'initiative de l'une ou l'autre des parties par le biais d'une demande de modification comportant les éléments suivants :

- La motivation de la modification proposée ;
- Les détails techniques de la modification proposée ;
- Les conséquences de la modification proposée.

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

15.4 Exigences environnementales

Les exigences environnementales ont pour objet toutes les dispositions nécessaires devant être prises pour l'intégration de l'Équipement dans le cycle environnemental : innocuité des composants et des consommables, réutilisation des composants associés.....

La fin de vie de l'Équipement devra être prise en compte dans la conception ainsi le Titulaire fournira des indicateurs qui seront à minima les suivants :

- La fourniture de la procédure de démontage,
- La liste des matériaux pouvant être triés pour réemploi ou recyclage.

Le Titulaire devra fournir à titre indicatif un bilan carbone de l'Équipement.

Le Titulaire devra fournir au CEA la liste de tous les déchets potentiels qui pourraient provenir de l'utilisation de l'Équipement.

Des matériaux recyclables pour l'emballage de l'Équipement sont à prévoir.

16. Confidentialité

Tous les documents communiqués au Titulaire devront être considérés comme confidentiels et ne pourront être divulgués à des tiers qu'avec l'accord du CEA.

Le Titulaire devra de même préciser pour chacun des documents et informations qu'il produira et mettra à la disposition du CEA durant le contrat, le caractère confidentiel de ces derniers. Les modalités devront alors être discutées avec le CEA.