



*CCTP de la fourniture et de la
livraison de 172 demi-cadres*

Page 1 sur 23



***Cahier des Clauses Techniques Particulières de la
fourniture et de la livraison de 172 demi-cadres***



GLOSSAIRE

DUNE	Deep Underground Neutrino Experiment
FD2	Far Detector 2
SURF	Sanford Underground Research facility
IN2P3	Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules
IJCLab	Irene Joliot Curie Laboratoire
Vertical Drift	Dérive des électrons suivant un axe vertical
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CRP	Channel readout Plane - plan de lecture de charge par canaux
kV	Kilo Volt
X-Ar	Module de détection de photons X-Arapuca
Cross ribs	Raidisseurs
Spare	Quantité rajoutée par sécurité
Lengthwise :	Sens longitudinal aux fibres
K	Kelvin
FE	électronique primaire (Front-End)

Liste des annexes :

- Annexe A1 : Caractéristiques des matériaux employés pour la fabrication des demi-cadres
- Annexe A2 : Liste et références des plans de définition de toutes les pièces mécaniques
- Annexe A3 : Liste et références des plans d'assemblage et tests des demi-cadres
- Annexe A4 : Liste et références des plans pour l'emballage et caisse de transport

SOMMAIRE

1. Objet du présent cahier	5
2. Présentation du projet.....	5
2.1. Présentation du CNRS et de l'IJCLab	5
2.2. Contexte	5
3. Description du produit : le demi cadre.....	7
3.1. Spécifications particulières.....	8
3.2. Paramètres importants.....	9
4. Description de la prestation à réaliser	9
5. Eléments fournis par IJCLAB	10
5.1. Supports oreilles à encoches	10
5.2. Outillage pour vérification de l'emboitement	10
5.3. Caisses de transport.....	10
6. Etendue de la fourniture.....	10
7. Documents de référence	11
8. Assurance Qualité	11
8.1. Exigences générales	11
8.2. Audits / Vérifications	11
9. Spécifications techniques de réalisation	11
9.1. Nature des matériaux	11
9.2. Caractéristiques mécaniques, usinage et réalisation mécanique	12
9.3. Contrôle dimensionnel.....	12
9.3.1 Contrôle des pièces	12
9.3.2 Contrôle des demi-cadres assemblés	12
9.4. Nettoyage et contrôle de la propreté.	12
9.5. Manipulation et conditionnement.....	13
9.6. Assemblage par collage	13
9.7. Assemblage par vissage	13
9.8. Contrôle d'emboitement	13
9.9. Contrôle de déformation.....	14
9.10. Contrôle d'étiquetage.....	14
10. Recettes usines	14
10.1. Pré-recette usine n°1	14
10.2. Recettes usine suivantes	14
11. Livraison.....	15
11.1. Stockage des demi-cadres hors emballage	15
11.2. Emballage	15
11.3. Transport	16
12. Suivi de la prestation.....	16
13. Livrables.....	16
14. Réception définitive et garantie.....	17
15. Conditions d'exécution et délais	17
15.1. Organisation et suivi de contrat	17
15.2. Délais d'exécution	18
Annexe A1.....	20
Caractéristiques des matériaux employés pour la fabrication des demi-cadres	20
Annexe A2.....	21
Liste et références des plans de définition de toutes les pièces mécaniques	21
Annexe A3.....	22
Liste et références des plans d'assemblage et tests des demi-cadres	22
Annexe A4.....	23



Liste et références des plans pour l'emballage et caisse de transport.....	23
--	----

1. Objet du présent cahier

Le présent Cahier des Charges Techniques Particulières (CCTP) a pour but de décrire les exigences techniques contractuelles qui s'appliquent à :

- La fabrication des composants,
- L'assemblage,
- La validation,
- La livraison,

pour construire des demi-cadres qui constitueront la cathode du « Far Detector n°2 » (FD2) dans le cadre du projet DUNE au laboratoire SURF (USA) à l'horizon 2027.

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

2. Présentation du projet

2.1. Présentation du CNRS et de l'IJCLab

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

L'IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules) est l'institut du CNRS dédié à la recherche en physique nucléaire et en physique des particules. Ces laboratoires mènent des recherches sur la structure et les propriétés du noyau atomique et les constituants élémentaires de la matière.

L'IJCLab (Laboratoire de Physique des 2 infinis Irène Joliot-Curie) est une UMR (Unité Mixte de Recherche) commune à l'IN2P3, à l'Université Paris-Saclay et l'Université Paris-Cité. Au sein de l'IJCLab, le pôle PHE (Physique des Hautes Energies) contribue à un large ensemble d'expériences sur les plus puissants accélérateurs du monde : Alice, Atlas, LHCb sur le LHC au CERN (Suisse), HADES à GSI (Allemagne), Belle-2 à KEK (Japon), JLAB/EIC à Jefferson Lab (USA) ou DUNE utilisant un faisceau produit à Fermilab (USA)

2.2. Contexte

Cette prestation s'inscrit dans le cadre du projet porté par IJCLab de la construction de la cathode pour l'expérience DUNE. Cet élément cathode est un composant majeur dans le fonctionnement à -300 kV du détecteur contenu dans un cryostat rempli d'argon liquide à -180°C et situé à 1500 m de profondeur (Cf. fig. 1 à 3). Les objectifs scientifiques de ce projet concernent le champ de la physique des particules fondamentale.

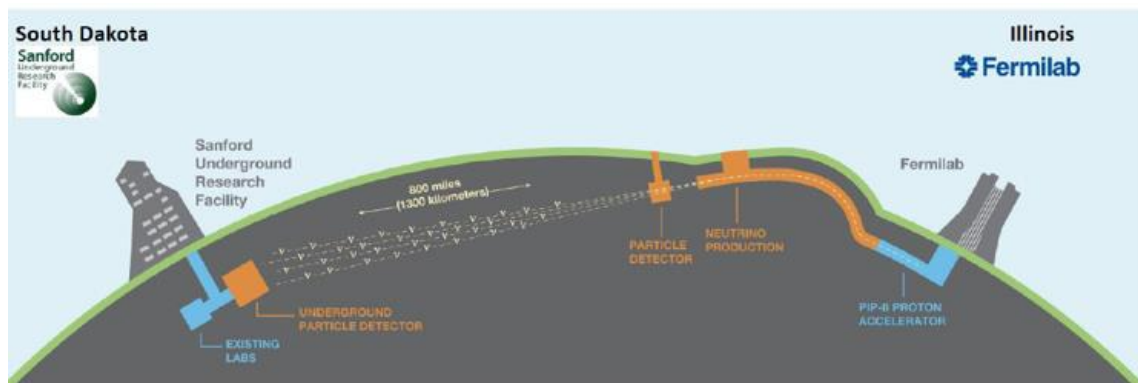


Figure 1 : Vue d'ensemble du principe « Far Detector DUNE » et du laboratoire SURF (USA) qui se trouve à 1300 km de la source de particules et à 1500 m sous terre pour filtrer le rayonnement cosmique.

Pour faciliter l'installation de la cathode dans le cryostat, cette dernière est composée de 80 cadres de 3 x 3.3 m². Ensuite pour diminuer les coûts de transport Europe USA et pour s'adapter aux conditions d'accès par ascenseur du puits de mine, chaque cadre de cathode est décomposé en 2 demi-cadres qui seront assemblés en souterrain avant l'insertion dans le cryostat.

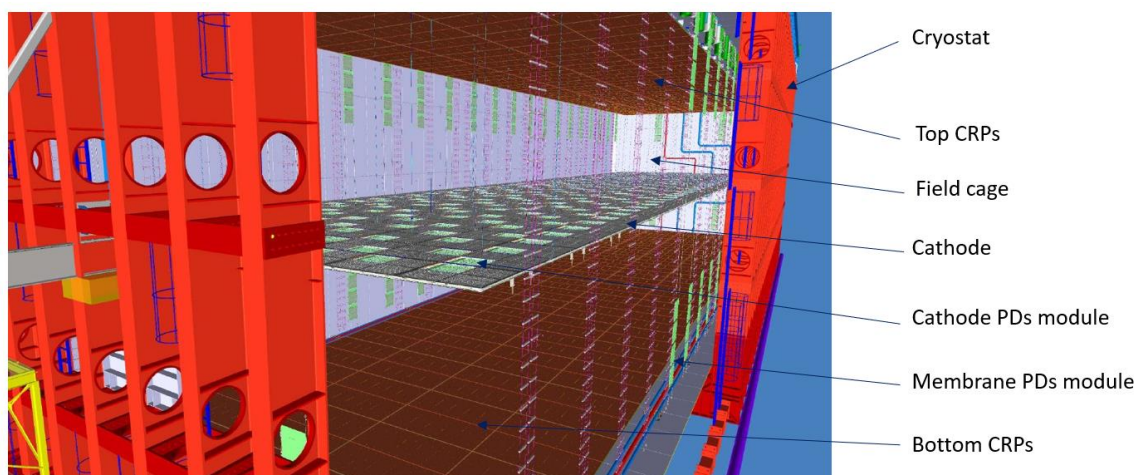


Figure 2 : Vue schématique du détecteur qui sera installé dans le cryostat. La cathode est suspendue à mi-hauteur et à équidistance de 2 plans d'anode (CRP). Elle est portée à un potentiel de -300 kV pour contribuer à la dérive des électrons vers les CRPs et supporte des modules Photo Détecteur capables de détecter des photons.

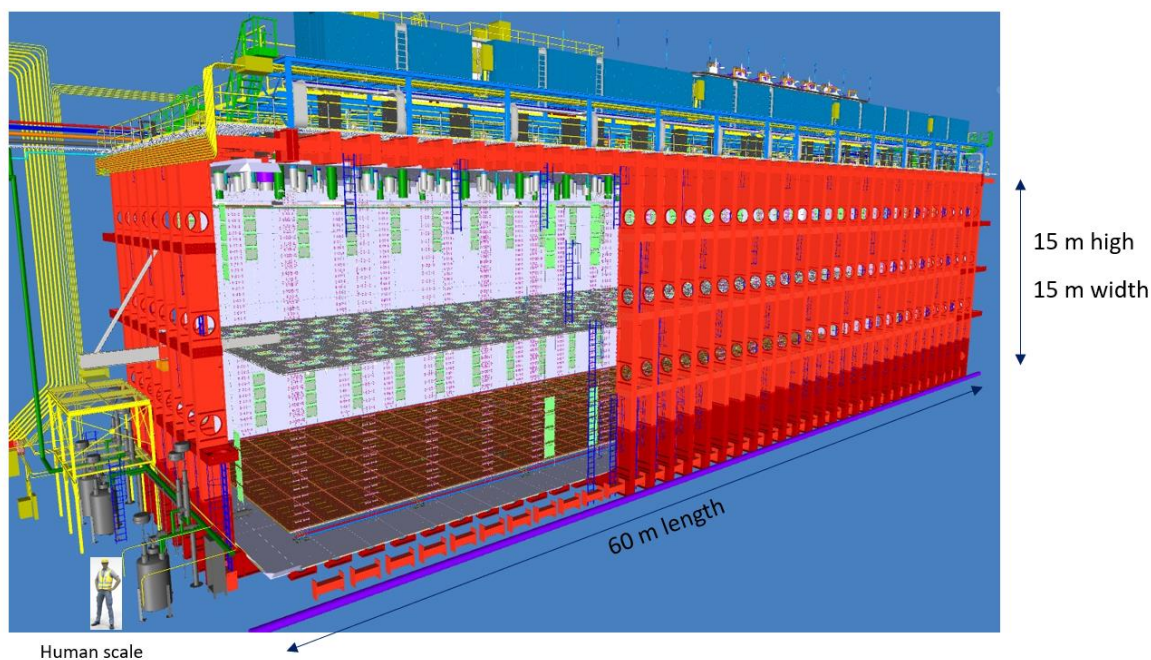


Figure 3 : Vue CAO du cryostat contenant le détecteur et les 17500 tonnes d'argon liquide. La dimension active du détecteur est de 60 x 15 x 15 m³.

3. Description du produit : le demi cadre

Le demi-cadre est une structure composée de plus de 267 pièces, principalement en matériaux composites à base de fibre de verre et de résine polyester et/ou époxyde. Chaque pièce peut être extraite de profilés, de plaques ou de blocs, qui sont ensuite usinés à façon suivant des plans de définition définis par IJCLAB. Ces pièces sont assemblées par emboîtement, vissage et/ou collage suivant des plans de définition définis par IJCLAB. Les dimensions générales hors-tout d'un demi-cadre sont de 1.66 x 2.94 m² et de 60 mm d'épaisseur. Le produit final est constitué d'un demi-cadre, 6 cross ribs, 4 platines à encoches (oreilles) (Cf. fig 4).

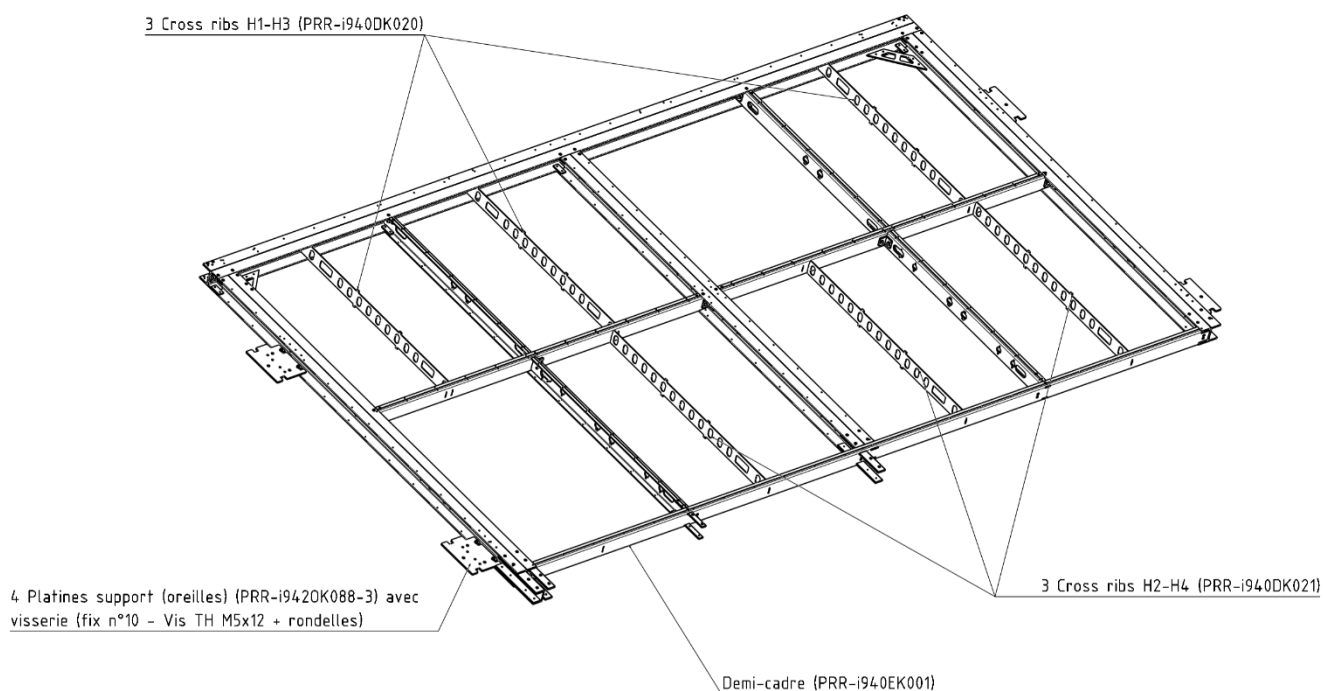


Figure 4 : Vue du produit final. Un demi-cadre, trois cross ribs, 4 platines à encoches (oreilles)

La liste des composants (hors visserie), la matière et le numéro de plan correspondant est décrite dans le tableau 1.

Le tableau 2 indique la liste de la visserie à approvisionner.

Ces informations sont reprises dans les dossiers de plans des annexes A2 et A3.

Tableau 1 ANNEXE A2	n° fichier plan PDF et CAO STEP	Matière (Annexe A1)	n° plan	quantité / demi cadre
Pieces demi cadres	Plan-A2_1-PRR-i940DK001-middle_bar-13082024	n°1	PRR-i940DK001	1
	Plan-A2_2-PRR-i940DK002 - side bar-13082024	n°1	PRR-i940DK002	2
	Plan-A2_3-PRR-i940DK003-Cadre-H_2948_topbar-13082024	n°1	PRR-i940DK003	1
	Plan-A2_4-PRR-i940DK004-cadre_U_729_shortcrossH-13082024	n°2	PRR-i940DK004	2
	Plan-A2_5-PRR-i940DK005-cadre_U_907_shortcrossU-13082024	n°2	PRR-i940DK005	2
	Plan-A2_6-PRR-i940DK006-cadre_U_1354_longcross-13082024	n°2	PRR-i940DK006	2
	Plan-A2_7-PRR-i940DK007-cadre_U_2788_midhalf-13082024	n°2	PRR-i940DK007	1
	Plan-A2_8-PRR-i940DK008rep1-cadre-HalfJunctions_U-13082024	n°1 et n°4	PRR-i940DK008rep1	1
	plan-A2_9-PRR-i940DK008rep2-cadre-HalfJunctions_plate-05032024	n°4	PRR-i940DK008rep2	4
	Plan-A2_10-PRR-i940DK008rep3-cadre-HalfJunctions_CC_plate-05032024	n°4	PRR-i940DK008rep3	2
	Plan-A2_11-PRR-i940DK009rep1-angle_1_hole-05032024	n°2	PRR-i940DK009rep1	16
	Plan-A2_12-PRR-i940DK009rep2-angle_2_holes-13082024	n°2	PRR-i940DK009rep2	3
	Plan-A2_13-PRR-i940DK009rep3-angle_4_holes-05032024	n°2	PRR-i940DK009rep3	2
	Plan-A2_14-PRR-i940DK010-plaque_liaison_CC-05032024	n°3	PRR-i940DK010	2
	Plan-A2_15-PRR-i940DK011rep1-cadre-plat_renforts_HC-05032024	n°3	PRR-i940DK011rep1	12
	Plan-A2_16-PRR-i940DK011rep2-cadre-plat_renforts_HH-05032024	n°3	PRR-i940DK011rep2	12
	Plan-A2_17-PRR-i940DK012-cadre-jambe_renfort_coin-05032024	n°3	PRR-i940DK012	2
Cross ribs support mesh	Plan-A2_18-PRR-i940DK020-crossribs-H1-13082024	n°4	PRR-i940DK020	3
	Plan-A2_19-PRR-i940DK021-crossribs-H2-13082024	n°4	PRR-i940DK021	3
Support oreilles	Plan-A2_20-PRR-i942OK088-3-Plaque de butee encoche -05032024	Aluminium 2017	PRR-i942OK088-3	4

Tableau 1 : liste des composants d'un demi-cadre (hors visserie)

Tableau 2	Designation composants	Matière	Norme	quantite / demi-cadre
Fixations et Visserie	vis FHC M4x10	Acier Inox A4	DIN 7991	82
	vis FHC M4x14	Acier Inox A4	DIN 7991	16
	vis CHC M4x12	Acier Inox A4	DIN 912	4
	vis CHC M6x12 *	Acier Inox A4	DIN 912	10
	vis CHC M6x16 *	Acier Inox A4	DIN 912	4
	vis CBHC M6x16 *	Acier Inox A4	DIN 912	8
	vis CHC M6x20 *	Acier Inox A4	DIN 912	3
	vis CHC M6x25 *	Acier Inox A4	DIN 912	4
	vis TH M5x12 *	Acier Inox A4	DIN 933	8
	ecrou hexagonal M6	Acier Inox A4	DIN 934	15
	Rondelle 5 eventail dent.ext. AZ	Acier Inox A2 min	NFE 27-625	8
	rondelle 6 etroite plate Z	Acier Inox A4	NF25-513	44

Tableau 2 : liste de la visserie utilisée pour l'assemblage d'un demi-cadre.

3.1. Spécifications particulières

Ces demi-cadres sont destinés à être assemblés par deux, leur capacité à s'emboîter est donc primordiale.

Ils seront ensuite suspendus horizontalement après avoir été équipés de près de 50 kg d'équipements scientifiques, tout en gardant une certaine planéité.

Enfin, ils seront immergés dans de l'argon liquide (88 K) pour plusieurs années (au moins 20) de fonctionnement. Leur résistance mécanique en flexion et en environnement cryogénique est donc essentielle.

Le type de la colle époxy (Araldite 2011) pour l'assemblage des demi-cadres et des matériaux pour la visserie (acier inoxydable type A4) et les pièces composites ont été choisis par IJCLab après études R&D et ne peuvent être modifiés.

3.2. Paramètres importants

Certaines caractéristiques et qualités sont importantes pour le projet et sont listées ci-dessous :

- Résistivité électrique des matériaux composites
- Raideur en flexion et traction
- Densité
- Coefficient d'expansion thermique
- Comportement au feu
- Etat de surface
- Aptitude en atmosphère cryogénique (88 K)
- Aptitude à la haute tension électrique (-300 kV)
- Tolérance géométrique telle que spécifiée sur plans
- Qualité de nettoyage des pièces et propreté
- Qualité d'assemblage et de collage
- Qualité de l'emboîtement de 2 demis-cadres
- Qualité d'emballage et de livraison

4. Description de la prestation à réaliser

La prestation concerne la fourniture et la livraison de **172 demi-cadres**.

Le Titulaire du marché s'engage à exécuter l'ensemble des prestations suivantes, conformément aux spécifications techniques du présent CCTP et dans le respect du calendrier d'exécution du paragraphe §15:

- Approvisionner toutes les matières premières nécessaires à la fabrication
- Approvisionner toute la visserie listée au tableau 2
- Réceptionner les éléments fournis par IJCLab (cf §5)
- Fournir les certificats matière pour la matière première avant et/ou après transformation, et démontrer la conformité avec les recommandations matériaux listées dans le document A1
- Fabriquer les composants mécaniques listés au tableau 1 et définis selon le dossier de plans [A2]
- Nettoyer les pièces mécaniques et assurer un niveau de propreté (cf §9.4)
- Assembler par pré-montage, collage et/ou vissage les demi-cadres suivant le dossier de plans [A3] et assurer les tests de conformité géométrique et dimensionnelle des demi-cadres.
- Assurer les tests de conformité à l'emboîtement (appairage) des demi-cadres (cf §9.8) à minima pour les 2 premiers demi-cadres
- Assurer les tests de conformité à la déformation en flexion sous charge (cf §9.9) à minima pour les 2 premiers demi-cadres
- Assurer la bonne réception et rendre compte de l'état des caisses de transport (cf §5.3)
- Assurer la traçabilité et repérage des demi-cadres et de leurs caisses de transport (cf §9.10)
- Emballer et stocker les demi-cadres en attente de transport partiel (cf §11.2)
- Transporter et livrer sur le site du laboratoire à Orsay (cf. §11.3)
- Assurer le suivi d'affaire (cf. §15.1.1)
- Produire un planning détaillé des différentes étapes de fabrication, à rendre pour la consultation de l'appel d'offre et à tenir à jour pendant la production

- Produire les dossiers de fabrication, de contrôle, de recette usine et de suivi

Les exigences pour cette réalisation concernent les paramètres et spécifications particulières indiquées aux §3.1 et §3.2

5. Éléments fournis par IJCLAB

5.1. Supports oreilles à encoches

Les éléments définis dans le dossier de plans [A2] n° i940DK088-3 seront fournis au Titulaire 8 semaines avant la production de l'assemblage des demi-cadres.

5.2. Outillage pour vérification de l'emboîtement

Le matériel de test nécessaire au contrôle d'emboîtement (cf §9.9 et plan A3_15) sera fourni au Titulaire avant la production de l'assemblage des demi-cadres.

5.3 Caisses de transport

Les caisses et mousses de calages internes seront fournies par IJCLab. Le planning de fourniture de ces caisses sera échelonné dans le temps dans le cas où le Titulaire ne pourrait pas toutes les stocker. Ainsi, les caisses nécessaires à chaque livraison seront envoyées au Titulaire 5 semaines avant chacune d'entre elles. Le Titulaire assurera la bonne réception des caisses de transport et avisera IJCLab de leur état à la réception par l'envoi d'un email dans un délai de 2 jours après réception.

L'annexe A4 fournit les plans de caisses et principe d'encaissement, pour information au Titulaire.

6. Etendue de la fourniture

Toutes les fournitures citées ci-dessous devront correspondre aux spécifications, procédures, règles et normes définies dans les présentes spécifications techniques.

- Plan de réalisation du système « demi-cadre » suivant les plans et les spécifications techniques de ce document. Les plans devront être approuvés par le responsable technique en charge de la réalisation de la prestation après validation par le responsable technique IJCLab.
- Liste des opérations de fabrication et de contrôle consultables (LOFC)
- Procédures de contrôle qualité, à tous les stades : approvisionnement matière, fabrication de l'outillage, composants, nettoyage, tests, emballage et livraison.
- Plan assurance qualité particulier (PAQp), de mise en œuvre et de suivi durant tout le contrat.
- Visserie et matière (colles) du commerce suivant spécifications en annexe [A2]
- Planning incluant la LOFC ainsi que les recettes.
- Pièces suivant les plans et spécifications.
- Demi-cadres assemblés suivant les plans et spécifications.
- Contrôles : contrôle matière première, contrôles géométriques et de spécifications des pièces mécaniques, contrôle propreté, contrôle dimensionnel des demi cadres
- 172 demi-cadres emballés (dans 15 caisses de transport) et livrés sur le site de l'IJCLab.
- Dossiers de fabrication, de contrôle et de suivi.

7. Documents de référence

Toute information susceptible de faciliter la réalisation par le Titulaire des pièces mécaniques et assemblage pourra être demandée au correspondant technique (IJCLab).

Les documents suivants sont fournis par IJCLab et disponibles aux présentes annexes de ce document :

- A1 : Caractéristiques des matériaux employés pour la fabrication des demi-cadres, fourni en annexe A1
- A2 : Liste et références des plans de définition de toutes les pièces mécaniques, fourni en annexe A2
- A3 : Liste et références des plans d'assemblage et tests des demi-cadres, fourni en annexe A3
- A4 : Liste et références des plans pour l'emballage et caisse de transport, fourni en annexe A4

8. Assurance Qualité

8.1. Exigences générales

La réalisation sera effectuée suivant le protocole d'Assurance Qualité. Elle sera traitée conformément aux exigences de la norme **ISO 9001 : V2015** (à minima) complétées par les exigences particulières des présentes spécifications Techniques. A cet égard, le Titulaire devra être certifié ISO 9001 V2015 (à minima) ou devra avoir une organisation qualité équivalente qu'il devra justifier à la candidature.

8.2. Audits / Vérifications

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

Il donnera libre accès aux emplacements et à la documentation nécessaire.

9. Spécifications techniques de réalisation

9.1. Nature des matériaux

Le Titulaire est responsable de l'approvisionnement de toutes les matières et de leurs certificats ainsi que des pièces du commerce. Les matières sont précisées sur les documents de référence [A1] et [A2] et suivent entre autres les recommandations liées aux normes **EN10204**, **EN13706**, et **ISO178**.

Les certificats matière seront fournis, pour chaque batch de production :

- suivant la norme **EN 10204 2.1** par défaut et pour toutes les caractéristiques précisées dans le document [A1],
- suivant la norme **EN 10204 3.1** d'après des tests sur échantillons prélevés pour chaque batch de production avant transformation pour les matériaux et propriétés suivantes : le module d'élasticité et la résistance en flexion pour les matériaux n°1 et 2, le module d'élasticité et la résistance en traction pour les matériaux n°3 et 4

Les normes de tests utilisées sont à préciser par le Titulaire.

Pour la spécification de comportement au feu, elle est fortement recommandée mais non obligatoire. Le titulaire doit expliquer les cas où cela n'est pas possible.

9.2. Caractéristiques mécaniques, usinage et réalisation mécanique

Le Titulaire du contrat réalisera l'ensemble des pièces selon les documents fournis, dont le dossier de plans, où toutes les indications nécessaires à la réalisation de l'usinage, en particulier les cotes, tolérances, états de surface des pièces finies sont données. Se référer au §9.3 pour le contrôle dimensionnel lié à la qualité des réalisations mécaniques.

La lubrification à l'usinage, s'il y a lieu, ne doit pas pénaliser la propreté, telle que mentionnée au §9.4.

9.3. Contrôle dimensionnel

9.3.1 Contrôle des pièces

Toutes les premières pièces d'une série usinée par programmation numérique devront subir un **contrôle dimensionnel de toutes les cotes**. La conformité de ce contrôle sera visée par l'opérateur dans le rapport de contrôle.

Sur l'ensemble de la production, un **prélèvement de 2%** environ **d'échantillons d'une même série**, devront subir un **contrôle dimensionnel pour les cotes encadrées ou avec des tolérances**. Les valeurs relevées seront inscrites dans le rapport de contrôle qui sera fourni à la livraison des différents lots.

9.3.2 Contrôle des demi-cadres assemblés

Concernant les demi-cadres assemblés, le plan i940EK013 (annexe A3) définit **les cotes à respecter** qui doivent faire l'objet d'un **contrôle dimensionnel à 100%**. Les valeurs relevées seront inscrites dans le rapport de contrôle.

En cas de non-conformité, l'IJCLab refusera le ou les composants et/ou demandera des corrections sur les travaux et produits finis réalisés, à la charge du contractant et en respectant le planning prévisionnel.

La méthode de contrôle ainsi que le matériel utilisé devront être précisés à la consultation puis inscrits dans la LOFC ou procédures.

Lors de la réception d'un lot à IJCLab mentionnée au §14, un contrôle sera effectué, et la conformité sera validée par le responsable technique IJCLab.

9.4. Nettoyage et contrôle de la propreté.

Après finalisation des opérations de fabrication et avant montage, les pièces devront être nettoyées, si besoin, de manière à éliminer toutes traces de contamination, poussière, graisse, hydrocarbures et toutes autres substances qui pourraient polluer et se dissoudre dans l'argon liquide. Un soin particulier sera apporté à la préparation et au nettoyage avant et après collage des pièces entre elles et des zones environnantes. Après nettoyage, les différents composants devront être manipulés de façon à conserver leur état de propreté.

Le nettoyage préconisé est d'utiliser un chiffon de tissu de coton blanc imbibé d'alcool dénaturé, à frotter sur chaque pièce, s'il y a lieu.

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

Le contrôle de la propreté sera validé lors de la réception à l'usine. Au contrôle, la pièce mécanique est frottée pour vérifier qu'aucune forte trace sombre n'apparaisse sur un chiffon blanc humidifié. Dans la négative, le Titulaire doit procéder à un nettoyage pour atteindre l'objectif.

Le résultat du contrôle de propreté sera inscrit dans le rapport de contrôle de chaque lot.

9.5. Manipulation et conditionnement

Après nettoyage, les pièces seront manipulées avec des gants propres. Il convient de les protéger autant que possible de la pollution ambiante de l'atelier lorsqu'elles sont en attente prolongée.

Il est possible d'empiler les cadres sous bâche propre pour les stocker avant emballage. Ceci est en complément des informations au §11.1.

9.6. Assemblage par collage

Le collage doit être fait exclusivement avec la colle Araldite 2011, dont la data-sheet est fournie dans l'annexe A1. Ce collage est conjugué avec l'assemblage par vissage (§9.7) pour assurer un serrage suffisant pour minimiser le film de colle et ainsi favoriser la tenue du collage.

Un soin particulier sera apporté à la préparation (ponçage) et au nettoyage avant (dépoussiérage et dégraissage) et après collage (enlèvement d'excès de colle) des pièces entre elles et des zones environnantes. En particulier, prévoir d'ajouter des pastilles sous les taraudages débouchant sur des collages pour éviter des remontées de colle.

Il est conseillé au Titulaire, afin de vérifier la conformité des éléments mécaniques et de la visserie, d'effectuer un pré-montage du système. Il devra être assuré que les demi-cadres se montent aisément sans avoir à forcer sur l'ensemble des pièces.

Le plan i940EK013 définit les dimensions du demi-cadre après assemblage, à contrôler comme spécifié dans le §9.3.

9.7. Assemblage par vissage

L'assemblage par vissage des composants, conjugué au collage (§9.6), doit d'abord permettre le positionnement et la mise au contact des composants entre eux, et ensuite assurer un serrage suffisant pour minimiser le film de colle et ainsi favoriser la tenue du collage.

L'IJCLab se réserve le droit de vérifier, par échantillonnage, le respect des liaisons lors de la réception à l'usine.

9.8. Contrôle d'emboîtement

Tous les demi-cadres devront faire l'objet d'un contrôle d'emboîtement. Il s'agit d'emboîter deux demi-cadres, choisis aléatoirement et de s'assurer de la capacité de les visser ensemble. En cas de contraintes ou de décalage, il est recommandé de procéder à une vérification de l'assemblage, puis le cas échéant à l'ajustement des pièces.

Lors la pré-recette usine mentionnée au §10.1, les deux premiers demi-cadres feront l'objet d'un contrôle d'emboîtement. Le résultat du contrôle doit apparaître dans le rapport de recette usine. **En cas d'actions correctives, ces actions devront être reportées sur le reste de la production.**

Pour toute autre recette usine, un contrôle aléatoire de l'appairage de 2 demi-cadres sera effectué.

Tous les demi-cadres subiront un contrôle d'emboîtement à réception à IJCLab.

En cas de non-conformité, l'IJCLab refusera le ou les composants et/ou demandera des corrections sur les travaux et produits finis réalisés, à la charge du contractant et en respectant le planning prévisionnel.

9.9. Contrôle de déformation

Le test de déformation sous charge (décrit par le Plan-A3_14-PRR-i940EK014-deformation test-13082024) permet de déceler, s'il y a lieu, tout problème de résistance de matériau, d'assemblage par vissage et/ou collage (manque de colle par exemple) par un examen visuel et la mesure de la déformation.

Pour la pré-recette usine mentionnée au §10.1, les deux premiers demi-cadres feront l'objet de ce contrôle. Le résultat doit apparaître dans le rapport de recette usine et **en cas d'actions correctives, celles-ci devront être reportées sur le reste de la production.**

Tous les demi-cadres subiront un contrôle de déformation en flexion sous charge à réception à IJCLab ce qui permettra de suivre l'évolution des caractéristiques en comparaison avec celles mesurées lors de la pré-recette.

9.10 Contrôle d'étiquetage

Le Titulaire proposera une méthode pour l'étiquetage et le repérage des séries de demi-cadres et de leurs boîtes de transport. Cet étiquetage doit rester visible et lisible.

Ce contrôle sera validé lors de la réception à l'usine et devra en plus être archivé sur un fichier informatique de type indiqué au §13.1, joint au dossier de fabrication et de contrôle.

10. Recettes usines

10.1 Pré-recette usine n°1

Une pré-recette usine des deux premiers demi-cadres, réalisée en présence d'IJCLab, est demandée 23 semaines, au plus tard, après la date de notification du marché. L'objet est de vérifier que toutes les procédures et spécifications fournies par l'IJCLab ont été correctement interprétées.

Lors de cette pré-recette usine, les contrôles suivants (liste non exhaustive) seront réalisés :

- matière approvisionnée : vérification que les pièces ont bien été usinées dans la matière spécifiée
- ensemble des pièces mécaniques produites : positionnement des trous, présence des taraudages, état de surface des profilés...
- demi-cadres produits : vérification des dimensions des demi-cadres, du serrage des vis, du collage, de l'absence de bavures de colles, ...
- emboîtement des 2 demi-cadres (§9.8).
- déformation des 2 demi-cadres (§9.9) à l'aide d'outils fournis par IJCLab.
- rapport de contrôle

En cas de non-conformité de ces demi-cadres, un plan d'actions correctives sera développé pour les refaire, avant la recette du premier lot. L'article §15.1.3 reste valable pour l'ensemble de la production. Par la suite ce contrôle est systématiquement fait à et par IJCLab.

A l'issu de la pré-recette usine, un rapport « pré-recette usine » sera rédigé par le Titulaire et envoyé à IJCLab sous format électronique sous un délai d'une semaine.

10.2 Recettes usine suivantes

Chaque livraison d'un lot sera précédée d'une recette usine, les dates de celles-ci seront spécifiées dans le calendrier d'exécution (§15). Le Titulaire doit informer l'IJCLab 2 semaines avant la date à laquelle il compte opérer une recette usine. L'IJCLab pourra ainsi se rendre sur le site afin de vérifier que l'ensemble est bien conforme aux spécifications définies dans le cahier des charges. IJCLab confirmera sa présence éventuelle

sur site au Titulaire par e-mail.

Les contrôles suivants (liste non exhaustive) seront effectués lors de ces recettes usine chez le Titulaire conformément à une procédure de recette usine à détailler :

- Contrôle de la matière approvisionnée : vérification que les pièces aient bien été usinées dans la matière spécifiée
- Contrôle de l'ensemble des pièces mécaniques produites : positionnement des trous, présence des taraudages, état de surface des profilés...
- Contrôle des demi-cadres produits : vérification des dimensions des demi-cadres, du serrage des vis, du collage, de l'absence de bavures de colles, ...
- Rapport de contrôle : vérification de la présence des relevés des mesures, du nombre de pièces contrôlées, ...
- Contrôle des emballages et caisses de transport

Le Titulaire enverra à l'IJCLab, le rapport de la recette usine comme pièce constitutive du rapport de contrôle une semaine avant la livraison de chaque lot (sous format électronique uniquement).

Pour rappel du §9, en cas de non-conformité, l'IJCLab refusera le cadre et demandera des corrections sur les travaux réalisés à la charge du contractant qui devra respecter le planning prévisionnel.

11. Livraison

11.1. Stockage des demi-cadres hors emballage

Le fournisseur doit utiliser des zones spécifiques sèches et propres de stockage pour prévenir les dommages et détériorations des matières premières, des articles faits par des prestataires et des équipements en attente d'utilisation ou de livraison, dans le respect du paragraphe §9.5 et du calendrier d'exécution du paragraphe §15.

11.2. Emballage

L'emballage des demi-cadres pour le transport est à la charge du Titulaire. Le principe est défini sur un plan technique dédié dans le document A4 et montre son principe :

- 1) l'emballage devra assurer une protection contre la poussière par enroulement de film étirable plastique autour de chaque demi-cadre (excepté autour des supports oreilles fournis par IJCLab)
- 2) la fixation des demi-cadres par les supports oreilles sur les crémaillères internes de la caisse de transport fournie par IJCLab garantit tous chocs éventuels inhérents à la manutention et au transport.
- 3) La caisse a été conçue pour accueillir 12 demi-cadres, elle doit être complètement remplie. Des calages en mousses entre cadres seront fournies avec les caisses pour sécuriser les mouvements des demi-cadres. Les caisses seront utilisées pour le transport des demi-cadres en IJCLab et les USA (elles sont donc compatibles avec un transport maritime avec une protection maximum des cadres pendant tout le voyage en camion, bateau et train).

La caisse fermée sera référencée suivant les remarques du §9.10.

Le Titulaire doit informer l'IJCLab 7 jours avant la date à laquelle il compte emballer et livrer les cadres, dans le respect du calendrier d'exécution du paragraphe §15. L'IJCLab pourra ainsi se rendre sur le site afin de vérifier, avant livraison, que l'ensemble est bien conforme aux spécifications définies dans le cahier des charges.

11.3. Transport

Il est demandé au Titulaire de **ne pas expédier à Orsay de caisse qui ne serait pas totalement remplie (12 demi-cadres par caisse)**. Ainsi, chaque lot de livraison contiendra un multiple de 12 demi-cadres. Une exception pourra être faite à la dernière livraison.

Le chargement, transport et déchargement à l'IJCLab sont de la responsabilité du Titulaire. Le coût du chargement, transport et déchargement restent à la charge du Titulaire. Plusieurs transports sont à prévoir dans le respect du calendrier d'exécution du paragraphe §15.

Le Titulaire assure le transport du matériel sur site à l'adresse suivante :

Laboratoire de Physique des 2 infinis Irène Joliot-Curie IJCLAB/IN2P3
Université Paris-Saclay
Rue Jean Teillac
Bâtiment 100
91406 Orsay

La réception sera réalisée au bâtiment 100 mais le déchargement se fera au bâtiment 200.

Le Titulaire devra préalablement prendre contact avec l'IJCLab afin d'établir une date de livraison et vérifier la disponibilité des équipements et du personnel pour la manutention à réception. Un engin de levage à fourche est prévu pour cette opération.

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

Avant toute expédition, le Titulaire prendra contact avec un des correspondants à l'IJCLab pour les aspects techniques.

12. Suivi de la prestation

Devoir d'alerte : Si un problème apparaît lors de la réalisation ou du montage, remettant en cause le bon fonctionnement de l'objet ou le planning de livraison final, le Titulaire devra en avertir l'IJCLab sous 48 heures.

13. Livrables

Les documents à transmettre à l'IJCLab sont décrit ci-dessous :

- Le dossier de fabrication (fournit à IJCLab pour validation avant de lancer la fabrication) qui devra contenir au moins les éléments suivants :
 - La liste des opérations de fabrication et de contrôle consultables (LOFC)
 - Le plan de réalisation des grilles et sur-grilles suivant les plans et les spécifications techniques de ce document.
 - Les plans d'outillages, s'il y a lieu
 - Les procédures décrivant les protocoles :
 - des contrôles géométriques et de spécifications des pièces,
 - des contrôles dimensionnels,
 - du contrôle de la propreté.
 - Le planning de réalisation détaillé en fonction de chaque poste : approvisionnement,

préparation, fabrication, tests...

- Le plan assurance qualité particulier, de mise en œuvre et de suivi durant tout le contrat : approvisionnement matière, fabrication de l'outillage, composants, nettoyage, tests, emballage et livraison

➤ Le rapport de contrôle pour chaque lot livré contenant :

- Les certificats matière (pour chaque batch de production matière) tels que spécifié au §9.1
- Les résultats des contrôles dimensionnels tels que spécifié au §9.3
- Les résultats des contrôles d'emboîtement tels que spécifié au §9.8
- Le rapport de la recette usine tel que spécifié au §10
- Le résultat du contrôle de l'étiquetage tel que spécifié au §9.10

Le rapport de contrôle sera envoyé à IJCLab, sous format électronique, 1 semaine avant la livraison du lot. Une version papier accompagnera chaque livraison.

➤ Le dossier de suivi (remis à IJCLab à l'issue de la prestation et permettant d'assurer la traçabilité de la réalisation) qui devra contenir au moins les éléments suivants :

- Les fiches de demandes de modifications éventuelles,
- Les certificats matières (matières premières),
- L'ensemble des rapports de contrôles décrits.

Tous les documents demandés dans le cadre de la prestation seront remis par le Titulaire à l'IJCLab sur support informatique en une version et en 1 tirage sur support papier. Ils seront la propriété de l'IJCLab.

Le format du planning permettra une lecture avec MS Project ou Excel et sera aussi fourni sous format pdf.

Les fichiers informatiques devront être sous format Word®, Excel®, Ms Project®, tableur, pdf. Tout autre format devra faire l'objet d'une autorisation écrite de l'IJCLab.

14. Réception définitive et garantie

La réception est prononcée par l'IJCLab à l'issue de la finalisation avec succès des contrôles spécifiés (cf §9 : dimensionnels, emboîtement, déformation) faits par IJCLab, et de la remise par le Titulaire de tous les documents propres à chaque produit livré. Elle intervient dans un délai de 5 semaines à compter de la réception des matériels sur le lieu de livraison.

La période de garantie des objets fournis commence à la date de notification de l'admission des prestations pour la durée indiquée dans l'offre du Titulaire. Elle ne peut être inférieure à 1 an.

15. Conditions d'exécution et délais

15.1. Organisation et suivi de contrat

15.1.1. Responsable(s) de suivi de contrat

Le Titulaire du marché désigne nommément, dès la notification du marché, la (les) personne(s) responsable(s) de l'exécution de la prestation et de son suivi ainsi que de la personne en charge de la Qualité pendant toute la durée du contrat.

Tout changement éventuel est signalé à l'IJCLab par courriel.

Après notification du marché au Titulaire, l'IJCLab désigne le ou les « responsable(s) IJCLab » et en informe le Titulaire. Le Titulaire est averti de tout changement par courriel de l'IJCLab.

L'IJCLab organise la réunion de lancement au plus tard 2 semaines après la notification du marché.

15.1.2. Suivi d'avancement

Des réunions d'avancement entre le Titulaire et l'IJCLab sont organisées jusqu'à réception de la fourniture. Leur périodicité est à l'initiative de l'IJCLab.

Les réunions périodiques peuvent avoir lieu soit à l'usine du Titulaire, soit à l'IJCLab, soit par visioconférence ou réunion téléphonique.

En cas d'imprévus, des réunions supplémentaires peuvent être organisées à l'initiative de l'une ou l'autre des parties.

Les frais de déplacement, d'hébergement et de restauration sont à la charge de la partie qui se déplace.

Les correspondances, réunions relatives au marché se déroulent en français ou en anglais.

Toute information, qu'une partie estime suffisamment significative pour devoir être portée à la connaissance de l'autre partie, s'effectue par écrit entre le responsable de l'IJCLab désigné et celui du Titulaire.

Toute réunion fera l'objet d'un compte-rendu, rédigé par IJCLab, validé par le Titulaire, diffusé et archivé par IJCLab.

15.1.3. Modifications par rapport au présent document

Si, après notification du marché, le Titulaire découvre qu'il a mal interprété les spécifications portées dans le présent document, cela ne pourra être accepté comme excuse pour dévier des présentes spécifications techniques et le Titulaire devra livrer la fourniture en conformité avec elles, dans le respect du planning et sans coût additionnel.

15.2. Délais d'exécution

Le planning tient compte de réunions, de recettes et de livraisons réparties sur **68 semaines** (calendaires) **maximum** (durée écoulée entre la notification du marché et la dernière livraison).

La réunion préparatoire entre le Titulaire et l'IJCLab se tiendra au plus tard 2 semaines après la notification (T0) du marché. Lors de cette réunion (T1), le titulaire et IJCLAB détailleront le planning remis dans son offre par le titulaire.

La remise du dossier de fabrication (§13.2) par le Titulaire devra intervenir au plus tard 3 semaines après T1. Ce dossier est soumis à validation d'IJCLAB avant le lancement de la fabrication des demi-cadres.

La recette en usine des deux premiers demi-cadres sera effectuée au plus tard 20 semaines après T0.

La première livraison comportant, à minima, **12 demi-cadres** doit intervenir **au plus tard 32 semaines après T0**.

Ensuite, **toutes les 8 semaines**, les livraisons devront assurer, à **minima**, la disponibilité sur site d'un **nouveau lot de 36 demi-cadres**. Le reste de la production des 172 demi-cadres sera livré lors de la dernière livraison.

Chaque livraison sera précédée, de 2 semaines maximum, d'une recette usine (§10.2) à laquelle IJCLab est susceptible d'assister. Le **rapport de contrôle** sera envoyé à IJCLab, sous format électronique, **une semaine avant la livraison du batch** (§13).

Planning (exemple) d'exécution des prestations :

- T0 : date de notification du marché.
- T1 (T0+2 semaines) : Réunion préparatoire entre le Titulaire et l'IJCLab
- T2 (T0+5 semaines) : Remise du dossier de fabrication par le Titulaire.
- T3 (T0 + 20 semaines) : Pré-recette usine, en présence d'IJCLab, des deux premiers demi- cadres du lot n°1.
- T4 (T0 + 30 semaines) : Recette usine des 10 demis-cadres restant du lot n°1 avec présence éventuelle d'IJCLab
- T4 bis (T4 + 2 semaines) : Livraison à l'IJCLab du lot n°1 (12 demi-cadres). Remise du rapport de contrôle du lot 1.
- T5 (T4 + 8 semaines) : Recette usine du lot n°2 de 36 demi-cadres avec présence éventuelle d'IJCLab
- T5 bis (T5 + 2 semaines) : Livraison à l'IJCLab du lot n°2. Remise du rapport de contrôle du lot 2.
- T6 (T5 + 8 semaines) : Recette usine du lot n°3 de 36 demi-cadres avec présence éventuelle d'IJCLab
- T6 bis (T6 + 2 semaines) : Livraison à l'IJCLab du lot n°3. Remise du rapport de contrôle du lot 3.
- T7 (T6+ 8 semaines) : Recette usine du lot n°4 de 36 demi-cadres avec présence éventuelle d'IJCLab
- T7 bis (T7 + 2 semaines) : Livraison à l'IJCLab du lot n°4. Remise du rapport de contrôle du lot 4.
- T8 (T7+ 8 semaines) : Recette usine du lot n°5 de 36 demi-cadres avec présence éventuelle d'IJCLab
- T8 bis (T8 + 2 semaines) : Livraison à l'IJCLab du lot n°5. Remise du rapport de contrôle du lot 5.
- T9 (T8 + 4 semaines) : Recette usine du lot n°6 de 16 demi-cadres (ou du nombre restant en cas de livraisons intermédiaires) avec présence éventuelle d'IJCLab
- T9 bis (T9 + 2 semaines) : Livraison à l'IJCLab du lot n°6. Remise du rapport de contrôle du lot 6 et du dossier de suivi.

Annexe A1

Caractéristiques des matériaux employés pour la fabrication des demi-cadres

	Matériau n°1 Profil H	Matériau n°2 Profil C	Matériau n°3 Plaques internes	Matériau n°4 Plaques interconnexion cadres + cross ribs
Composition	Fibres de verre + résine (polyester ou époxy)			
Masse volumique (g/cm3)	1.75 - 1.95			
Module d'élasticité en traction et/ou flexion (// lengthwise) (GPa)	17.5 mini	16.5 mini	17.5 mini	20 mini
Résistance (rupture) à la traction (// lengthwise) (Mpa)	200 mini	200 mini	200 mini	350 mini
Résistance spécifique diélectrique (si applicable)	≥ 5e12 Ω.cm		≥ 5e12 Ω	
Coefficient de dilatation linéaire (// lengthwise) (10e-6 /K)	6-15			
Comportement au feu (UL94)	V0 si possible			

Référence colle Araldite 2011 : Doc-A1-Araldite_FT_2011_EN_05032024.pdf

Annexe A2

Liste et références des plans de définition de toutes les pièces mécaniques

Tableau 1 ANNEXE A2	n° fichier plan PDF et CAO STEP	Matière (Annexe A1)	n° plan	quantité / demi cadre
Pieces demi cadres	Plan-A2_1-PRR-i940DK001-middle_bar-13082024	n°1	PRR-i940DK001	1
	Plan-A2_2-PRR-i940DK002 - side bar-13082024	n°1	PRR-i940DK002	2
	Plan-A2_3-PRR-i940DK003-Cadre-H_2948_topbar-13082024	n°1	PRR-i940DK003	1
	Plan-A2_4-PRR-i940DK004-cadre_U_729_shortcrossH-13082024	n°2	PRR-i940DK004	2
	Plan-A2_5-PRR-i940DK005-cadre_U_907_shortcrossU-13082024	n°2	PRR-i940DK005	2
	Plan-A2_6-PRR-i940DK006-cadre_U_1354_longcross-13082024	n°2	PRR-i940DK006	2
	Plan-A2_7-PRR-i940DK007-cadre_U_2788_midhalf-13082024	n°2	PRR-i940DK007	1
	Plan-A2_8-PRR-i940DK008rep1-cadre-HalfJunctions_U-13082024	n°1 et n°4	PRR-i940DK008rep1	1
	plan-A2_9-PRR-i940DK008rep2-cadre-HalfJunctions_plate-05032024	n°4	PRR-i940DK008rep2	4
	Plan-A2_10-PRR-i940DK008rep3-cadre-HalfJunctions_CC_plate-05032024	n°4	PRR-i940DK008rep3	2
	Plan-A2_11-PRR-i940DK009rep1-angle_1_hole-05032024	n°2	PRR-i940DK009rep1	16
	Plan-A2_12-PRR-i940DK009rep2-angle_2_holes-13082024	n°2	PRR-i940DK009rep2	3
	Plan-A2_13-PRR-i940DK009rep3-angle_4_holes-05032024	n°2	PRR-i940DK009rep3	2
	Plan-A2_14-PRR-i940DK010-plaque_liaison_CC-05032024	n°3	PRR-i940DK010	2
	Plan-A2_15-PRR-i940DK011rep1-cadre-plat_renforts_HC-05032024	n°3	PRR-i940DK011rep1	12
	Plan-A2_16-PRR-i940DK011rep2-cadre-plat_renforts_HH-05032024	n°3	PRR-i940DK011rep2	12
	Plan-A2_17-PRR-i940DK012-cadre-jambe_renfort_coin-05032024	n°3	PRR-i940DK012	2
Cross ribs support mesh	Plan-A2_18-PRR-i940DK020-crossribs-H1-13082024	n°4	PRR-i940DK020	3
	Plan-A2_19-PRR-i940DK021-crossribs-H2-13082024	n°4	PRR-i940DK021	3
Support oreilles	Plan-A2_20-PRR-i942OK088-3-Plaque de butee encoche -05032024	Aluminium 2017	PRR-i942OK088-3	4



Annexe A3

Liste et références des plans d'assemblage et tests des demi-cadres

ANNEXE A3	Designation	n° plan PDF et STEP*
Assemblage pieces demi cadres	Ensemble des positions des liaisons sur demi-cadre	Plan-A3_1-PRR-i940EK001-Ens_Cadre_Half_Unit-13082024
	détail liaison coins sur coté TopBar	Plan-A3_2-PRR-i940EK002-Junction Corner-13082024
	détail liaison entre profiles H et C sur coté SideBar	Plan-A3_3-PRR-i940EK003-Junction HC-13082024
	détail liaison entre profiles H et H sur milieu coté TopBar	Plan-A3_4-PRR-i940EK004-Junction HH center-13082024
	détail liaison entre profiles C et C sur milieu d'un carré	Plan-A3_5-PRR-i940EK005-Junction CC cross-05032024
	détail liaison entre profiles C et C sur bord emboitement avec plats	Plan-A3_6-PRR-i940EK006-junction CC cross glue half-13082024
	détail liaisons coins bord emboitement avec 2 U	Plan-A3_7-PRR-i940EK007-junction plate U-13082024
	détail liaison entre profiles H et C sur milieu bord emboitement	Plan-A3_8-PRR-i940EK008-junction plate middle-13082024
	détail liaison entre profiles C et C sur bord emboitement	Plan-A3_9-PRR-i940EK009-junction angle 2 holes-13082024
	détail liaisons coins bord emboitement sans 2 U	Plan-A3_10-PRR-i940EK010-junction angle 2 holes corner-13082024
	détail liaison entre profiles H et C sur coté MiddleBar	Plan-A3_11-PRR-i940EK011-junction HC center-13082024
	Ensemble demi-cadre avec 6 cross_ribs et 4 supports oreilles	Plan-A3_12-PRR-i940EK012-Ens_Cadre_Half_Unit_with ears and crossribs-13082024 *
	Définition dimensions globales d'un demi-cadre	Plan-A3_13-PRR-i940EK013-Dimensions demi-cadre-13082024
	Définition processus de test de déformation	Plan-A3_14-PRR-i940EK014-deformation test-13082024
Visserie et fixations	Liste visserie utilisée pour assemblage	Plan-A3_16-PRR-i940EK001-tableau2-inventaire CCTP-visserie demi-cadres
	Liste détail visserie par fixations	Plan-A3_17-PRR-i940EK001-tableau3-inventaire CCTP-fixation liaisons demi-cadres

Annexe A4

Liste et références des plans pour l’emballage et caisse de transport

ANNEXE A4	n° plan
Emballage et transport	Plan-A4_1-PRR-i940DK025 rep1 - shipping box -definition caisse-05032024
	Plan-A4_2-RR-i940DK025 rep2- shipping box -emballage plastique-05032024
	Plan-A4_3-RR-i940DK025 rep3- shipping box - arrangement 12 cadres dans caisse-05032024