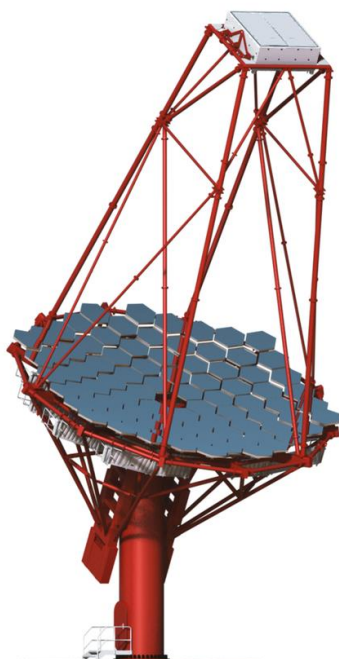





Cahier des charges relatif à la fourniture de 100 miroirs pour les télescopes CTA



	Nom	Fonction	Institut	Date et signature
Rédigé par	Gaël DISSET	Ingénieur chargé d'affaire	IRFU/DIS/LRI	
Vérifié par	Bernard PEYAUD	Responsable Scientifique	IRFU/DPHP	Po JM Reymond 
Approuvé par	Jean-Marc REYMOND	Chef de projet	IRFU/DEDIP	







	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 2 / 23
	GDI 22-010/01	



Tableau des modifications			
Version	Date	Pages modifiées	Commentaires
0	05/04/2022	toutes	Création du document
1	17/05/2022		Mise à jour des fournitures
2	25/07/2022		Ajout des exigences performances en Annexe
3	02/11/2022		Corrections pour consultation
4	26/03/2024		Mise à jour pour nouvelle consultation

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 3 / 23
	GDI 22-010/01	

1.	Contexte du projet	5
1.1	Présentation du CEA et de l'IRFU	5
1.2	Présentation du projet CTA	5
1.3	Présentation des miroirs pour les télescopes MST	6
2.	Documents applicables	7
3.	Description de la prestation.....	7
3.1	Objet du marché	7
3.2	Étendue de la prestation du Titulaire.....	8
3.3	Liste des pièces à fournir.....	8
3.4	Documents mis à disposition par le CEA	8
3.5	Matériel mis à disposition par le CEA.....	8
4.	Calendrier prévisionnel.....	9
5.	Livrables documentaires	10
5.1	Livrables à remettre à la réunion de lancement	10
5.2	Dossier de fabrication des pièces.....	10
5.3	Contrôle de la qualité des fournitures.....	11
5.4	Format des livrables documentaires.....	11
5.5	Validation des livrables documentaires	11
6.	Conditions techniques générales	12
6.1	Description générale.....	12
6.2	Matières premières.....	12
6.3	Nid d'abeille	12
6.4	Verre	13
6.5	Bordures	13
6.6	Collage/Étanchéité/Protection	13
6.7	Plots.....	14
6.8	Assemblage des miroirs	14
6.9	Plans utilisés pour la fabrication	14
6.10	Tolérances dimensionnelles	15
6.11	Outillages et programmes d'usinage	15
6.12	États de surface.....	15
6.13	Interfaces mécaniques	15
6.14	Manipulation des pièces	15

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 4 / 23
	GDI 22-010/01	

6.15	Stockage des pièces	15
6.16	Marquage des pièces	15
7.	Traitements de surface (métallisation)	16
7.1	Procédé	16
7.2	Echantillons	16
8.	Exigences et spécifications sur les miroirs.....	16
9.	Essais et contrôles techniques en usine	16
9.1	Généralités	16
9.2	Aspect.....	16
9.3	Contrôles dimensionnels	16
9.4	Contrôles optiques.....	17
10.	Livraison des pièces	17
10.1	Emballage des pièces	17
10.2	Conditions de livraison	17
11.	Réception des pièces	18
12.	Exigences applicables à la gestion du marché	18
12.1	Correspondance	18
12.2	Réunions.....	19
12.3	Inspection, visite et audit du site de fabrication	19
12.4	Sous-traitance.....	19
13.	Assurance de la qualité	19
13.1	Plan d'assurance de la qualité.....	19
13.2	Gestion des non-conformités.....	20
13.3	Gestion des modifications	20
ANNEXE 1 - Liste des plans.....		21
ANNEXE 2 – Procédure d'intégration d'un miroir.....		22
ANNEXE 3 - MST Mirror Specifications		23

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 5 / 23
	GDI 22-010/01	

1. Contexte du projet

1.1 Présentation du CEA et de l'IRFU

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

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

1.2 Présentation du projet CTA

L'observatoire CTA (Cherenkov Telescope Array) est une nouvelle génération d'instruments au sol permettant d'explorer le ciel en rayons gamma à très haute énergie. CTA couvrira un large domaine en énergie, de 20 GeV à plus de 100 TeV, un domaine complémentaire à celui couvert par le satellite Fermi (100 MeV- 30 GeV). Il permettra d'obtenir des images du ciel avec une sensibilité et une résolution angulaire dix fois supérieures aux observatoires actuellement en opération (HESS, MAGIC, VERITAS). Le consortium CTA rassemble 1200 scientifiques de 30 pays dans le monde, répartis dans 190 laboratoires, avec une forte composante européenne et en particulier française.

L'objectif de CTA est d'étudier les phénomènes physiques de l'Univers qui sont suspectés être à l'origine du rayonnement cosmique. C'est une pluie incessante de particules détectées dans l'atmosphère il y a plus de cent ans et dont l'origine reste mal connue. Ces phénomènes ont souvent leur source dans des objets compacts, trous noirs ou étoiles à neutrons, qui donnent l'opportunité d'étudier la matière soumise à des conditions extrêmes. Les rayons gamma peuvent également sonder la présence de particules de matière noire qui s'annihileraient dans les régions denses de l'Univers, comme le centre de la Galaxie. Cette recherche repose sur l'étude de l'absorption par le fond diffus des rayonnements optique et infrarouge de l'Univers.

CTA est en cours de déploiement sur deux sites afin d'observer la totalité du ciel. Dans l'hémisphère sud le site retenu se situe à proximité de l'Observatoire du Cerro Paranal dans le désert d'Atacama au nord du Chili, où est installé le VLT. A l'horizon 2020, il comportera une centaine de télescopes et permettra d'observer les régions intérieures du plan galactique. Dans l'hémisphère nord, c'est l'observatoire de Roque de los Muchachos sur l'île de La Palma (Iles Canaries) qui accueillera une vingtaine de télescopes dont l'objectif principal sera de sonder l'Univers extragalactique.

CTA sera composé de plusieurs dizaines de télescopes Tcherenkov avec des miroirs de tailles différentes. Trois classes de télescopes seront déployées sur les sites Nord et Sud, suivant leur sensibilité : les Small-Sized Telescope (SST), Medium-Sized Telescope (MST), et Large-Sized Telescope (LST).



	<p align="center">SPECIFICATIONS TECHNIQUES</p>	 Page 6 / 23
	<p align="center">GDI 22-010/01</p>	



Figure 1 : Vue d'artiste du site nord



1.3 Présentation des miroirs pour les télescopes MST

Le Medium-Sized Telescope (MST) sera construit par une collaboration internationale (Autriche, Allemagne, France, Brésil, Pologne, Espagne, Suisse et Italie). C'est le télescope principal de CTA, offrant une sensibilité au cœur du spectre, de 150 GeV à 5 TeV. Le déploiement des 40 télescopes MST est prévu, pour 25 dans l'hémisphère sud et 15 dans l'hémisphère nord.



Figure 2 : prototype de télescope MST installé à Berlin

Le MST est un télescope de type Davies-Cotton modifié, avec un réflecteur de 12 mètres de diamètre et une focale de 16 mètres. Le télescope a 90 miroirs hexagonaux, alignés avec un système de contrôle actif qui permet de recréer un réflecteur uniforme.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 7 / 23
	GDI 22-010/01	

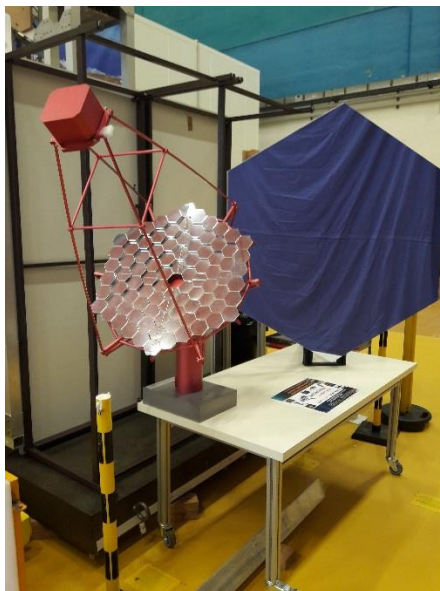


Figure 3 : maquette du télescope devant un miroir

2. Documents applicables

Sans préjudice des dispositions du marché, les documents applicables à la prestation sont les suivants :



- le présent cahier des charges et ses annexes ;
- le dossier de plans des pièces à réaliser par le Titulaire ;
- l'ensemble des normes et standards mentionnés dans le paragraphe ci-dessous relatif à l'assurance de la qualité.

3. Description de la prestation

3.1 Objet du marché

Le marché a pour objet la fourniture de 100 miroirs pour les télescopes de classes MST. Le marché se décompose comme suit :

- **Partie forfaitaire :**
La constitution des approvisionnements de matières nécessaires (à l'exception des éléments fournis par le CEA) :
 - La fabrication des 90 miroirs ;
 - La conduite des essais et contrôles en usine ;
 - La livraison sur site, à Saclay.
- **Partie estimative (prestations sur bordereau de prix) :**
 - La fabrication d'un miroir supplémentaire (limité à 10 miroirs au total), incluant les approvisionnements (à l'exception des éléments fournis par le CEA), les essais en usine et la livraison sur le site de Saclay (prestations à l'identique de celles de la tranche ferme).

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 8 / 23
	GDI 22-010/01	

Le respect de l'ensemble des exigences définies par le présent document constitue pour le Titulaire une obligation de résultat.

Les conditions de recours aux prestations sur bordereaux de prix sont définies par le marché.

3.2 Étendue de la prestation du Titulaire

La prestation confiée au Titulaire inclut les éléments suivants:

- l'approvisionnement de la matière première nécessaire à l'ensemble des pièces, à l'exception des éléments fournis par le CEA ;
- la réalisation des miroirs ;
- l'application des traitements de surfaces aux pièces concernées ;
- la définition et la réalisation des outillages spécifiques qui pourraient s'avérer nécessaires pour mener à bien le processus de réalisation précité ;
- l'émission des livrables documentaires ;
- la conduite de l'ensemble des essais et contrôles en usine ;
- le nettoyage, l'emballage et la livraison des pièces sur le site du CEA-Saclay ;
- la mise à disposition du moule et du banc de caractérisation pour la réalisation de la prestation ;
- une garantie contractuelle de 12 mois à compter de la date de réception de chaque pièce.

3.3 Liste des pièces à fournir

La liste et la quantité des pièces à fournir figurent en ANNEXE 1 du présent document.

Les spécifications applicables à la réalisation de chaque pièce (cotation, géométrie, état et/ou traitement de surface, etc) sont définies par le dossier de plans joint au présent cahier des charges. Ces plans sont également listés en ANNEXE 1.

Les plans font partie intégrante du cahier des charges.

3.4 Documents mis à disposition par le CEA

Pour les besoins du marché, le CEA met à disposition du Titulaire les documents mentionnés dans le présent paragraphe.

- le présent cahier des charges et ses annexes ;
- les plans des pièces à réaliser, en version bon pour consultation.

3.5 Matériel mis à disposition par le CEA

Le CEA met à disposition du Titulaire le moule permettant la réalisation des miroirs. Le plan du moule ainsi qu'un rapport de contrôle de mesure pourront être fournis sur demande d'un Soumissionnaire.

Le CEA met également à disposition un banc de caractérisation que le Titulaire devra installer dans ses locaux pour caractériser les miroirs produits.

Le CEA est en charge de la livraison du moule et du banc de caractérisation dans les locaux du Titulaire et de la livraison retour du moule et du banc de caractérisation à Saclay une fois la prestation terminée.



	<p align="center">SPECIFICATIONS TECHNIQUES</p>	 Page 9 / 23
	<p align="center">GDI 22-010/01</p>	



Figure 4 : moule mis à disposition par le CEA

Le CEA fournit les matières premières et pièces suivantes, nécessaires pour la fabrication des miroirs de la partie forfaitaire et ceux de la partie estimative :

- Vitres (avant et arrière)
- Flancs usinés en verre
- Nid d'abeille en aluminium
- Plots en aluminium

Ces éléments seront directement livrés par le CEA dans les locaux du Titulaire, suivant un calendrier compatible avec la production des miroirs, défini conjointement entre le Titulaire et le CEA lors de la réunion d'enclenchement. Le Titulaire sera responsable du stockage des matières premières après livraison par le CEA. Les éléments feront l'objet d'un bordereau de livraison. En cas de non-conformités sur les éléments livrés, le Titulaire devra en informer au plus tôt le CEA qui vérifiera les non-conformités détectées. Si les non-conformités sont avérées et non acceptables pour la production, le CEA remplacera les éléments non-conformes.

Jusqu'à 10% de pièces supplémentaires pourront être livrées au Titulaire sur demande, afin de pallier aux éventuels problèmes lors de la production. Si des matières premières et/ou pièces complémentaires sont nécessaires au-delà de ces 10%, du fait du Titulaire (casse, perte ou non-conformités après fabrication), les matières premières nécessaires seront à charge du Titulaire. Si des matières premières et /ou pièces complémentaires sont nécessaires au-delà de ces 10%, mais que ce n'est pas du fait du Titulaire, le CEA s'engage à fournir les éléments nécessaires pour terminer la production.



4. Calendrier prévisionnel

Le Soumissionnaire devra remettre avec son offre le planning prévu de la prestation. Le planning devra indiquer, à partir de T0 (signature du marché), les différents jalons de fabrication. 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 le suivant :

- Réunion d'enclenchement : T0 + 2 semaines
- Approvisionnements principaux : T0 + 8 semaines

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 10 / 23
	GDI 22-010/01	

- Livraison des miroirs :
 - 5 tous les 7 jours ouvrés à partir de T0 + 11 semaines
 - Livraison de 90 miroirs à T0 + 35 semaines

5. Livrables documentaires

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

5.1 Livrables à remettre à la réunion de lancement



- un plan d'assurance de la qualité (PAQ) ;
- un calendrier détaillé ;
- la liste des sous-traitants éventuels et des opérations sous-traitées ;
- la liste des approvisionnements (matières premières, pièces du commerce, etc) envisagés par le Titulaire, incluant en particulier leur provenance et les conséquences en termes de contrôles des exportations. Les approvisionnements ne pourront être lancés par le Titulaire que suite à la validation de la liste précitée ;
- une liste des opérations de fabrication et de contrôle (LOFC) destinée à présenter de façon détaillée les étapes et procédés envisagés notamment pour les domaines suivants :
 - la fabrication des pièces ;
 - l'obtention des surfaces usinées ;
 - les traitements de surface des pièces concernées ;
 - les contrôles mis en œuvre.

MISE EN GARDE : après acceptation de la LOFC par le CEA, toute modification de celle-ci est soumise à l'accord écrit préalable du CEA.

5.2 Dossier de fabrication des pièces

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

- les procédures comprenant a minima :
 - la procédure de fabrication ;
 - les procédures de traitements de surface ;
 - les procédures d'essais et contrôles en usine ;
 - la procédure de marquage ;
 - la procédure de nettoyage ;
 - la procédure d'emballage.
- les « certificats matière » de tous les matériaux approvisionnés par le Titulaire et utilisés dans le processus de fabrication (selon la norme ISO 10204 3.1) ;
- les certificats de traitements de surface réalisés ;
- 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 en usine ;
 - les procès-verbaux (PV) correspondants.
- les 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.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 11 / 23
	GDI 22-010/01	

Les procédures, les certificats matière et la liste des tâches effectuées par un sous-traitant éventuel sont à remettre au CEA avant le démarrage des opérations d'usinage, dans un dossier préliminaire de fabrication.

Les opérations d'usinage ne pourront débuter que suite à la validation par le CEA du dossier préliminaire.

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.

5.3 Contrôle de la qualité des fournitures

Le Titulaire remet les livrables documentaires suivants, associés au contrôle de la qualité, lors de chaque livraison des miroirs :

- la liste des non-conformités (le cas échéant) ;
- les rapports de non-conformité (le cas échéant) ;
- la liste des demandes de modifications (le cas échéant) ;
- les demandes de modifications éventuelles (le cas échéant) ;
- les PV de conformité ;
- les PV d'acceptation signés par les parties ;
- la liste des constats d'inspection.

5.4 Format des livrables documentaires

Le Titulaire présente les livrables dans un format compatible avec ceux du CEA.

Les livrables documentaires sont rédigés en langue française.

Toute version intermédiaire des livrables documentaires est transmissible sur simple demande du CEA au format Word ou PDF par envoi par courriel.

Les versions finales validées par le CEA sont remises à celui-ci au format Word ou par envoi par courriel.

5.5 Validation des livrables documentaires

Le CEA dispose d'un délai de 15 jours ouvrés à compter de la date de remise des livrables documentaires pour faire part au Titulaire de son accord ou de ses remarques éventuelles.

En cas de remarques, le Titulaire prend en compte, sans frais supplémentaires pour le CEA, les demandes de rectification formulées par ce dernier, ceci dans un délai maximum de 10 jours ouvrés. Ces rectifications sont également soumises à la validation du CEA.

6. Conditions techniques générales

6.1 Description générale

Les miroirs sont constitués de plusieurs couches de matériaux, assemblées par collage.

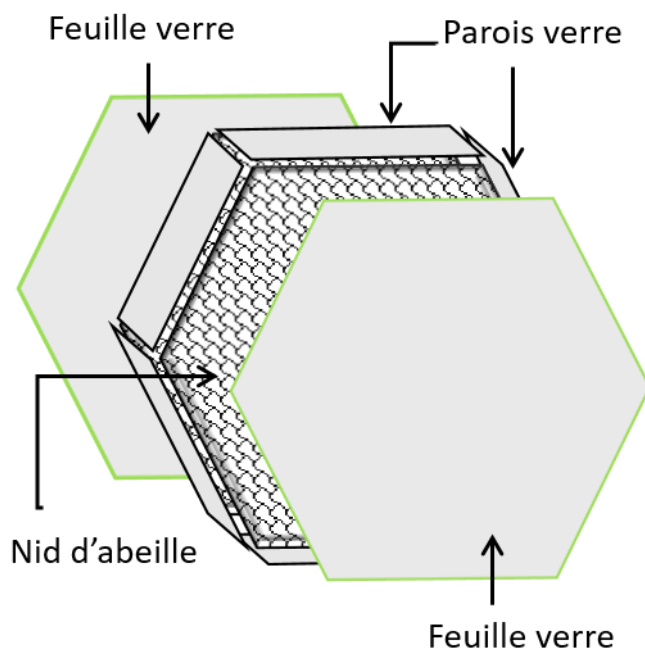


Figure 5 : schéma d'un miroir avec ses composants

6.2 Matières premières

Un certificat d'origine de la matière première sera obligatoirement délivré, pour chaque lot de matière première utilisée fournie par le Titulaire.



6.3 Nid d'abeille

L'élément central de la structure sandwich des miroirs est une structure en nid d'abeille aluminium.

Les caractéristiques du feuillard sont :

- cellule 6mm
- épaisseur feuillard 0.05mm
- hauteur 35mm
- micro-perforé
- forme hexagonale, 1200 mm de plat à plat
- scié scie circulaire

Le CEA fournira le nid d'abeille. Le nid d'abeille est mis en forme par le titulaire.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 13 / 23
	GDI 22-010/01	

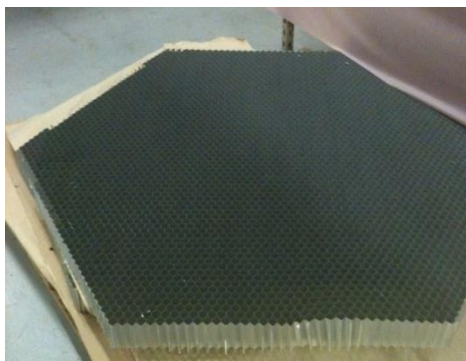


Figure 6: nid d'abeille en aluminium

6.4 Verre

En extérieur, sont placées deux feuilles de verre de forme hexagonale, 1199 sur plat +0/+0,5 mm entre plats, épaisseur 2,2 mm -0.2/+0.1. Le CEA fournira le verre.

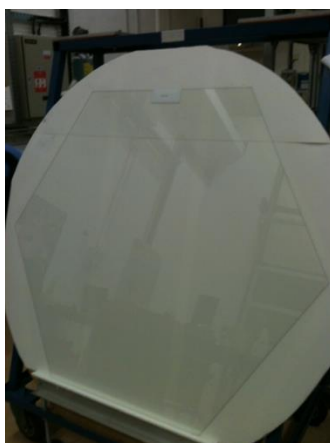


Figure 7 : plaque de verre

6.5 Bordures



En périphérie, sont collés six flancs en verre, épaisseur 4 mm. Un des six flancs doit être percé. Le CEA fournira les flancs usinés.

6.6 Collage/Etanchéité/Protection

Le miroir doit être étanche à l'air et à l'eau. A cette fin, les jonctions entre les faces de verre et les flancs verre, ainsi que les joints entre les flancs doivent être protégés par un joint étanche. Le CEA préconise une résine 3M (DP 190).

Pour le collage du nida sur le verre, des flancs sur le nida et le verre le CEA préconise une résine époxy AW 106, durcisseur HV953U de chez Araldite.

La plaque de verre convexe et les flancs (hors plots en inox) seront couverts d'un film protecteur blanc anti-UV.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 14 / 23
	GDI 22-010/01	

6.7 Plots

Trois plots en acier inoxydable (304L, 316L ou équivalent) sont collés sur la face arrière du miroir. Les plots seront fournis par le CEA.

Le CEA préconise de coller les plots sur le verre au moyen d'une colle Teroson MS 9399 de chez Henkel.



Pieds de fixation

Figure 8 : plots de fixations

6.8 Assemblage des miroirs



Le mode opératoire simplifié pour la réalisation des miroirs est décrit dans la note en ANNEXE 2 – Procédure d'intégration d'un miroir.

Afin d'améliorer la qualité des miroirs et la procédure d'assemblage, des modifications pourront être apportées à cette procédure, et le cas échéant aux éléments constitutifs du miroir, par le CEA ou par le titulaire. Ces modifications seront discutées conjointement et devront être acceptées par les deux parties.

6.9 Plans utilisés pour la fabrication

Les pièces sont fabriquées selon les plans dûment identifiés transmis par le CEA, comportant la date d'édition, et en version « POUR REALISATION » (indice Rx). En aucun cas, un plan dans un autre état ne peut être utilisé pour la fabrication des pièces. En particulier, les indices Px – « Pour Information », ou Cx – « Pour Consultation » ne peuvent être utilisés pour fabriquer les pièces.

Le Titulaire prend soin de vérifier la validité des plans en sa possession (correspondance entre le numéro et l'indice des plans détenus et le numéro) avant de passer la pièce considérée en fabrication.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 15 / 23
	GDI 22-010/01	

6.10 Tolérances dimensionnelles

Les tolérances sont spécifiées sur les plans remis par le CEA et sont définies selon la norme ISO 2768 pour les tolérances générales et les normes ISO-GPS. Les cotes font l'objet d'un PV de contrôle établi pour chaque pièce par le Titulaire.

6.11 Outillages et programmes d'usinage

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.

Si une pièce nécessite pour sa réalisation un outillage spécifique, (pièces moulées, matricées ...) l'outillage dûment identifié doit être conservé en état d'utilisation par le Titulaire pendant une période de 5 ans à compter de la date de réception de la dernière pièce.

Les programmes informatiques (usinage sur machine à commande numérique) nécessaires à la réalisation des pièces sont dûment identifiés par le Titulaire et doivent être conservés pendant une durée de 5 ans à compter de la date de réception de la dernière pièce. Avant cette échéance, ils ne peuvent être détruits que sur la base d'un accord écrit préalable du CEA.

6.12 États de surface

Toutes les surfaces usinées doivent présenter une rugosité arithmétique (R_a) maximum de $3.2 \mu m$. Il est précisé que certaines surfaces usinées doivent présenter un R_a inférieur à la valeur susmentionnée. Les états de surfaces sont spécifiés sur les plans. Toutes les pièces doivent être ébavurées, et tous les angles vifs doivent être systématiquement cassés.

6.13 Interfaces mécaniques

Les interfaces mécaniques sont spécifiées sur les plans remis par le CEA et doivent être contrôlées et respectées. Ces interfaces peuvent être utilisées par le Titulaire au cours du cycle de vie de réalisation, notamment pour les contrôles, à condition de ne pas être endommagées. Le Titulaire prend soin de protéger ces interfaces de tout dommage qui pourrait conduire au refus de la pièce par le CEA.

6.14 Manipulation des pièces

Les pièces sont manipulées avec des gants propres (latex ou nitrile ou équivalent) non talqués afin d'éviter toute pollution par le toucher. Il convient de protéger les pièces autant que possible de la pollution ambiante de l'atelier lorsqu'elles sont en attente prolongée d'usinage.

Les éventuelles surfaces fonctionnelles sont protégées pour rester exemptes de coups ou rayures, ou trace quelconque visible.



6.15 Stockage des pièces

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

6.16 Marquage des pièces

Les pièces sont identifiées par un marquage défini par une procédure dont l'application est soumise à l'accord préalable écrit du CEA.

La localisation du marquage est confirmée par le CEA lors de la réunion d'enclenchement.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 16 / 23
	GDI 22-010/01	

7. Traitements de surface (métallisation)

7.1 Procédé

La métallisation des miroirs sera de l'Aluminium protégé par trois couches : SiO_2 , HfO_2 et SiO_2 , et le cas échéant Al_2O_3 , HfO_2 et SiO_2 .

7.2 Echantillons

Deux échantillons représentatifs devront être métallisés en même temps que chaque miroir. Un échantillon sera gardé par le titulaire, et l'autre sera expédié en même temps que le miroir au CEA. Les échantillons devront être tracés et identifiés.

Le Titulaire peut proposer la taille d'échantillon et le type qui lui conviennent (environ 5 cm², circulaire ou rectangulaire).

8. Exigences et spécifications sur les miroirs

Toutes les exigences finales exigées par le consortium CTA sont fournies en Annexe 3. Les miroirs devront répondre à toutes les exigences listées.

9. Essais et contrôles techniques en usine

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 ouvrés à l'avance du déroulement des contrôles du premier miroir.

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.

Tous les contrôles décrits dans ces spécifications sont obligatoires.

9.2 Aspect

Aucun défaut ne doit être décelable à l'œil nu. En particulier, un contrôle visuel devra valider chaque miroir avant la phase de métallisation.

La qualité du collage des éléments constituant les châssis (nid d'abeille, feuilles de verre, flancs) sera vérifiée. Aucune surface significative du châssis ne devra présenter d'excès ou de défaut de répartition de la résine.

La qualité d'ensemble de l'assemblage des constituants du miroir (qualité des joints, absence de jeu, qualité du dépôt des revêtements...) sera également vérifiée visuellement.



Un contrôle visuel de la métallisation sera également réalisé. Il ne devra pas y avoir de défauts détectables à l'œil nu.

9.3 Contrôles dimensionnels

Le contrôle final sera réalisé par le titulaire après métallisation et nettoyage.

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

Des contrôles intermédiaires des surfaces concaves et convexes seront réalisés par le Titulaire, pour valider le rayon de courbure (R0).

	<div style="text-align: center;"> SPECIFICATIONS TECHNIQUES </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> GDI 22-010/01 </div>	 <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> Page 17 / 23 </div>
---	--	--

9.4 Contrôles optiques

Outre la qualité sphérique de la face réfléchissante du miroir, la qualité du dépôt métallique et de sa protection conditionne les performances en termes de réflectivité et de pouvoir concentrateur. Cette caractérisation est faite avec un dispositif de type 2f. Ce test doit être fait en usine chez le titulaire.

La lumière émise par une source ponctuelle bleue (350 à 450 nanomètres) placée à la distance R0 sur l'axe du miroir et impactant celui-ci, doit être réfléchi (à plus de 80%) dans un disque de 28 mm de diamètre captant l'image de la source. Ce test doit être fait en usine chez le titulaire.

La caractérisation finale est la mesure de la fonction de dispersion et de la réflectivité du miroir sous forme de PSF (Point Spread Function). Elle est effectuée par le CEA, sur le site de Saclay, et constitue le test ultime d'acceptation du miroir.

10. Livraison des pièces

10.1 Emballage des pièces

L'emballage des pièces en vue de leur livraison sur le site de Saclay incombe au Titulaire.

L'emballage est réalisé pour chaque pièce de façon individuelle. Il doit être étanche et empêcher toute forme de contamination extérieure, notamment la corrosion. Chaque emballage doit présenter une étiquette permettant l'identification de la pièce.

Une fois emballées, les pièces sont installées par le Titulaire dans des caisses de transport à l'intérieur desquelles elles sont calées par de la mousse afin d'éviter tout mouvement ou choc avec d'autres ensembles au cours du transport.

La définition, la réalisation des caisses de transport incombent au Titulaire. Le nombre de caisses de transport, la répartition des fournitures au sein des caisses et les éventuelles protections des interfaces sont laissés à l'appréciation du Titulaire.

Les mentions HAUT et BAS ainsi que FRAGILE sont portées sur les caisses. Les caisses devront être conformes pour une exportation maritime, à raison de 10 caisses par conteneurs de 20 pieds. Les caisses devront satisfaire aux normes de transport international, en particulier le bois doit être conforme.

10.2 Conditions de livraison

Le transport des pièces jusqu'au CEA Saclay incombe au Titulaire.

Aucune livraison ne peut être effectuée sans l'accord écrit préalable du CEA, obtenu après conduite satisfaisante des essais et contrôles en usine précités.



Avant la livraison, le Titulaire prend soin de prévenir le responsable technique du CEA. En particulier, le Titulaire doit fournir les informations requises pour permettre l'accès du livreur au site de Saclay. A titre informatif, un délai minimum de huit jours est nécessaire pour une personne possédant la nationalité d'un État-membre de l'Union Européenne.

Un numéro de tracking et/ou le numéro de téléphone du livreur doivent être systématiquement fournis afin de pouvoir suivre l'état de livraison.

Si du matériel spécifique est requis lors du déchargement (chariot élévateur, pont roulant, transpalette ...), le Titulaire en informe le CEA avant l'expédition.

L'adresse de livraison est la suivante :

C.E.A. Saclay
CEA/DRF/IRFU/DEDIP
Bâtiment 123
F-91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

	<h1 style="text-align: center;">SPECIFICATIONS TECHNIQUES</h1>	 Page 18 / 23
	GDI 22-010/01	

Mise en garde du Titulaire : des détecteurs de chocs et de renversement doivent être fixés sur les caisses avant le transport.

11. Réception des pièces

La réception des pièces est prononcée par le CEA après satisfaction des conditions suivantes :

- la réalisation satisfaisante des essais et contrôles en usine ;
- la livraison des pièces sur le site du CEA/Saclay ;
- l'absence de dégât matériel survenu lors du transport ;
- une vérification de l'état de propreté des pièces par le CEA ;
- la validation par le CEA de l'ensemble des livrables documentaires associés ;
- le test final de réception par le CEA.

Le test final de réception est la mesure de la fonction de dispersion et de la réflectivité du miroir.

Dans le cas où des défauts seraient mis en évidence lors de ce test : le miroir sera refusé si le défaut est non systémique (c'est-à-dire ponctuel, et dont les causes sont clairement identifiées et immédiatement curables).

En cas de défaut systémique, d'origine non parfaitement comprise, la production sera suspendue jusqu'à sa correction.

Le test final de réception sera réalisé dans un délai d'un mois par le CEA suite à la livraison du miroir correspondant. En cas d'absence de réalisation de tests sur site dans un délai de maximum d'un mois suivant sa livraison, le miroir correspondant est réputé réceptionné par le CEA.

La réception, formalisée par un PV, emporte également transfert de propriété au bénéfice du CEA, du miroir considéré.

12. Exigences applicables à la gestion du marché

12.1 Correspondance

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

- Correspondants du CEA

Les correspondants du CEA sont les suivants :

- correspondants techniques :
 - Gaël DISSET, +331 69 08 52 15, gael.disset@cea.fr
 - Jean-Marc REYMOND, +331 69 08 44 84, jean-marc.reymond@cea.fr
- correspondant commercial :
 - Eloïse ROUQUE, +331 69 08 70 71, eloise.rouque@cea.fr

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

12.2 Réunions

Chaque réunion fait l'objet d'un compte rendu rédigé par le Titulaire.

Le tableau ci-dessous présente un descriptif des réunions prévues dans le cadre de l'exécution de la prestation.

Type de réunion	Description
Réunion de lancement	<p>La réunion de lancement est organisée selon l'ordre du jour prévisionnel suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présentation des parties ; - identification des correspondants des parties ; - revue des spécifications techniques (conception, matériaux, etc), - revue des plans ; - revue des jalons calendaires ; - liste des données d'entrée nécessaires au démarrage des activités.
Reunions d'avancement	<p>Des réunions de suivi peuvent être organisées à la demande de l'une ou l'autre des parties. En tout état de cause, les réunions d'avancement ont lieu à la fréquence minimale d'une par mois.</p>
Point-clé relatif aux traitements de surface	<p>Une réunion spécifique aux traitements de surface est organisée avant le démarrage de ceux-ci. Cette réunion est organisée dans les locaux du Titulaire et/ou, le cas échéant, chez le sous-traitant en charge de telles opérations.</p>

12.3 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.

12.4 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.

13. Assurance de la qualité

13.1 Plan d'assurance de la qualité

Le Titulaire établit un plan d'assurance de la qualité (PAQ) relatif à sa fourniture, conformément aux exigences de la norme ISO 9001 : 2008.

Dans tous les cas, le Titulaire remet un PAQ complété le cas échéant par des documents d'assurance de la qualité que le Titulaire utilise pour répondre aux exigences des présentes spécifications techniques. Ces documents sont soumis à l'approbation du CEA, au plus tard à la réunion de lancement.

	<p align="center">SPECIFICATIONS TECHNIQUES</p>	 Page 20 / 23
	<p align="center">GDI 22-010/01</p>	

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

Le CEA se réserve le droit d'effectuer à tout moment des vérifications concernant l'application du PAQ et du système de gestion de la qualité par le Titulaire. A cette fin, le Titulaire laisse libre accès à ses installations et facilite les audits qualité effectués par du personnel du CEA. Le correspondant CEA peut être présent s'il le souhaite durant toute opération d'essais, de fabrication, de contrôle.

13.2 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.



13.3 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 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.

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 21 / 23
	GDI 22-010/01	

ANNEXE 1 - Liste des plans

Le tableau ci-dessous présente la liste des plans applicables dans le cadre du marché.

- 71 1070 DM – 0009 005 CC : Plot fixation
- 71 1070 DM – 0009 009 CC : Plaque dessus
- 71 1070 DM – 0009 011 CC : Bordure nid d'abeille
- 71 1070 DM – 0009 014 CB : Feuille de verre avant
- 71 1070 DM – 0009 015 CB : Bordure

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	 Page 22 / 23
	GDI 22-010/01	

ANNEXE 2 – Procédure d'intégration d'un miroir

1- Vérification, nettoyage et dépoussiérage du moule

1/1- Nettoyage de la 1ere feuille de verre

1/2- Mise en place de la 1ere feuille de verre et du scotch Kapton

1/3- Pompage du verre sur le moule

2-1^{ere} Enduction de colle

2/1- Préparation de la colle

2/2- Dépose de la colle sur la feuille de verre

3- Mise en place des flancs du moule

4- Mise en place du Nid d'Abeille.

5- Encollage des bordures

6- Mise en place des bordures

7- 2^{ème} Enduction de colle

7/1- Préparation de la colle

7/2- Dépose de la colle

8- Nettoyage de la 2eme feuille de verre

9- Dépose de la colle sur la feuille de verre

10- Mise en place de la 2eme feuille de verre

11- Mise en place des blocs de pressage sur face arrière

12- Polymérisation (durée : 12 heures mini)

13- Démoulage de la structure

14- Mise en place et collage des pads



15- Métallisation

16- Contrôle de la courbure de la structure

17- Collage film de protection anti-UV à l'arrière et sur les flancs

18- Marquage/numérotation

19- Emballage et transport

	SPECIFICATIONS TECHNIQUES		 Page 23 / 23
	GDI 22-010/01		

ANNEXE 3 - MST Mirror Specifications

MST-STR-SD-36142000-00007_MST-Mirror-Specifications_v1.1