

	<p><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p><b>Page : 0/67</b></p>
---	---	---	---------------------------



## **Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 :**

**Fourniture de Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras NectarCAM de l'observatoire Cherenkov Telescope Array (CTA) pour le compte de l'IRAP-CNRS**

		<b>MST-CAM / NectarCAM</b>	<b>Page : 1/67</b>
		<i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i>	

Applicable Documents (AD)	
Title	
<b>AD1</b>	Liste des composants électroniques
<b>AD 2</b>	Liste des PMT
<b>AD 3</b>	Liste des éléments mécaniques du DU
<b>AD 4</b>	Dossier design carte IB
<b>AD 5</b>	Spécification tests carte IB
<b>AD 6</b>	Dossier design carte HVPA
<b>AD 7</b>	Spécification tests carte HVPA
<b>AD 8</b>	Procédure de câblage du DU
<b>AD 8</b>	Procédure de montage mécanique d'un DU unitaire
<b>AD 9</b>	Spécification tests DU
<b>AD 10</b>	Procédure d'assemblage mécanique d'un FPM
<b>AD 12</b>	Spécification tests FPM
<b>AD 13</b>	Spécification stockage des éléments



List of Abbreviations			
<b>AOI 3D</b>	Automated Optical Inspection 3 Dimensions	<b>FAI</b>	First Article Inspection
<b>AXI 3D</b>	X-Ray Inspection	<b>FPM</b>	Focal Plane ModuleHigh Voltage PreAmplifier
<b>BTDU</b>	Banc de Tests des <b>Detector Units</b>	<b>HG</b>	High Gain Channel
<b>BTfPM</b>	Banc de Tests des <b>FPM</b>	<b>HVPA</b>	High Voltage PreAmplifier
<b>BTHVPA</b>	Banc de Tests des cartes <b>HVPA</b>	<b>IB</b>	Interface BoardPreAmplifier for Cherenkov Telescope Array
<b>BTIB</b>	Banc de Tests des cartes <b>IB</b>	<b>LG</b>	Low Gain ChannelPrinted Circuit Board
<b>CTAO</b>	Cherenkov Telescope Array Observatory	<b>PACTA</b>	PreAmplifier for Cherenkov Telescope Array
<b>DCE</b>	Dossier de Consultation des Entreprises	<b>PCB</b>	Printed Circuit Board
<b>DU</b>	Detector Unit	<b>PMT</b>	Photo Multiplier Tube

		<b>MST-CAM / NectarCAM</b>	<b>Page : 2/67</b>
		<i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i>	

## - Table des matières –

### Table des matières

<b>1</b>	<b>OBJET ET FORME DU MARCHÉ.....</b>	<b>4</b>
1.1	PRÉSENTATION GÉNÉRALE .....	4
1.2	MINIMUM ET MAXIMUM DE COMMANDE DE L'ACCORD-CADRE .....	4
<b>2</b>	<b>PRESENTATION GENERALE DU BESOIN .....</b>	<b>7</b>
2.1	CONTEXTE SCIENTIFIQUE : LE PROJET NECTARCAM .....	7
2.2	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU FPM .....	8
2.3	DESCRIPTION DES CONSTITUANTS DU FPM .....	8
2.3.1	Description générale de la carte l'Interface Board (IB) .....	8
2.3.2	Description Générale de l'unité de détection (DU).....	9
2.3.3	Description des constituants du DU .....	10
2.3.4	Description de la structure mécanique FPM.....	12
2.4	CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES .....	12
<b>3</b>	<b>LISTE DES PRESTATIONS A REALISER .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>SYNOPTIQUE GENERALE ET ENCHAÎNEMENT DES PRESTATIONS .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>CONTROLE PROJET .....</b>	<b>15</b>
5.1	LANGUE .....	15
5.2	EQUIPE DÉDIÉE .....	15
5.3	PLANNING .....	15
5.4	RÉUNIONS, COMPTES-RENDUS, ACTIONS .....	15
5.4.1	Réunion de démarrage .....	15
5.4.2	Réunions et rapports d'avancement .....	15
5.4.3	Réunions spécifiques .....	16
5.4.4	Liste d'actions .....	16
5.5	DOCUMENTATION.....	16
5.6	MISE À DISPOSITION DES DONNÉES ET DOCUMENTS.....	16
5.7	LIEU D'EXÉCUTION.....	16
5.8	ACCÈS AUX LOCAUX.....	16
<b>6</b>	<b>ASSURANCE PRODUIT .....</b>	<b>17</b>
6.1	TRAÇABILITÉ.....	17
6.2	NON-CONFORMITÉS .....	17
<b>7</b>	<b>BIEN CONFIES AU TITULAIRE PAR L'IRAP .....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>ECHELONNEMENT DES QUANTITES - DELAIS D'EXECUTION .....</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES PRESTATIONS.....</b>	<b>19</b>
9.1	PRESTATION 000 : RÉCEPTION/STOCKAGE .....	19
9.1.1	Prestation 001 : Réception Et Stockage Des Composants Électroniques.....	19
9.1.2	Prestation 002 : Réception, Stockage Des Photomultiplicateurs (PMT).....	21
9.1.3	Prestation 003 : réception et stockage des pièces mécanique DU .....	23
9.1.4	Prestation 004 : réception et stockage des pièces mécaniques FPM .....	25
9.2	PRESTATION 005 : TRAÇABILITÉ .....	27
9.3	PRESTATION 100 : IB.....	28
9.3.1	Prestation 101: Fabrication PCB.....	28
9.3.2	Prestation 102 : câblage cartes IB .....	33
9.3.3	Prestation 103 : Vérification des cartes IB .....	35
9.3.4	Prestation 104 (optionnelle) : X-Ray Inspection des cartes IB .....	37

		<b>MST-CAM / NectarCAM</b>	<b>Page : 3/67</b>
		<i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i>	

9.3.5	Prestation 105 : Déverminage des cartes IB .....	38
9.3.6	Prestation 106 : Réalisation des tests fonctionnels unitaires sur carte IB .....	39
9.3.7	Prestation 107 : Conditionnement et livraison des cartes IB de rechange.....	40
9.4	PRESTATION 200 : CARTE HVPA.....	41
9.4.1	Prestation 201: Fabrication PCB.....	41
9.4.2	Prestation 202 : câblage carte HVPA .....	46
9.4.3	Prestation 203 : Vérification des cartes HVPA .....	48
9.4.4	Prestation 204 (optionnelle): Vérification par X-Ray Inspection des cartes HVPA.....	50
9.4.5	Prestation 205 : Déverminage des cartes HVPA.....	51
9.4.6	Prestation 206 : Réalisation des test fonctionnels unitaires sur carte HVPA .....	52
9.4.7	Prestation 207 : Conditionnement et livraison des cartes HVPA de rechange .....	53
9.5	PRESTATION 300 : DU.....	54
9.5.1	Prestation 301 : câblage PMT/HVPA .....	54
9.5.2	Prestation 302 : Tropicalisation.....	56
9.5.3	Prestation 303 : Assemblage mécanique des DU, traçabilité .....	58
9.5.4	Prestation 304 : Réalisation des test fonctionnels unitaires sur DU .....	59
9.5.5	Prestation 305 : Conditionnement et livraison des DU de rechange .....	60
9.6	PRESTATION 400 : INTÉGRATION FPM .....	61
9.6.1	Prestation 401 : Assemblage et traçabilité des FPM .....	61
9.6.2	Prestation 402 : Tests des FPM.....	63
9.6.3	Prestation 403 (Optionnelle) : Stockage avant livraison .....	64
9.6.4	Prestation 404 : Conditionnement et livraison des FPM .....	65
9.6.5	Admission des prestations .....	66
9.6.6	Restitution à la fin de la validité de l'accord-cadre .....	66

## 1 OBJET ET FORME DU MARCHÉ

Le présent marché porte sur la fourniture et la livraison de FPM (Focal Plane Modules) pour les caméras NectarCAM de l'observatoire Cherenkov Telescope Array (CTA) pour le compte de l'IRAP-CNRS.

### 1.1 Présentation générale

Le marché est accord-cadre qui s'exécute exclusivement au moyen de bons de commande en application de l'article R2162-2 alinéa 2° du Code de la commande publique.

L'accord-cadre est mono-attributaire (conclus avec un seul opérateur économique).

L'accord-cadre prévoit les prestations suivantes :

- Bon de commande : « Fourniture de FPM pour les caméras 1, 2, 3, 4 et 5 NectarCam »
- Bon de commande : « Fourniture de FPM pour une caméra »
- Bon de commande : Prestation Vérification X-Ray Inspection des cartes IB
- Bon de commande : Prestation Vérification X-Ray Inspection des cartes HVPA
- Bon de commande : Prestations de stockage des FPM

### 1.2 Minimum et maximum de commande de l'accord-cadre

Conformément à l'article R2162-4 1° du Code de la commande publique, l'accord-cadre est conclu avec un montant minimum (en quantité) et avec un montant maximum (en quantité).

**Le pouvoir adjudicateur s'engage à commander a minima les prestations suivantes :**



- Bon de commande : « Fourniture de FPM pour les caméras 1, 2, 3, 4 et 5 NectarCam »  
soit 1146 FPM, 40 IB, 50 HVPA, 105 DU réparti comme suit

Caméras	Quantité de FPM	Quantité carte IB de remplacement (dit spare)	Quantité carte HVPA de remplacement (dit spare)	Quantité DU de remplacement (dit spare)
Caméra 1	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
Caméra 2	<b>275</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
Caméra 3	<b>275</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
Caméra 4	<b>275</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
Caméra 5	<b>275</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>21</b>



➤ **Le maximum en quantité est fixé à :**

- 3071 FPM + 96 IB spares + 120 HVPA spares + 252 DU spares, correspondant à 12 caméras répartis comme indiqué dans le tableau ci-dessous,
- Prestation Vérification Advanced 3D X-Ray Inspection de 200 cartes IB (correspondant aux 12 caméras)
- Prestation Vérification Advanced 3D X-Ray Inspection des 1115 cartes HVPA (correspondant aux 12 caméras)
- Pour trois (3) caméras, une prestation de stockage maximale six mois (cf. article 9.6.3 du CCTP n°25022)

Caméra	Quantité de FPM	Quantité carte IB de remplacement (dit spare)	Quantité carte HVPA de remplacement (dit spare)	Quantité DU de remplacement (dit spare)
Caméra 1	46	8	10	21
Caméra 2	275	8	10	21
Caméra 3	275	8	10	21
Caméra 4	275	8	10	21
Caméra 5	275	8	10	21
Caméra 6	275	8	10	21
Caméra 7	275	8	10	21
Caméra 8	275	8	10	21
Caméra 9	275	8	10	21
Caméra 10	275	8	10	21
Caméra 11	275	8	10	21
Caméra 12	275	8	10	21
TOTAL	3071	96	120	252

		<p><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p><b>Page : 6/67</b></p>
---	---	---	---------------------------

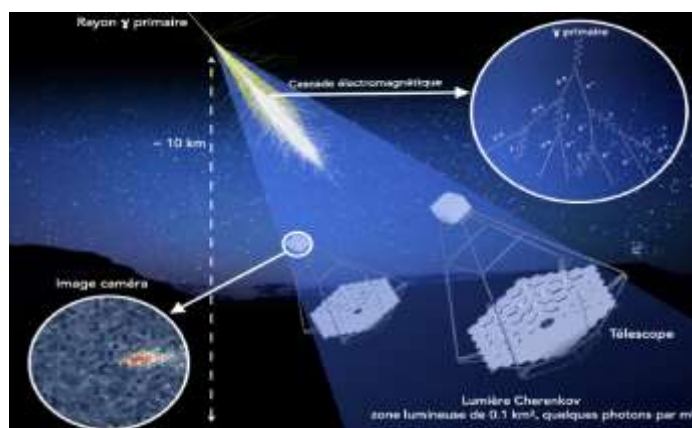
**La quantité maximale n'engage pas le CNRS.** Il ne correspond pas au budget du CNRS alloué au marché. Il représente le montant maximum des commandes que le CNRS est susceptible de passer auprès du Titulaire pendant toute la durée de l'accord-cadre.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 7/67</b></p>
---	---	---	---

## 2 PRESENTATION GENERALE DU BESOIN

### 2.1 Contexte scientifique : le projet NECTARCAM

Les caméras NectarCAMs seront placées dans le plan focal des télescopes de taille moyenne de l'observatoire Cherenkov Telescope Array (CTA) sur le site de l'Observatoire des Canaries (la Palma, Espagne). Ces télescopes ont pour objectif de réaliser des images et des spectres des émissions gamma de très haute énergie (photons de 0.1 à 30 TeV) en provenance de sources astrophysiques. A ces énergies, un photon gamma produit une bouffée de photons (appelés photons Cherenkov) lorsqu'il interagit dans l'atmosphère, à une dizaine de kilomètres. Une partie de cette bouffée de photons est collectée par le télescope qui réalise ainsi une image de la gerbe électromagnétique sur la caméra située dans son plan focal. L'analyse de cette image permet de restituer la direction et l'énergie du photon gamma astrophysique incident.



La caméra NectarCAM est conçue et réalisée par un consortium de laboratoires situés en France, en Espagne et en Allemagne. L'IRFU CEA est responsable de l'assemblage de la caméra. Dans le cadre de ce consortium, l'IRAP a la responsabilité de fournir les éléments situés dans le plan focal des NectarCAM. Ces éléments, appelés Modules du Plan Focal (FPM pour Focal Plane Modules), sont les objets de ce cahier des charges.

Le plan focal de la caméra NectarCAM est équipé de 1855 détecteurs (photomultiplicateurs) qui sont regroupés par 7 dans **265 modules de plan focal** (FPM pour Focal Plane Module) (Figure 1).

Chaque FPM est connecté au reste de la caméra par une carte électronique (FEB : Front End Board) qui amplifie et numérise les signaux des détecteurs (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le poids de la caméra est d'environ 2 tonnes et ses dimensions sont 2.8 m × 1.9 m × 1.15 m.

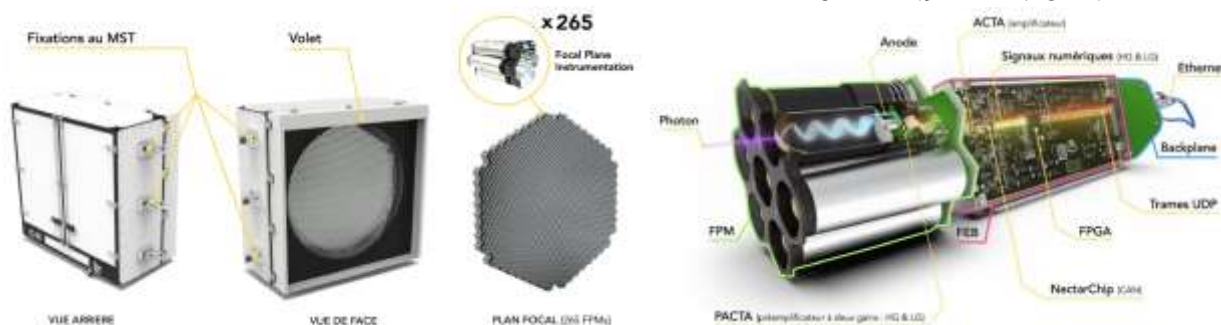
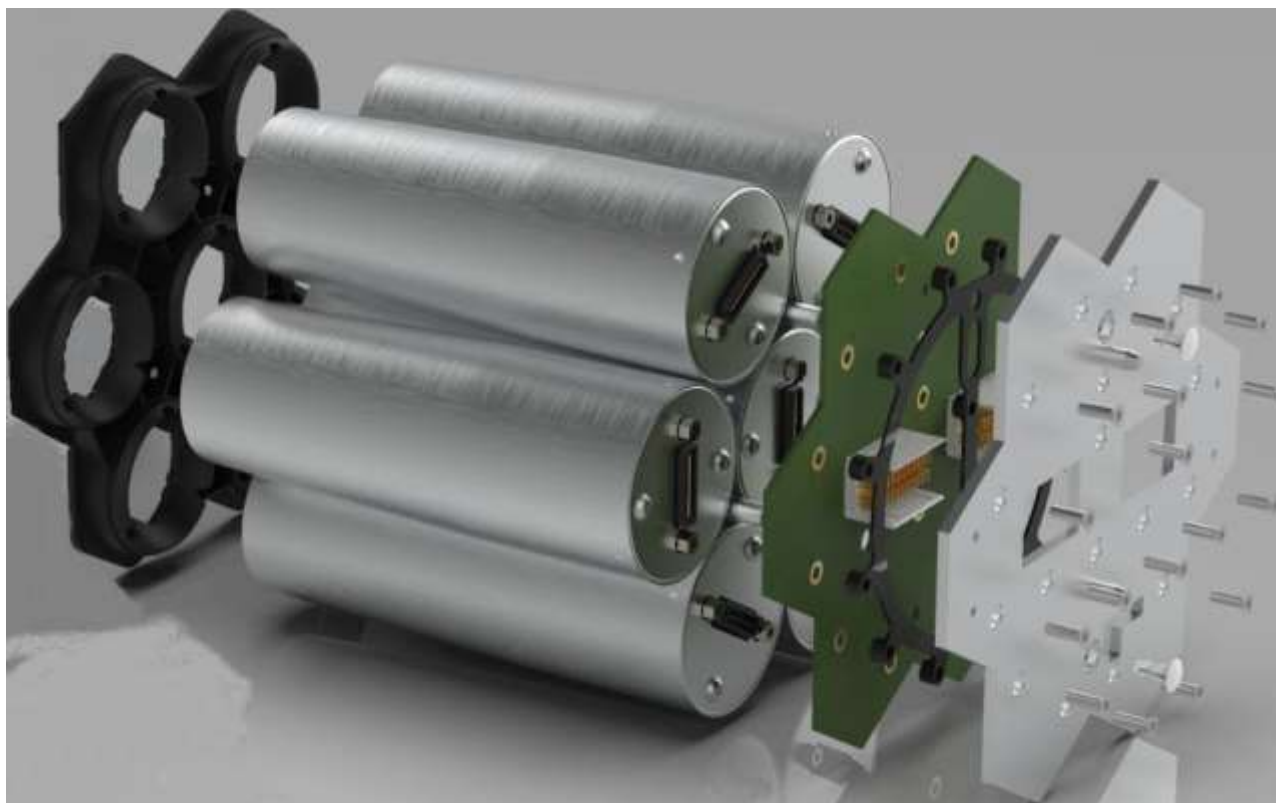


Figure 1 : Gauche : Image du modèle mécanique de la caméra NectarCAM. Droite : Module complet (FPM + FEB + Backplane) de la NectarCAM : la détection d'un photon et la digitalisation (©A. Tsiaghina, O.Ferreira, IRAP)



## 2.2 Description générale du FPM

Un FPM (Figure 2) est une brique de base du plan focal d'une caméra. Il est constitué de 7 unités de détections (DU) montés sur la carte d'interface board (IB). L'ensemble est intégré dans la structure mécanique FPM.

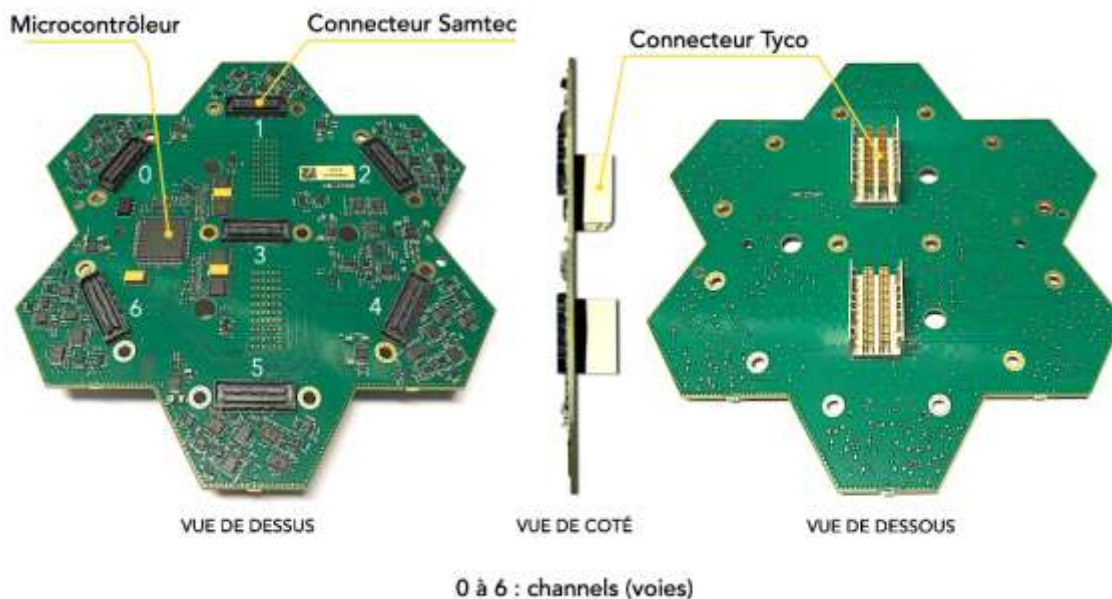


*Figure 2 : Vue d'artiste éclatée des éléments d'un FPM avec sa mécanique*

## 2.3 Description des constituants du FPM

### 2.3.1 Description générale de la carte l'Interface Board (IB)

La carte IB (Figure 3) reçoit les signaux pré-amplifiés de chaque détecteur branché sur les connecteurs Samtec en face avant (sept) et les transmet vers le reste de la caméra via les connecteurs TE Connectivity (anciennement Tyco) en face arrière. Elle est notamment composée d'un microcontrôleur. Le PCB de la carte IB est en technologie multicouches (six) rigide en conformité avec la norme IPC 2222 A.



*Figure 3 : Carte Interface Board (photo non contractuelle)*

La carte IB compte 495 composants électroniques,

- Essentiellement de type CMS,
- Dont deux connecteurs à assemblage Press-Fit.

La liste de l'ensemble des composants à assembler sur dans la carte IB sera fournie par l'IRAP et sera détaillée dans la nomenclature des composants (voir AD1).

### **2.3.2 Description Générale de l'unité de détection (DU)**

Un DU (Figure 4 & Figure 5) est constitué d'un photomultiplicateur (PMT) qui convertit les photons incidents en signal électrique (impulsion en courant) lorsqu'ils interagissent avec le matériau sensible aux photons appelé photocathode.

Le PMT soudé à la carte HVPA est monté dans une mécanique en aluminium qui sert de protection et de blindage électrique.



Figure 4 : Assemblage mécanique d'une précédente production de DU. A gauche les éléments mécaniques d'un DU, au centre montage de maintien de l'ensemble PMT-HVPA, à droite DU habillé dans son tube en aluminium. (image non contractuelle, des évolutions mineures sont prévues)



Figure 5 : DU vu coté connecteur

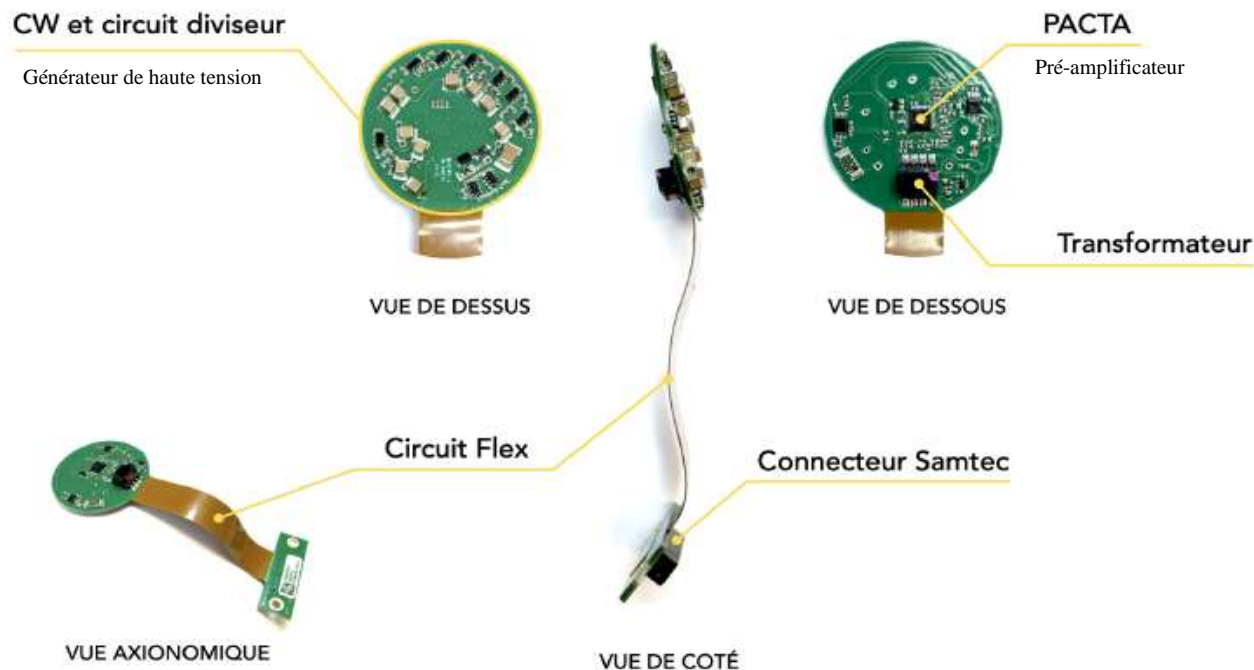
### 2.3.3 Description des constituants du DU

**PMT:** Les PMT sont équipés d'un blindage (HA coating) et d'un blindage magnétique (mu-métal). Ils ont 9 tiges de connexion : 7 dynodes, une photocathode et une anode. Ces tiges sont brasées sur la carte HVPA.



Figure 6 : Photomultiplicateur (PMT)

**Carte HVPA:** La carte HVPA (High Voltage & PreAmplifier board) génère la haute tension de fonctionnement du PMT (jusqu'à ~2kV) et pré-amplifie le signal. Le PCB de la carte est un flex rigide 6 couches en conformité avec la norme IPC 2223, qui amène les signaux électriques sur un connecteur SAMTEC (Figure 7).



*Figure 7 : Carte HVPA*

**Eléments mécaniques DU:** Il s'agit de plusieurs pièces mécaniques qui assurent l'intégrité électrique (blindage) et structurelle (Figure 4 et Figure 5).

### 2.3.4 Description de la structure mécanique FPM

La structure mécanique du FPM est composée d'éléments à visser. La liste des éléments de la structure mécanique est donnée dans **AD 10** : Procédure d'assemblage mécanique d'un FPM.





*Figure 8: Structure mécanique du FPM*

## 2.4 Conditions environnementales

Les modules du plan focal doivent résister pendant 10 ans aux contraintes environnementales suivantes :

- En fonctionnement, la température à l'intérieur des caméras NectarCAM sera contrôlée (gradient en température < 10 degrés Celsius). Les cartes électroniques doivent tenir une accélération de 0.6 g maximum.
- Hors fonctionnement, les valeurs extrêmes de la température sont -20 et +40 degrés Celsius avec une variation en température < 30 degrés Celsius sur 24 h.



		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 13/67</b></p>
---	---	---	--

### 3 LISTE DES PRESTATIONS A REALISER

Les prestations sont les suivantes :

- Prestation 000 : Réception/stockage
  - Prestation 001 : réception et stockage des composants électroniques
  - Prestation 002 : réception, stockage des photomultiplicateurs (PMT)
  - Prestation 003 : réception et stockage des pièces mécanique DU
  - Prestation 004 : réception et stockage des pièces mécanique FPM
  - Prestation 005 : Traçabilité
- Prestation 100 : IB
  - Prestation 101: fabrication PCB carte IB
  - Prestation 102 : câblage carte IB
  - Prestation 103 : vérification AOI des cartes IB
  - Prestation 104 (optionnelle) : X-Ray Inspection des cartes IB
  - Prestation 105 : déverminage carte IB par cyclage thermique
  - Prestation 106 : réalisation des test fonctionnels unitaires sur carte IB
  - Prestation 107 : conditionnement et livraison des cartes IB de rechange
- Prestation 200 : HVPA
  - Prestation 201: Fabrication PCB carte HVPA
  - Prestation 202 : câblage carte HVPA
  - Prestation 203 : vérification AOI des cartes HVPA
  - Prestation 204 (optionnelle) : X-Ray Inspection des cartes HVPA
  - Prestation 205 : déverminage carte HVPA par cyclage thermique
  - Prestation 206 : réalisation des test fonctionnels unitaires sur carte HVPA
  - Prestation 207 : conditionnement et livraison des cartes HVPA de rechange
- Prestation 300 : DU
  - Prestation 301 : câblage PMT/HVPA
  - Prestation 302 : tropicalisation
  - Prestation 303 : assemblage mécanique des DU, traçabilité
  - Prestation 304 : réalisation des test fonctionnels unitaires sur DU
  - Prestation 305 : conditionnement et livraison des DU de rechange
- Prestation 400 : intégration FPM
  - Prestation 401 : assemblage et traçabilité des FPM
  - Prestation 402 : réalisation des tests unitaires sur les FPM
  - Prestation 403 (optionnelle) : stockage avant livraison
  - Prestation 404 : conditionnement et livraison des FPM

## 4 SYNOPTIQUE GENERALE ET ENCHAINEMENT DES PRESTATIONS

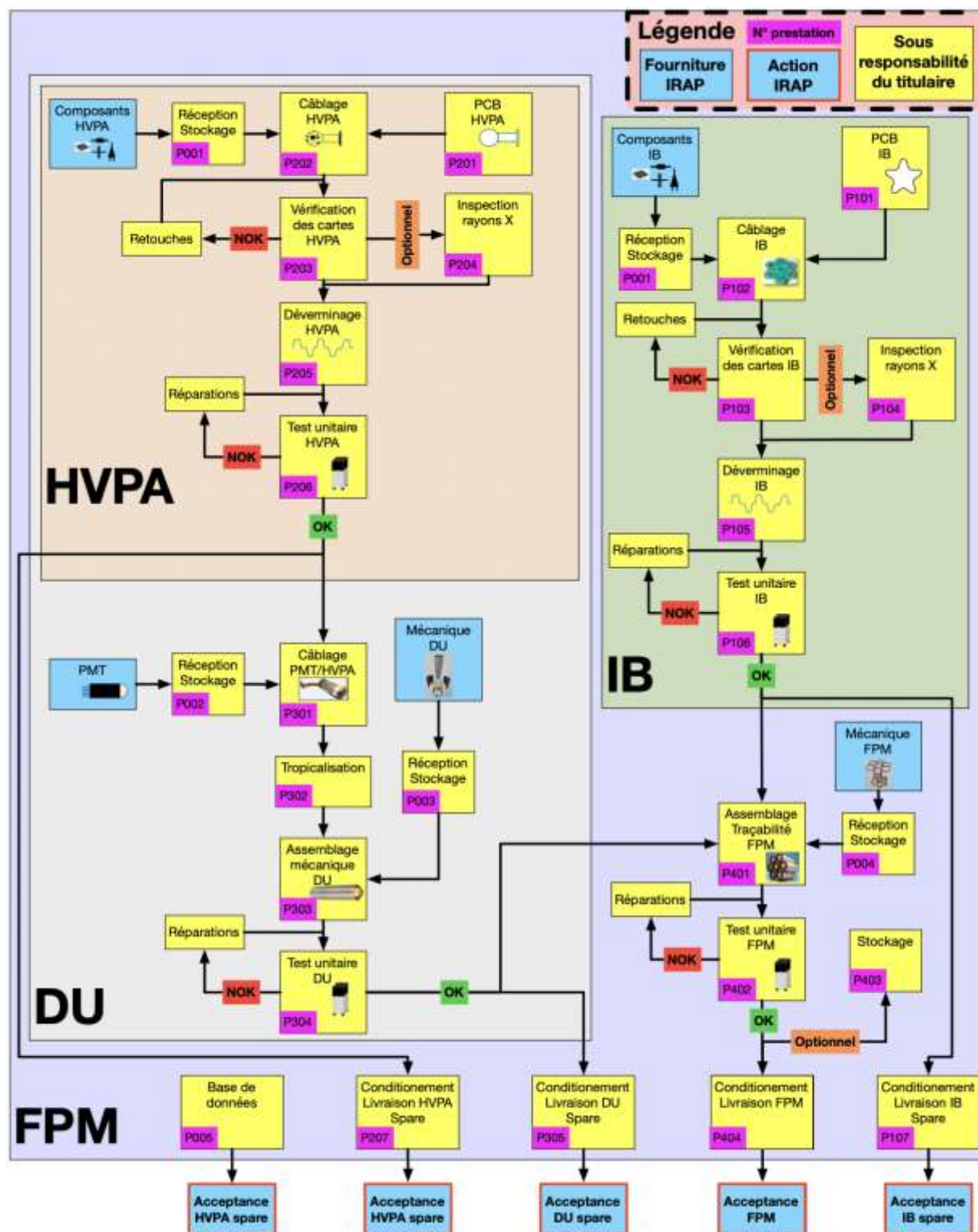




Figure 9: Description des opérations non exhaustive (Légende : Jaune=Titulaire, Bleu=IRAP)

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 15/67</b></p>
---	---	---	--

## 5 CONTROLE PROJET

### 5.1 Langue

Le français est la langue officielle pour ce marché.

Les correspondances, réunions et discussions relatives au marché doivent se dérouler en français.

Le titulaire désigne pour son exécution, un interlocuteur privilégié, ayant la maîtrise de la langue française qui assure la conduite du projet.

### 5.2 Equipe dédiée

Le Titulaire s'engage à constituer et maintenir en place les moyens techniques et humains ayant une excellente connaissance tel que décrits dans le cadre de réponse technique (« 25.14.003\_Annexe 2 au CCTP \_Cadre de réponse technique (CRT) ») pour assurer l'exécution des prestations pendant toute la durée de l'accord-cadre.

Le Titulaire définit seul, sous sa responsabilité, le nombre de membres de son personnel qui seront chargés de la réalisation de ses obligations au titre de l'accord-cadre. Le Titulaire reconnaît que la stabilité de son équipe est déterminante pour la bonne exécution de l'accord-cadre.

Le Titulaire s'engage à ce que les membres de son équipe possèdent la compétence, l'expérience et les qualités de probité et de confiance nécessaires à la bonne exécution de ses obligations.

Les éventuels coûts de formation des membres de l'équipe du Titulaire, pour la réalisation des Prestations, seront à la charge exclusive du Titulaire.

L'équipe du Titulaire sera dirigée par le Coordinateur du Titulaire (RTT), qui est responsable du bon déroulement de la prestation et sera investi d'une autorité suffisante pour prendre des décisions au jour le jour, au fur et à mesure de l'avancement des Prestations.

### 5.3 Planning

Le titulaire doit gérer un planning global des prestations. Une copie de ce planning sera jointe à chaque compte-rendu d'avancement.

### 5.4 Réunions, comptes-rendus, actions

#### 5.4.1 Réunion de démarrage

Une réunion de démarrage sera organisée entre le titulaire et le pouvoir adjudicateur, au plus tard quinze (15) jours ouvrés à compter de la notification de l'accord-cadre. Les modalités et la date de la réunion seront établies d'un commun accord entre le pouvoir adjudicateur et le titulaire. La réunion est organisée dans les locaux du titulaire



#### 5.4.2 Réunions et rapports d'avancement

Le titulaire devra organiser des réunions d'avancement au cours desquelles sera présenté l'état technique et contractuel des travaux (liste des actions, planning, ...).

Il est demandé l'envoi des documents à l'IRAP au minimum 2 jours avant la date de réunion.

A l'issue de ces réunions un compte-rendu sera rédigé par le titulaire. Tous les aspects impliquant la



		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 16/67</b></p>
---	---	---	--

qualité y seront systématiquement rapportés. Cette réunion d'avancement pourra se réaliser par téléconférence.

#### **5.4.3 Réunions spécifiques**

Des réunions d'avancement, des réunions spécifiques pourront être organisées sur demande de l'IRAP ou du titulaire.

#### **5.4.4 Liste d'actions**

Le compte rendu d'avancement de la réunion précédente fait office de liste d'actions. Toute action non clôturée à la réunion d'avancement suivante sera reportée automatiquement sur le compte-rendu d'avancement de cette réunion.

### **5.5 Documentation**

Toute documentation livrée sera rédigée en **français**.

L'ensemble des documents sera fourni à l'IRAP pour acceptation puis devra être validé par le responsable IRAP.

Ces documents seront délivrés sous format numérique en pdf sauf mention contraire.

### **5.6 Mise à disposition des données et documents**

Le titulaire remettra à l'IRAP les livrables de données de tests et documentaires. La mise en place, par le titulaire, d'un serveur sécurisé pendant toute la durée du marché est nécessaire afin de faciliter la transmission des documents. L'accès à cet espace sera donné lors de la réunion de démarrage.

L'IRAP aura accès en temps réel au contenu de la base de données de suivi de production.

### **5.7 Lieu d'exécution**

Les prestations sont exécutées dans les locaux du titulaire.



Le déport des prestations objet de l'accord-cadre hors du lieu initialement déclaré ne peut se faire qu'avec **l'accord exprès et préalable** du Pouvoir Adjudicateur. Tant que cet accord écrit n'est pas fourni au titulaire, aucun déport ne peut avoir lieu.

Quel que soit le lieu du déport, l'ensemble des contraintes de sécurité et de performance telles qu'elles sont édictées dans les pièces de l'accord-cadre applicables doivent être respectées. Il appartient au titulaire de fournir au Pouvoir Adjudicateur tous les éléments nécessaires à l'appréciation de ces garanties. Si le Pouvoir Adjudicateur estime ces garanties insuffisantes, le déport des prestations sera refusé.

Le non-respect de ce paragraphe entraînera l'application des pénalités fixées à l'article 10.3 du CCAP.

### **5.8 Accès aux locaux**

Conformément à l'article 22.1 du CCAG-MI, le titulaire assure à l'IRAP le libre accès à tous les lieux d'exécution des prestations qu'il a précisés dans les documents particuliers du marché, y compris chez ses sous-traitants. En complément à l'article 22.1 du CCAG-MI, le titulaire assure l'accès des locaux

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 17/67</b></p>
---	---	---	--

aux fournisseurs.  
Le titulaire est responsable de toute entrave apportée au libre exercice de la surveillance en tout lieu d'exécution des prestations, y compris chez ses sous-traitants.  
Pendant leur temps de présence sur les sites, les intervenants de l'IRAP sont tenus de se conformer au règlement intérieur. Ils se voient, si nécessaire, délivrer un moyen d'accès (badge, clé, ...) pour la durée de la tâche. Ce moyen d'accès doit être restitué en fin de prestation.

Dans l'hypothèse où le CNRS constate une anomalie susceptible de mettre en péril la bonne exécution du marché, le CNRS le signale au titulaire. Toutefois, l'absence d'observation du CNRS ne décharge pas le titulaire de son obligation de résultat.

## **6 ASSURANCE PRODUIT**

Le titulaire est responsable de la qualité des produits livrés. La gestion des activités de l'assurance produit et de la qualité doit être conforme aux pratiques du système qualité du titulaire.

Le titulaire doit identifier, dès l'origine, un interlocuteur qualité responsable dans le cadre du marché. Il est en contact étroit avec le responsable qualité de l'IRAP et informe le projet de tout incident ou difficulté rencontrée dans le déroulement des activités techniques.

L'IRAP s'accorde le droit de procéder à tout moment à un audit du système qualité du titulaire et de ses fournisseurs.

Pour les besoins des revues, des réunions et des points clefs, pour toutes autres activités liées à l'assurance de la qualité ou en cas d'audit, le titulaire doit garantir l'accès à ses locaux et à ceux de ses fournisseurs le cas échéant.

La fréquence et le contenu des réunion d'avancement, audits qualité et des revues seront définis conjointement entre le titulaire et l'IRAP lors de la réunion de démarrage du projet. Ces éléments seront adaptés si une dérive était constatée durant la production.

### **6.1 Traçabilité**



La traçabilité de chaque élément constitutif des produits livrables doit être assurée par le titulaire. Les moyens de cette traçabilité doivent être disponibles dans les locaux du prestataire. Ils doivent en outre, établir une relation sans équivoque entre le matériel, les procédés, les équipements, les opérateurs, les dates, la documentation associée et les divers enregistrements.

La documentation doit être disponible et archivée dans les locaux du titulaire, au moins, pendant toute la validité du marché.

### **6.2 Non-conformités**

Le titulaire a la responsabilité de résoudre les non conformités et prendre les mesures nécessaires le cas échéant concernant l'ensemble des produits.

Pour toute détérioration constatée et/ou perte, et/ou défaut d'information faite à l'IRAP, la

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 18/67</b></p>
---	---	---	--

responsabilité du titulaire peut être engagée conformément aux mentions du CCAP.

Les coûts de résolution des non conformités seront à la charge du titulaire si elles sont imputables au process de production ou aux fournitures dont est responsable le titulaire.

Pour rappel, pour tout défaut d'information fait à l'IRAP, la responsabilité du titulaire peut être engagée conformément aux mentions du CCAP n°25022.

## **7 BIEN CONFIES AU TITULAIRE PAR L'IRAP**



Dans le cadre du présent marché, l'IRAP confie, au titulaire les biens suivants :

- Fournitures, par caméra, pour la production série :
  - o PMT : 500k€
  - o Composants : 80k€ (DU) + 80 k€ (IB) = 160 k€
  - o Eléments mécaniques : 130K€ par caméra

Le titulaire est responsable des biens confiés. Le titulaire doit justifier d'une police d'assurance couvrant les montants estimés ci-dessus et les prestations objet du marché.

## **8 ECHELONNEMENT DES QUANTITES - DELAIS D'EXECUTION**

cf. article 6 du CCAP n°25021.

		<b>MST-CAM / NectarCAM</b> <i>Cahier des Clauses Techniques Particulières  (CCTP) n°25022 :  Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour  les caméras projet NectarCAM/CTAO</i>	<b>Page : 19/67</b>
---	---	---	---------------------

## 9 SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES PRESTATIONS

### 9.1 Prestation 000 : Réception/stockage

#### 9.1.1 Prestation 001 : Réception Et Stockage Des Composants Électroniques

##### 9.1.1.1 Objectifs

Le titulaire est en charge de la réception et du stockage des composants fournis par l'IRAP.

##### 9.1.1.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Composants électroniques nécessaires à la fabrication des FPM commandés : À titre informatif cela représente 2,4 millions de composants (51 références), soit un volume d'environ 4000 litres. L'ensemble des références ont un packaging de type « bobine » et plateau. Ces composants seront fournis par un prestataire chargé du stockage. Ils pourront être fournis en totalité ou partiellement pour suivre la production.
- Liste et spécification de stockage des composants électroniques (**AD1** : Liste des composants).

Le titulaire fournit :

- Espace de stockage.
- Dispositif de stockage adapté à la définition de la prestation.

##### 9.1.1.3 Définition de la prestation

**Vérifier la bonne réception** de l'ensemble des composants actifs et passifs pour la carte HVPA : quantité et état du conditionnement.

**Stocker** les composants dans des dispositifs appropriés qui garantissent leur intégrité dans la durée conformément à **AD 13** : Spécification stockage des éléments.

Pour chaque élément, l'IRAP fournit le nombre nominal de composants incluant les phases de réglage de la production. Tout composant supplémentaire est à la charge du titulaire.

**Restituer, à la fin de la réalisation**, le restant des composants fournis qui n'ont pas été câblés.



##### 9.1.1.4 Sorties

Composants stockés.

##### 9.1.1.5 Accès aux données

Pendant toute la durée de la prestation, le registre de suivi du stock de composant, ainsi que le suivi de l'enregistrement de température/humidité du site de stockage seront mis à disposition en temps réel à l'IRAP.

##### 9.1.1.6 Livrables



		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 20/67</b></p>
---	---	---	--

**À la réception :** bon de livraison signé attestant de la bonne réception des composants après vérification.

**En fin de production :**

- registre de suivi du stock de composant
- restitution des composants non câblés dans des sachets antistatiques, avec dans l’emballage un sachet dessiccant et un témoin HIC conformément à **AD 13** : Spécification stockage des éléments.

**Rapports de non conformités** le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 21/67</b></p>
---	---	---	--

## **9.1.2 Prestation 002 : Réception, Stockage Des Photomultiplicateurs (PMT)**

### **9.1.2.1 Objectifs**

Le titulaire est en charge de la réception et du stockage des photomultiplicateurs fournis par l'IRAP.

### **9.1.2.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Les PMT nécessaires à la fabrication des FPM commandés : À titre informatif cela représente environ 17 500 PMT au total (20 m<sup>3</sup>), les PMT sont fournis en carton de 100 PMT. Il y a 7 PMT par FPM.
- Liste et spécification de stockage des PMT (AD 13 : Spécification stockage des éléments)

Le titulaire fournit :

- Espace de stockage adapté à la définition de la prestation.

### **9.1.2.3 Définition de la prestation**

**Vérifier la bonne réception** de l'ensemble des PMT : quantité et état du conditionnement (dont le statut de détecteurs de chocs et de température).

**Stocker** les PMT dans un local approprié qui garantit leur intégrité dans la durée conformément à AD 13 : Spécification stockage des éléments.

L'IRAP se réserve le droit de demander, à tout moment, un contrôle visuel par échantillonnage des PMT. Un document décrivant les critères d'acceptation visuelle sera fourni par l'IRAP lors de cette demande.

Pour chaque élément, l'IRAP fournit le nombre nominal de PMT incluant les phases de réglage de la production. Tout PMT supplémentaire est à la charge du titulaire.

**Restituer, à la fin de la réalisation**, le restant des PMT fournis par l'IRAP qui n'ont pas été câblés.

### **9.1.2.4 Accès aux données**

Pendant toute la durée de la prestation, le registre de suivi du stock de PMT, ainsi que le suivi de l'enregistrement de température/humidité du site de stockage seront mis à disposition en temps réel à l'ingénieur de production.

### **9.1.2.5 Sorties**



PMT stockés.

### **9.1.2.6 Livrables**



**À la réception** : bon de livraison signé attestant de la bonne réception des PMT après vérification.

**En fin de production** :

- registre de suivi du stock de PMT
- restitution des PMT non câblés dans leur conditionnement d'origine.

		<p><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p><b>Page : 22/67</b></p>
---	---	---	----------------------------

**Rapports de non conformités** le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 23/67</b></p>
---	---	---	--

### 9.1.3 Prestation 003 : réception et stockage des pièces mécanique DU

#### 9.1.3.1 Objectifs

Le titulaire est en charge de la réception et du stockage des pièces mécaniques DU fournies par l'IRAP au fur et à mesure de la production, à la demande du titulaire.

#### 9.1.3.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Pièces mécaniques avec visserie :
  - 6 éléments par DU + 2 vis et 2 entretoises pour le connecteur
  - soit un volume total d'environ 20 m<sup>3</sup> pour toutes les caméras.
- Liste et spécification de stockage des éléments mécaniques du DU (AD 13 : Spécification stockage des éléments).



*Figure 10: Eléments mécaniques du DU*

Le titulaire fournit :

- Espace de stockage adapté à la définition de la prestation.

#### 9.1.3.3 Définition de la prestation

**Vérifier la bonne réception de l'ensemble des éléments mécaniques**

Les pièces ne doivent pas être dégradées

**Stocker** les éléments mécaniques dans un local approprié qui garantit les caractéristiques minimales définies dans AD 13 : Spécification stockage des éléments.



Pour chaque élément, l'IRAP fournit le nombre nominal de composants incluant les phases de réglage de la production. Tout composant supplémentaire est à la charge du titulaire.

**Restituer, à la fin de la réalisation,** le restant des éléments mécaniques qui n'ont pas été utilisés

#### 9.1.3.4 Accès aux données

Pendant toute la durée de la prestation, le registre de suivi du stock de composant, ainsi que le suivi de l'enregistrement de température/humidité du site de stockage seront mis à disposition en temps



		<p style="text-align: center;"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p style="text-align: right;"><b>Page : 24/67</b></p>
---	---	---	---

réel à l'IRAP.

#### **9.1.3.5 Sorties**

Eléments mécaniques stockés.



#### **9.1.3.6 Livrables**

**À la réception** : bon de livraison signé attestant de la bonne réception des éléments mécaniques du DU après vérification.

**En fin de production** :

- registre de suivi du stock des éléments mécaniques du DU
- restitution des éléments mécaniques DU non utilisés.

**Rapports de non conformités** le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 25/67</b></p>
---	---	---	--

#### **9.1.4 Prestation 004 : réception et stockage des pièces mécaniques FPM**

##### **9.1.4.1 Objectifs**

Le titulaire est en charge de la réception et du stockage des pièces mécaniques FPM fournies par l'IRAP.

##### **9.1.4.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Pièces mécaniques avec visserie :
  - 6 éléments par FPM + 2 pîges + 20 vis
  - soit un volume d'environ 20 m<sup>3</sup> pour toutes les caméras.
- Liste des éléments mécaniques.
- Spécification de stockage.



*Figure 11: Éléments mécaniques du FPM.*

Le titulaire fournit :

- Espace de stockage adapté à la définition de la prestation.

##### **9.1.4.3 Définition de la prestation**

**Vérifier la bonne réception de l'ensemble des éléments\_mécaniques.**

**Stocker** les éléments mécaniques dans un local approprié qui garantit leur intégrité dans la durée conformément à **AD 13** : Spécification stockage des éléments.



Pour chaque élément, l'IRAP fournit le nombre nominal de composants incluant les phases de réglage de la production. Tout composant supplémentaire est à la charge du titulaire.

**Restituer, à la fin de la réalisation,** le restant des éléments mécaniques qui n'ont pas été utilisés

##### **9.1.4.4 Accès aux données**

Pendant toute la durée de la prestation, le registre de suivi du stock des éléments mécaniques du FPM sera mis à disposition en temps réel à l'IRAP.

##### **9.1.4.5 Sorties**

		<p style="text-align: center;"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <hr/> <p style="text-align: center;"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p style="text-align: right;"><b>Page : 26/67</b></p>
---	---	---	---

Éléments mécaniques stockés.



#### **9.1.4.6 Livrables**

**À la réception** : bon de livraison signé attestant de la bonne réception des éléments mécaniques du FPM après vérification.

**En fin de production** :

- registre de suivi du stock des éléments mécaniques du FPM
- restitution des éléments mécaniques FPM non utilisés.

**Rapports de non conformités** le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 27/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.2 Prestation 005 : Traçabilité

Toute activité touchant un élément sera tracée dans la base de données.

### 9.2.1.1 Objectifs

Le titulaire mettra en place une base de données qui centralisera tous les éléments documentaires du projet.

### 9.2.1.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- La liste des éléments à tracer

Le titulaire fournit :

- Les moyens d'implémentation de la base de données
- Tout élément qu'il juge utile d'ajouter à la base

### 9.2.1.3 Définition de la prestation

Cette prestation vise à implémenter une base de données qui centralisera tous les éléments à tracer lors du processus de production. Cette base de données servira à l'IRAP pour suivre l'état de la production en temps réel. Pour le cas où le suivi se ferait directement sur le serveur de la base alors une archive de la base de donnée proprement dite sera livrée en fin de production.

### 9.2.1.4 Accès aux données



Non applicable

### 9.2.1.5 Sorties

La base de données implémentée.

### 9.2.1.6 Livrables

Une archive de la base de données.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 28/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.3 Prestation 100 : IB

### 9.3.1 Prestation 101: Fabrication PCB

#### 9.3.1.1 Objectifs

Le titulaire sera en charge de l'approvisionnement (achat sur plan de la fabrication) et de la vérification des circuits imprimés (PCB) pour les cartes IB.

#### 9.3.1.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte IB

Le titulaire fournit :

- Pas de fournitures

#### 9.3.1.3 Définition de la prestation

Sélection du fournisseur : achat sur plan de la fabrication et contrôle du PCB selon l'IPC A600 classe 3 et IPC 6012 class 3.

Cette prestation est décomposée en deux phases :

- Phase 1 : Réalisation et marquage des circuits imprimés
- Phase 2 : Contrôle et tests des circuits imprimés

##### 9.3.1.3.1 Réalisation et marquage des Circuits Imprimés

Les caractéristiques des circuits imprimés sont les suivantes :

- Norme IPC A600 classe 3 et IPC 6012 class 3
- Nombre de couches : 6
- Dimensions : Le circuit imprimé possède les dimensions indiquées dans la figure 5
- Découpe pcb sur flan: tolérance sur dimension hors tout : +0.5/-0.0 mm
- Perçages et métallisation: Aucun via enterré. Via uniquement traversante.
- Empilage : Définition du PCB suivant la figure 4
- Via : Diamètre minimum 0.3 mm (trou)
- Technologie Press fit : Trou fini (métallisé) 0.61 mm +/- 0.05 mm
- Perçage : Tolérance +/- 0.05 mm
- Epaisseur de la carte : 1,60 mm +/- 10%
- Finition : ENIG selon IPC 4552
- -Planéité : 0.75% (IPC) de la diagonale
- Vernis épargne : oui, de chaque côté de la carte, Selon IPC 840 avec un maximum de 30 um, de couleur verte
- Sérigraphie : non
- Test ICT de type flying probe à 100 %
- Contrôle d'impédance par test de type TDR sur coupon le cas échéant

Matière	Epaisseur typique en $\mu\text{m}$	Rigide
Vernis	20	
Cu Ext.1 avec recharge	45	
Preg 2116 (IPC4101/126)	260	
Cu Int.2	35	
Core 0.25 mm, 2116 (IPC4101/126)	250	
Cu Int.3	35	
Preg 2116 (IPC4101/126)	260	
Cu Int.4	35	
Core 0.25 mm, 2116 (IPC4101/126)	250	
Cu Int.5	35	
Preg 2116 (IPC4101/126)	260	
Cu Ext.6 avec recharge	45	
Vernis	20	

Figure 4 : Empilage des couches du pcb IB

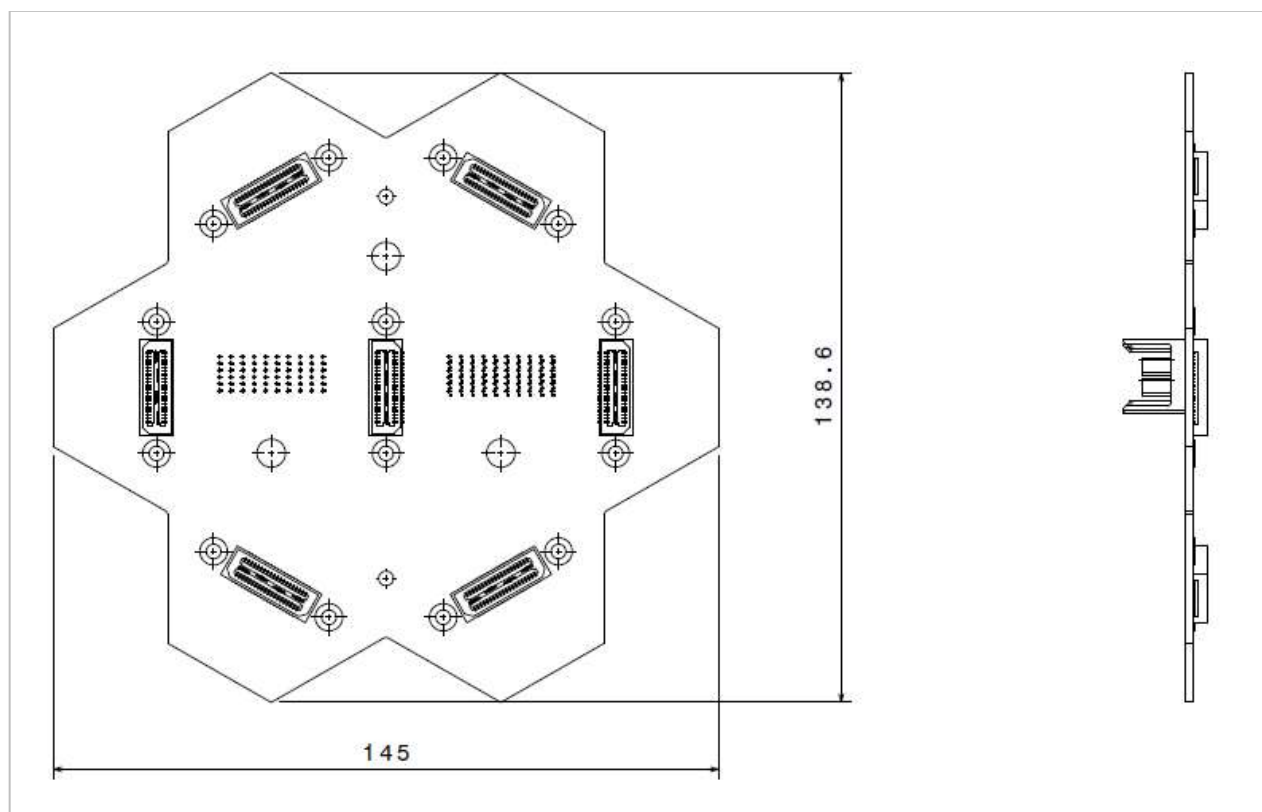
#### Matière :

Matiere FR4 ( pour les cores et les preppreg ) : IPC4101/126, tissu 2116 et matière anti CAF.

Cuivre des cores et des foils externes : tooth profile medium selon l'IPC 4562

#### Impédance cible :

Impedance target							
Layer	Type	Config.	Ref.	Impedance ( $\Omega$ )		Dimensions ( $\mu\text{m}$ )	TDR Test
				Value	Tolerance		
Ext.1	Differential	Coated microstrip	int 2	100	+/-10%	350/400/350	OUI





*Figure 5 : Dimensions carte IB*

Chaque **circuit imprimé** sera identifié par un SN incrémental inscrit sur un 2D Data Matrix. La tenue du marquage (étiquette adhésive + encre, marquage lors de la fabrication du PCB, autre moyen...) doit être assurée pour une durée d'au moins **15 ans**. Le marquage devra être résistant à toutes les étapes de fabrications : four, nettoyage, déverminage etc.

Le titulaire utilisera un marquage codé qui permettra de localiser le circuit imprimé unitaire vis-à-vis de sa position sur le panneau de travail.

Les éléments suivants sont à titre indicatif, le marquage définitif sera fourni lors de la réunion de démarrage (les valeurs xxxx et y seront données à la réunion de démarrage) :

- Le marquage d'identification du code DataMatrix:
  - **703-6.5N.1.1.2/y/xxxx** pour la première carte
  - **Marquage incrémental**
- Le marquage d'identification visible à proximité du code DataMatrix:
  - **IB/y/xxxx** pour la première carte
  - **Marquage incrémental**
- Taille marquage : texte le plus grand possible
- Taille Data matrix 6mm x 6mm minimum
- Dimensions minimales du marquage 18 mm x 6 mm et maximale de 20 mm X 10 mm.
- Position : sera décidée avec le titulaire à la réunion de démarrage

		<p style="text-align: center;"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p style="text-align: right;"><b>Page : 31/67</b></p>
---	---	---	---

Suite aux productions antérieures, s'assurer :

- Qu'une marge de sécurité soit présente tout autour du code. La distance minimale est de 2 épaisseurs de code "blanc".
- De la qualité d'impression afin que l'étiquette ne présente ni point noir, ni effacement partiel, ni bavures.

#### 9.3.1.3.2 Phase 2 : Contrôles et tests des circuits imprimés

Compte tenu des contraintes d'approvisionnement du stock de composants fournis par l'IRAP et de la disponibilité des certains d'entre eux, il est fondamental de minimiser les pertes de composants. Dans ce but, il est demandé de s'assurer de la conformité des PCB.

Une fois les circuits imprimés fabriqués, ceux-ci doivent être conformes à la **norme IPC-A-600 Classe 3**.

**Pour chaque circuit**, les opérations suivantes doivent être effectuées :

- Tests électriques : continuité et isolation à 250V
- Vérifier les résultats des tests électriques 100 % continuité et court-circuit
- Inspection visuelle, notamment les points suivants :
  - Aspect général (absence de rayures, défauts sur les pistes, ...) en conformité avec l'IPC A 600 class 3
  - Dimensions et épaisseur du circuit imprimé.
  - Conformité du verni épargne en conformité avec l'IPC 840
- Vérifier les rapports de test et de conformité de chaque circuit imprimé
- Si un circuit ne satisfait aux tests à 100% :
  - Il devra être écarté du lot et suivre le process de non-conformité.
  - **Aucune réparation de PCB n'est autorisée.**

**Pour chaque lot de PCB fabriqués**, les opérations suivantes doivent être effectuées :



- Mesures d'impédances sur les 2 lignes différentielles – valeurs attendues  $100\ \Omega \pm 10\%$  en différentiel et  $50\ \Omega \pm 10\%$  en unipolaire
- Vérifier les résultats des tests d'impédances
- Des tests par **coupe métallographique**. Cela concerne :
  - La mesure de l'épaisseur des couches
  - La vérification de l'épaisseur et de l'espacement des conducteurs
  - La vérification de la matière première
  - Nota : les tests des coupes pourront être fait à l'aide des coupons de tests. La micro-section métallographique sera réalisée en conformité avec l'IPC TM 650 method 2.6.8 , test condition A ( 10 sec 288 °C), sur des plans de coupe qui seront définis conjointement.

#### 9.3.1.4 Accès aux données

Les données de contrôle des PCB seront mises à disposition en temps réel dans la base de données.

#### 9.3.1.5 Sorties





		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <hr/> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 32/67</b></p>
---	---	---	--

- Les PCB de la carte IB
- Une base de données permettant, pour chacune des cartes, d'obtenir les informations suivantes :
  - Date
  - Commentaires
  - Rapports de non conformités le cas échéant
  - Rapport de coupe microsection des PCBs
  - Les coupons de microsection et de tests pour chaque lot de PCB fabriqués
- Les tests de coupes seront conservés par le titulaire

#### **9.3.1.6 Livrables**

Pas de livrables.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 33/67</b></p>
---	---	---	--

### **9.3.2 Prestation 102 : câblage cartes IB**

#### **9.3.2.1 Objectifs**

Le titulaire sera en charge du câblage et du contrôle des cartes IB.

#### **9.3.2.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte IB

Le titulaire fournit :

- Les circuits imprimés (PCB) (prestation 101)
- Composants stockés

#### **9.3.2.3 Définition de la prestation**



Câblage :

- Le câblage des cartes IB sera réalisé conformément aux critères d'acceptabilité définis par la **norme IPC-A-610 Classe 3**.
- Le processus de report doit respecter les normes sans plomb (RoHs, REACH). La creme a braser utiliser sera un SAC 305. Le type de la crème, c'est-à-dire la granulometrie sera définie après analyse de la typologie des composants . Le procédé de refusion doit se réaliser sur un four à passage avec inertage. Le nombre de zone doit etre approprié ( 12 zones préférables).es profils à utiliser seront conforme à la J STD 020.
- L'étape de « Press-Fit » sera fait après le passage au four de refusion. Le montage « Press-Fit » des connecteurs J7 et J8 sur les PCB devra être conforme à la norme IPC-9797 et suivant les recommandations de la datasheet fabricants des connecteurs (voir AD4).
- L'outil d'insertion pour le Press-fit ainsi que outils de maintien sont est à la charge du titulaire. La presse utilisée sera appropriée pour la tache.Le contrôle de la force d'insertion et de la course sont obligatoires.
- La vérification de la bonne insertion des connecteurs press fit, se fera par une inspection visuelle face bottom, sous binoculaire 10X/40X, à 100 %
- La dépanelisation sera effectuée par milling ou découpe laser.
- La mise en flan pour la fabrication des PCB devra donc etre réalisée en conséquence

L'impossibilité de réapprovisionnement de certains composants impose de réparer, dans la mesure du possible, les cartes présentant des défauts de câblage.

Pour la suite, nous définissons :

- Retouche : intervention avec un outil ( fer a souder par ex), afin de rendre conforme un joint ou supprimer un court-circuit, mais sans retirer un composant ( qu'il soit remis ou

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 34/67</b></p>
---	---	---	--

échangé), ni sans en rajouter.

- Rework/ reprise : intervention consistant à retirer un composant, ou en rajouter.

En cas de découverte de non-conformité (prestations 103, 104 ou 106) une reprise manuelle est possible dans les conditions suivantes :

- Les reworks sont autorisés si ils sont réalisés en conformité avec l'IPC 7711/7721 .  
Les reworks sont autorisés avec un maximum de 2 par carte
- Les retouches sont autorisées.

Il sera réalisé une mesure de contamination ionique selon l'IPC TM 650 method 2.3.25 avec une limite à 1.56 ug eq NaCL/cm². La mesure sera réalisée en fin de process , avant l'application du conformal coating. Elle sera réalisé une seule fois lors du 1er lot de fabrication/ Qualification.

#### **9.3.2.4 Accès aux données**



Les données de câblage des PCB seront mises à disposition en temps réel dans la base de données:-

#### **9.3.2.5 Sorties**

- Cartes IB câblées
- Base de données complétées pour chacune des cartes IB pour les étapes de préparation câblage et de câblage, les résultats des prestation 103, 104, 105 et 106.

#### **9.3.2.6 Livrables**

- Statut du stock : quantités composants utilisés par lot de cartes IB câblées

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 35/67</b></p>
---	---	---	--

### 9.3.3 Prestation 103 : Vérification des cartes IB

#### 9.3.3.1 Objectifs

Le titulaire sera en charge des vérifications de 100% des cartes par :

- inspections AOI 3D , selon l'IPC A 610 class 3.
- Test ICT de type flying probe

#### 9.3.3.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte IB

Le titulaire fournit :

- Les cartes IB câblées

#### 9.3.3.3 Définition de la prestation

La vérification des cartes électroniques sera réalisée conformément à la **norme IPC-A-610 Classe 3**.

Les points à vérifier en particulier sont les suivants :

- Connexion des composants montés en surface,
- Qualité des brasures,
- Alignement, la connexion brasée et le remplissage pour les composants montés en surface,
- Absence de composants endommagés ou manquants,
- Absence de corps étrangers.

Ces vérifications se feront par un contrôle automatisé par machine d'inspection optique 3 dimensions (AOI 3D) sur la totalité des cartes :

- Inspection par imagerie 3D post reflow
- Points de contrôle : position & sens, valeur/réf. lisible, conformité brasure
- 100% de couverture (hors brasure cachée)
- Résolution optique 10 µm
- Les brasures cachées seront vérifiées par XRAY au minimum sur les 3 premières cartes d'un lot de refusion ( ie QFN )



Pour le test « flying probe », toutes mesures jugées utiles par le prestataire permettant une bonne fiabilité des cartes câblées.

#### 9.3.3.4 Accès aux données

Les rapports d'AOI et de test flying probe seront intégrés à la base de données.

#### 9.3.3.5 Sorties



- Cartes contrôlées par AOI et flying probe
- Base de données complétées pour chacune des cartes IB pour cette étape :
  - Date

		<p><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p><b>Page : 36/67</b></p>
---	---	---	----------------------------

- Commentaires
- Rapport AOI
- Rapport flying probe
- Rapports de non conformités le cas-échéant

#### **9.3.3.6 Livrables**

- Base de données

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 37/67</b></p>
---	---	---	--

#### **9.3.4 Prestation 104 (optionnelle) : X-Ray Inspection des cartes IB**

Cette prestation sera réalisée si survenance du besoin et sera commandée par bon de commande.

##### **9.3.4.1 Objectifs**

Le titulaire sera en charge des vérifications du report des composants par inspections AXI.

##### **9.3.4.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte IB

Le titulaire fournit :

- Les cartes IB câblées

##### **9.3.4.3 Définition de la prestation**

Si survenance du besoin, le pouvoir adjudicateur pourra commander une prestation « contrôle par X-Ray Inspection (AXI 3D) sur des cartes par lot de fabrication pour une caméra ».

- Composants à inspecter : SOP, QFP, transistors
- Points de contrôle : voids, circuit ouvert, défaut de mouillage, quantité de brasure, déplacement, corps étranger, pont, présence de plomb
- Résolution image 6  $\mu\text{m}$
- Le titulaire devra prouver qu'il utilise les filtres appropriés et estimer la dose recue par les cpts inspectés (par ex rad/mn)

##### **9.3.4.4 Sorties**

- Cartes contrôlées par AXI
- Base de données complétées pour chacune des cartes IB pour l'étape AXI:
  - Date
  - Commentaires
  - Rapports de non conformités le cas-échéant

##### **9.3.4.5 Accès aux données**

Les rapports d'inspection seront intégrés à la base de données.

##### **9.3.4.6 Livrables**

- Rapports de non conformités.

### 9.3.5 Prestation 105 : Déverminage des cartes IB

#### 9.3.5.1 Objectifs

Le titulaire sera en charge du déverminage des cartes IB.

#### 9.3.5.2 Entrées

L'IRAP fournit :

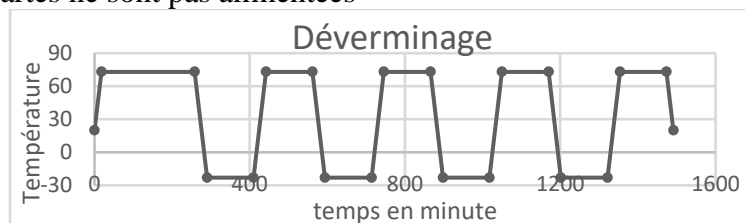
- Le cycle de déverminage.

Le titulaire fournit :

- Les cartes IB câblées
- Les moyens de réalisation du déverminage

#### 9.3.5.3 Définition de la prestation

- Ce déverminage sera réalisé **sur toutes les cartes IB**
- Le déverminage comportera :
  - une période de 4h de burn-in à  $+70^{\circ}\text{C} +3^{\circ}/ - 0^{\circ}\text{C}$
  - un cycle de température en VRT (Variation Rapide de Température) de
    - $+70^{\circ}\text{C} +3^{\circ}/ - 0^{\circ}\text{C}$
    - $-20^{\circ}\text{C} +0^{\circ}\text{C}/ -3^{\circ}\text{C}$
    - Rampe entre 3 et 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$
  - Durée totale de déverminage : 24 heures
  - Le dernier pallier devant être impérativement haut, avant que les portes ne soient ouvertes
  - Les cartes ne sont pas alimentées



*Figure 6 : Profil en température du déverminage*

#### 9.3.5.4 Accès aux données



Les paramètres du déverminage seront intégrés à la base de données.

#### 9.3.5.5 Sorties

- Cartes IB déverminées
- Base de données IB complétées pour chacune des cartes pour l'étape déverminage :
  - Date
  - Commentaires
  - Rapports de non conformités le cas échéant
  - Paramètres du déverminage (mesures réellement effectuées du profil déverminage)

#### 9.3.5.6 Livrables

Pas de livrables.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 39/67</b></p>
---	---	---	--

### **9.3.6 Prestation 106 : Réalisation des tests fonctionnels unitaires sur carte IB**

#### **9.3.6.1 Objectifs**

Le titulaire sera en charge des tests des cartes électroniques IB sur un banc de test automatisé.

#### **9.3.6.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Une spécification exhaustive des tests et vérifications à effectuer sur la carte IB ainsi que les vecteurs de test
- Un prototype de banc de test fonctionnel, à titre d'information

Le titulaire fournit :

- Cartes IB assemblées, contrôlées et déverminées
- Un banc de test automatique implémentant les tests demandés
- Espace de sauvegarde et stockage sécurisé
- Le design du banc devra être fourni à l'IRAP

#### **9.3.6.3 Définition de la prestation**

- Le titulaire développera le banc de test nécessaire pour la mise en œuvre des tests automatiques. La conception du banc sera présentée à l'IRAP.
- Le résultat des tests est sanctionné par un GO/no GO ainsi que la génération automatique d'un rapport de tests associé.

#### **9.3.6.4 Accès aux données**

Les résultats des tests automatiques seront intégrés à la base de données.



#### **9.3.6.5 Sorties**

- Cartes IB testées et validées par un GO du banc de tests
- Une base de données contenant pour chaque carte :
  - l'ensemble des paramètres mesurés par le banc
  - l'ensemble des rapports de test

#### **9.3.6.6 Livrables**

- Base de données contenant les résultats des tests.



		<p style="text-align: center;"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p style="text-align: right;"><b>Page : 40/67</b></p>
---	---	---	---

### **9.3.7 Prestation 107 : Conditionnement et livraison des cartes IB de rechange**

#### **9.3.7.1 Objectifs**

Assurer la protection des carte IB de rechange durant leur transport en appliquant un conditionnement adéquat et en garantissant leur traçabilité.

#### **9.3.7.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Adresse de livraison à Toulouse (frais d'envoi à la charge du titulaire)
- Spécifications d'emballage et de conditionnement
- Exigences de traçabilité

Le titulaire fournit :

- Des IB de rechange testés GO et autorisés à être livrés

#### **9.3.7.3 Définition de la prestation**

Le titulaire est en charge d'emballer chaque IB de rechange afin de garantir leur protection. Chaque IB de rechange, sera emballée indépendamment. Cet emballage protégera la carte de l'humidité, des chocs et des décharges ESD.

Le numéro de Lot de la carte IB emballée sera rappelé sur l'emballage (voir **Erreur ! Source du r envoi introuvable.**).

#### **9.3.7.4 Accès aux données**



Sans objet

#### **9.3.7.5 Sorties**

- IB de rechange conditionnés et protégés
- Identification claire et lisible du contenu sans nécessiter l'ouverture du carton (QR Code et texte)

#### **9.3.7.6 Livrables**

- IB de rechange conditionnées et protégés (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
- Base de données base de données afférente aux cartes IB de rechange livrée (Prestation 005).

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 41/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.4 Prestation 200 : carte HVPA

### 9.4.1 Prestation 201: Fabrication PCB

#### 9.4.1.1 Objectifs

Le titulaire est en charge de l'approvisionnement (achat sur plan de la fabrication) et de la vérification des circuits imprimés (PCB) pour les cartes HVPA.

#### 9.4.1.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte HVPA

Le titulaire fournit :

- Pas de fourniture

#### 9.4.1.3 définition de la prestation

Sélection du fournisseur : achat sur plan de la fabrication et contrôle du PCB selon l'IPC A600 classe 3 et IPC 6012 class 3.

Cette prestation est décomposée en deux phases :

- Phase 1 : Réalisation et marquage des circuits imprimés
- Phase 2 : Contrôle et tests des circuits imprimés

##### 9.4.1.3.1 Phase 1: Réalisation des Circuits Imprimés par le fournisseur de PCB

Les spécifications des circuits imprimés sont les suivantes :

- Norme IPC A600 classe 3 et IPC 6012 class 3
- Nombre de couches : 6
- Dimensions : Le circuit imprimé possède les dimensions indiquées dans la Figure 12.
  - Il a la particularité d'être Flex-Rigide.
- Découpe pcb sur flan : tolérance sur diamètre 40.0mm : +0.5/-0.0 mm (à confirmer lors du quick-off)
- Percages et métallisation : aucun via enterré. Via uniquement traversant sur partie rigide du PCB.
- Empilage : Définition du PCB suivant la **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**
- Epaisseur de la carte : 1.3 mm +/- 10%
- Finition : ENIG
- Planéité : 0.75% (IPCA)
- Vernis épargne : Oui, de chaque côté de la carte
- Sérigraphie : Non
- Les coverlay avec adhésif ne doivent pas être insérés à plus de 1 mm dans la partie rigide du pcb
- Cuivres extérieurs : 17 um + recharge = 45 um
- Chaque circuit imprimé doit être identifié.
- Le Flex devra supporter la courbure imposée par le design

## Empilage HVPA V7

Matière	Epaisseur en mm (typique)	Rigide	Flex	Rigide
Vernis	20			
Cu Ext.1	45			
Core 0.15 mm (IPC4101/126)	150			
4 X Preg 1080NF (IPC4101/126)	300		Coverlayer IPC4203/1 1	
Cu Int.2	17			
Core polyimide 0.05 mm (IPC4204/11)	50			
Cu Int.3	17			
2 X Preg 106NF (IPC4101/126)	100		Coverlayer IPC4203/1 2	
Cu Int.4	17			
Core Polyimide 0.05 mm (IPC4204/11)	50			
Cu Int.5	17			
4 X Preg 1080NF (IPC4101/126)	300		Coverlayer IPC4203/1 1	
Core 0.15 mm (IPC4101/126)	150			
Cu Ext.6	45			
Vernis	20			

Epaisseur totale du pcb = 1300 um +/- 10%

*Stackup des couches : 10%) (extrait HVPA proto V7B)*

### Matière :

Matiere FR4 ( pour les cores et les preppreg ) : IPC4101/126, tissu 2116 et matière anti CAF.  
Cuivre des cores et des foils externes : tooth profile medium selon l'IPC 4562

Coverlayer 1 : DUPONT Pyralux coverlay LF0110

Coverlayer 2 : DUPONT Pyralux Bond Ply LF0111

Core flex : VENTEC Thinflex A-2005RD, Adhesiveless, faible CTE

### Remarques :

Les coverlay avec adhésif ne devront pas être insérés à plus de 1 mm dans la partie rigide du pcb.

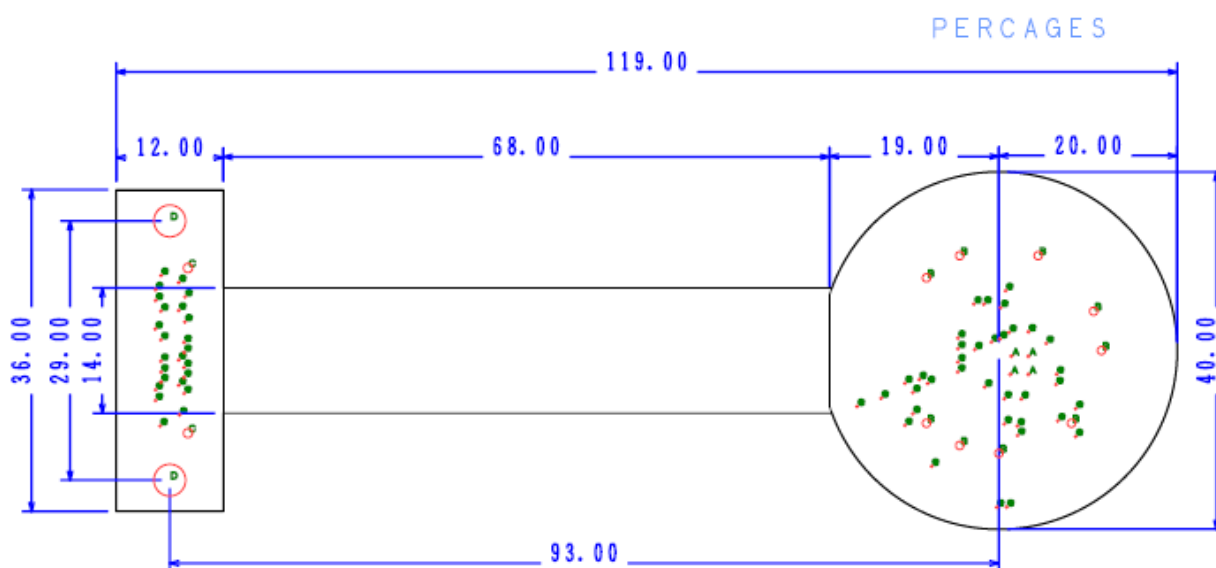
2 types de vias :

- Vias entièrement traversantes sur partie rigide du pcb.
- 4 vias IPC 4761 de type VII (résin filled and capped via with copper).

Cuivres extérieurs : 17 mm + recharge = 45 mm

**Impédance cible :**

Impedance target							
Layer	Type	Config.	Ref.	Impedance ( $\Omega$ )		Dimensions ( $\mu\text{m}$ )	TDR Test
				Value	Tolerance		
Ext.1	Differential	Coated microstrip	int 2	100	+/-10%	350/400/350	OUI



*Figure 12 : Dimensions (extrait HVPA proto V6)*



Chaque **circuit imprimé** doit être identifié par un SN incrémental inscrit sur un 2D Data Matrix.

La tenue du marquage (étiquette adhésive + encre, marquage lors de la fabrication du PCB, autre moyen...) doit être assurée pour une durée d'au moins 15 ans.

Le marquage doit être résistant à toutes les étapes de fabrications : four, nettoyage, déverminage, etc.

Les éléments suivants sont à titre indicatif, le marquage définitif sera fourni lors de la réunion de démarrage. Les valeurs y et xxxxx seront données à la réunion de démarrage.

- Le marquage d'identification du code DataMatrix:
  - **703-6.5N.1.1.1.2/y/xxxxx**
  - **Marquage incrémental**
- Le marquage d'identification visible à proximité du code DataMatrix:
  - **HVPA/y/xxxxx**

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 44/67</b></p>
---	---	---	--

○ **Marquage incrémental**

- Taille marquage : texte le plus grand possible
- Taille Data matrix 6mm x 6mm minimum
- Dimensions minimales du marquage 18 mm x 6 mm et maximale de 20 mm X 10 mm.
- Position : doit être décidée avec le titulaire à la réunion de démarrage

Une marge de sécurité doit être présente tout autour du code. La distance minimale est de 2 épaisseurs de code “blanc”.

La qualité d’impression afin que l’étiquette ne présente ni point noir, ni effacement partiel, ni bavures.

#### 9.4.1.3.2 Phase 2 : Contrôle et tests des circuits imprimés

Une fois les circuits imprimés fabriqués, ceux-ci doivent être vérifiés conformément à la **norme IPC-A-600 Classe 3**.

**Pour chaque PCB**, les opérations suivantes doivent être effectuées :

- Tests électriques : continuité et isolation à 500V.
- Vérifier les résultats des tests électriques 100 % continuité et court-circuit
- Inspection visuelle, notamment les points suivants :
  - Aspect général (absence de rayures, défauts sur les pistes, ...)
  - Dimensions et épaisseur du circuit imprimé.
  - Conformité du verni épargne
- Vérifier les rapports de test et de conformité de chaque circuit imprimé
- Si un circuit ne satisfait aux tests à 100% :
  - Il devra être écarté du lot et suivre le process de non-conformité.
  - **Aucune réparation de PCB n’est autorisée.**

**Pour chaque lot de PCB fabriqués**, les opérations suivantes doivent être effectuées :



- Mesures d’impédances sur les 2 lignes différentielles – valeurs attendues 100  $\Omega$  +/- 10% en différentiel et 50 $\Omega$  +/- 10% en unipolaire
- Vérifier les résultats des tests d’impédances
- Des tests par **coupe métallographique**. Cela concerne :
  - La mesure de l’épaisseur des couches
  - La vérification de l’épaisseur et de l’espacement des conducteurs
  - La vérification de la matière première
  - Nota : les tests des coupes pourront être fait à l’aide des coupons de tests. La micro-section métallographique sera réalisée en conformité avec l’IPC TM 650 method 2.6.8 , test condition A ( 10 sec 288 °C), sur des plans de coupe qui seront définis conjointement.

#### 9.4.1.4 Accès aux données

Les données de contrôle des PCB seront mises à disposition en temps réel dans la base de donnée.

#### 9.4.1.5 Sorties



- Les PCB de la carte HVPA
- Une base de données permettant, pour chacune des cartes, d’obtenir les informations suivantes :

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <hr/> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 45/67</b></p>
---	---	---	--

- Date
- Commentaires
- Rapports de non conformités le cas échéant
- Rapport de coupe microsection des PCBs
- Les coupons de microsection et de tests pour chaque lot de PCB fabriqués

#### **9.4.1.6 Livrables**

Pas de livrables

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 46/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.4.2 Prestation 202 : câblage carte HVPA

### 9.4.2.1 Objectifs

Le titulaire est en charge du câblage des cartes HVPA.

### 9.4.2.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte HVPA

Le titulaire fournit :

- Les circuits imprimés (PCB),
- Composants stockés

### 9.4.2.3 Définition de la prestation

**Avant câblage :**

- Les circuits imprimés (PCB) doivent être nettoyés et étuvés suivant le protocole de nettoyage du fournisseur indiqué dans le cadre de réponse technique (document « 25.14.003\_Annexe 2 au CCTP \_Cadre de réponse technique (CRT) ») complété par le titulaire.
- Le composant ASIC PACTA a un niveau MSL3.
  - Il doit être étuvé afin d'éliminer l'humidité. L'étuvage doit être défini conjointement avec le titulaire.
  - Pour information : température maximum pour le PACTA : 125°C

**Câblage :**

- Le câblage des cartes HVPA doit être réalisée conformément aux critères d'acceptabilité définis par la **norme IPC-A-610 Classe 3**.
- Le processus de report doit respecter les normes sans plomb (RoHs, REACH). La creme a braser utiliser sera un SAC 305. Le type de la crème, c'est-à-dire la granulometrie sera définie après analyse de la typologie des composants . Le procédé de refusion doit se réaliser sur un four à passage avec inertage. Le nombre de zone doit etre approprié ( 12 zones préférables).es profils à utiliser seront conforme à la J STD 020.
- La dépanelisation sera effectuée par milling ou découpe laser.



L'impossibilité de réapprovisionnement de certains composants impose de réparer, dans la mesure du possible, les cartes présentant des défauts de câblage.

Pour la suite, nous définissons :

- Retouche : intervention avec un outil ( fer a souder par ex), afin de rendre conforme un joint ou supprimer un court-circuit, mais sans retirer un composant ( qu'il soit remis ou échangé), ni sans en rajouter.
- Rework/ reprise : intervention consistant à retirer un composant, ou en rajouter.

En cas de découverte de non-conformité (prestations 103, 104 ou 106) une reprise manuelle est possible dans les conditions suivantes :



		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 47/67</b></p>
---	---	---	--

- Les reworks sont autorisés si ils sont réalisés en conformité avec l'IPC 7711/7721 .  
Les reworks sont autorisés avec un maximum de 2 par carte
- Les retouches sont autorisées.

Il sera réalisé une mesure de contamination ionique selon l'IPC TM 650 method 2.3.25 avec une limite à 1.56 ug eq NaCL/cm². La mesure sera réalisée en fin de process , avant l'application du conformal coating. Elle sera réalisé une seule fois lors du 1er lot de fabrication/ Qualification.

#### **9.4.2.4 Accès aux données**



Les données de câblage des PCB seront mises à disposition en temps réel dans la base de données-

#### **9.4.2.5 Sorties**

- Cartes HVPA câblées
- Base de donnée contenant pour chacune des cartes pour l'étape préparation câblage et câblage:
  - Date
  - Commentaires
  - La durée d'étuvage des PCB et des composants
  - Le suivi des reprises manuelles
  - Rapports de non conformités le cas échéant

#### **9.4.2.6 Livrables**

- Statuts du stock : quantités composant utilisés par lot de cartes HVPA câblées
- Cartes HVPA « défectueuses »

		<p style="text-align: center;"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p style="text-align: right;"><b>Page : 48/67</b></p>
---	---	---	---

### 9.4.3 Prestation 203 : Vérification des cartes HVPA

#### 9.4.3.1 Objectifs

Le titulaire sera en charge des vérifications de 100% des cartes par :

- inspections AOI 3D , selon l'IPC A 610 class 3.
- Test ICT de type flying probe

#### 9.4.3.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte HVPA

Le titulaire fournit :

- Les cartes HVPA câblées

#### 9.4.3.3 Définition de la prestation

La vérification des cartes électroniques doit être réalisée conformément à la **norme IPC-A-610 Classe 3**. Les points à vérifier en particulier sont :

- la connexion des composants montés en surface
- la qualité des brasures
- l'alignement, la connexion brasée et le remplissage pour les composants montés en surface
- l'absence de composants endommagés ou manquants
- l'absence de corps étrangers.

Ces vérifications doivent se faire par un contrôle automatisé par machine d'inspection optique 3 dimensions (**AOI 3D**) sur la totalité des cartes :

- Inspection par imagerie 3D pré et post reflow
- Points de contrôle : position & sens, valeur/réf. lisible, conformité brasure
- 100% de couverture (hors brasure cachée)
- Résolution optique 10 µm
- Les brasures cachées seront vérifiées par XRAY au minimum sur les 3 premières cartes d'un lot de refusion ( ie QFN )



Pour le test « flying probe », toutes mesures jugées utiles par le prestataire permettant une bonne fiabilité des cartes câblées.

#### 9.4.3.4 Accès aux données

Les rapports d'AOI et de test flying probe seront intégrés à la base de données.

#### 9.4.3.5 Sorties



- Cartes contrôlées par AOI et flying probe
- Base de données complétées pour chacune des cartes HVPA pour l'étape AOI:
  - Date
  - Commentaires

		<p><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p><b>Page : 49/67</b></p>
---	---	---	----------------------------

- Rapport AOI
- Rapport flying probe
- Rapports de non conformités le cas-échéant

#### **9.4.3.6 Livrables**

- Base de données
- Cartes défectueuses

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 50/67</b></p>
---	---	---	--

#### **9.4.4 Prestation 204 (optionnelle): Vérification par X-Ray Inspection des cartes HVPA**

Cette prestation sera réalisée si survenance du besoin et sera commandée par bon de commande.

##### **9.4.4.1 Objectifs**

Le titulaire sera en charge des vérifications du report des composants par inspections AXI.

##### **9.4.4.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Ensemble des fichiers de conception de la carte HVPA

Le titulaire fournit :

- Les cartes HVPA câblées

##### **9.4.4.3 Définition de la prestation**

Si survenance du besoin, le pouvoir adjudicateur pourra commander une prestation « contrôle par X-Ray Inspection (AXI 3D) sur des cartes par lot de fabrication pour une caméra ».

- Composants à inspecter : SOP, QFP, transistors
- Points de contrôle : vides, circuit ouvert, défaut de mouillage, quantité de brasure, déplacement, corps étranger, pont, présence de plomb
- Résolution image 6  $\mu$ m
- Le titulaire devra prouver qu'il utilise les filtres appropriés et estimer la dose recue par les cpts inspectés (par ex rad/mn)

##### **9.4.4.4 Accès aux données**

Les rapports d'inspection seront intégrés à la base de données.

##### **9.4.4.5 Sorties**

- Cartes contrôlées par AXI
- Base de données complétées pour chacune des cartes HVPA pour l'étape AXI:
  - Date
  - Commentaires
  - Rapports de non conformités le cas-échéant

##### **9.4.4.6 Livrables**

- Base de données contenant les rapports AXI

## 9.4.5 Prestation 205 : Déverminage des cartes HVPA

### 9.4.5.1 Objectifs

Le titulaire sera en charge du déverminage des cartes HVPA.

### 9.4.5.2 Entrées

L'IRAP fournit :

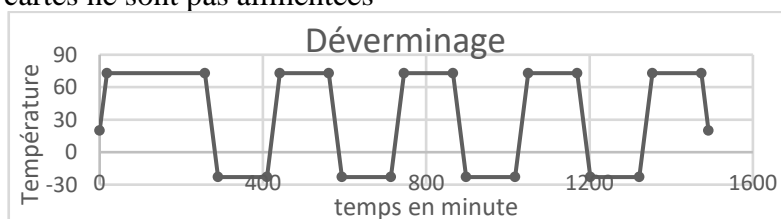
- Le cycle de déverminage.

Le titulaire fournit :

- Les cartes HVPA câblées
- Les moyens de réalisation du déverminage

### 9.4.5.3 Définition de la prestation

- Ce déverminage sera réalisé **sur toutes les cartes HVPA**
- Le déverminage comportera :
  - une période de 4h de burn-in à  $+70^{\circ}\text{C} +3^{\circ}/ - 0^{\circ}\text{C}$
  - un cycle de température en VRT (Variation Rapide de Température) de
    - $+70^{\circ}\text{C} +3^{\circ}/ - 0^{\circ}\text{C}$
    - $-20^{\circ}\text{C} +0^{\circ}\text{C}/ -3^{\circ}\text{C}$
    - Rampe entre 3 et 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$
  - Durée totale de déverminage : 24 heures
  - Le dernier pallier devant être impérativement haut, avant que les portes ne soient ouvertes
  - Les cartes ne sont pas alimentées



*Figure 6 : Profil en température du déverminage*

### 9.4.5.4 Accès aux données



Les paramètres du déverminage seront intégrés à la base de données.

### 9.4.5.5 Sorties

- Cartes HVPA déverminées
- Base de données HVPA complétées pour chacune des cartes pour l'étape déverminage :
  - Date
  - Commentaires
  - Rapports de non conformités le cas échéant
  - Paramètres du déverminage (mesures réellement effectuées du profil déverminage)

### 9.4.5.6 Livrables

Pas de livrables.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 52/67</b></p>
---	---	---	--

#### **9.4.6 Prestation 206 : Réalisation des test fonctionnels unitaires sur carte HVPA**

##### **9.4.6.1 Objectifs**

Le titulaire sera en charge des tests des cartes électroniques HVPA sur un banc de test automatisé.

##### **9.4.6.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Une spécification exhaustive des tests et vérifications à effectuer sur la carte HVPA ainsi que les vecteurs de test

Le titulaire fournit :

- Cartes HVPA assemblées, contrôlées et déverminées
- Un banc de test automatique implémentant les tests demandés
- Espace de sauvegarde et stockage sécurisé
- Le design du banc devra être fourni à l'IRAP

##### **9.4.6.3 Définition de la prestation**

- Le titulaire développera le banc de test nécessaire pour la mise en œuvre des tests automatiques. La conception du banc sera présentée à l'IRAP.
- Le résultat des tests est sanctionné par un GO/no GO ainsi que la génération automatique d'un rapport de tests associé.

##### **9.4.6.4 Accès aux données**



L'ingénieur de production aura accès en temps réel aux rapports de test et rapportera les dispersions des paramètres mesurés par le banc de test automatique. Pour cela il aura accès en temps réel à la base de donnée afférente aux banc de test.

##### **9.4.6.5 Sorties**

- Cartes HVPA testées et validées par un GO du banc de tests
- Une base de données contenant pour chaque carte :
  - l'ensemble des paramètres mesurés par le banc
  - l'ensemble des rapports de test
- Base de données complétée pour chacune des cartes HVPA pour l'étape test :
  - Date
  - Commentaires
  - Référence du rapport généré
  - Suivi des reprises en cas de reprise manuelle après les tests
  - Rapports de non conformités le cas échéant

##### **9.4.6.6 Livrables**

- Base de données contenant les résultats des tests.

		<p><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p><b>Page : 53/67</b></p>
---	---	---	----------------------------

## 9.4.7 Prestation 207 : Conditionnement et livraison des cartes HVPA de rechange

### 9.4.7.1 Objectifs

Assurer la protection des carte HVPA de rechange durant leur transport en appliquant un conditionnement adéquat et en garantissant leur traçabilité.

### 9.4.7.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Adresse de livraison à Toulouse (frais d'envoi à la charge du titulaire)
- Spécifications d'emballage et de conditionnement
- Exigences de traçabilité

Le titulaire fournit :

- Des HVPA de rechange testés GO et autorisés à être livrés

### 9.4.7.3 Définition de la prestation

Le titulaire est en charge d'emballer chaque HVPA de rechange afin de garantir leur protection. Chaque HVPA de rechange, sera emballée indépendamment. Cet emballage protégera la carte de l'humidité, des chocs et des décharges ESD.

Le numéro de Lot de la carte HVPA emballée sera rappelé sur l'emballage (voir **Erreur ! Source du r envoi introuvable.**).

### 9.4.7.4 Accès aux données

Sans objet

### 9.4.7.5 Sorties

- HVPA de rechange conditionnées et protégés
- Identification claire et lisible du contenu sans nécessiter l'ouverture du carton (QRCode et texte)

### 9.4.7.6 Livrables

- HVPA de rechange conditionnées et protégés (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
- Base de données base de données afférente aux cartes HVPA de rechange livrée (Prestation 500).



## 9.5 Prestation 300 : DU

### 9.5.1 Prestation 301 : câblage PMT/HVPA

#### 9.5.1.1 Objectifs

Le titulaire est en charge :

- Du câblage du PMT sur la carte HVPA.
- De la traçabilité et de l'identification de l'association de la carte HVPA avec le PMT.

#### 9.5.1.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Les PMT
- La procédure de soudage du PMT sur la carte HVPA. Cette procédure interne à l'IRAP est fournie à titre d'exemple et pourra être adaptée par le titulaire après validation par l'IRAP.
- Emplacement, taille et contenu du marquage 2D datamatrix pour l'identification (qui sera donné à la réunion de lancement)

Le titulaire fournit :

- Carte HVPA marquée, câblée et testée GO



#### 9.5.1.3 Définition de la prestation

- Montage et soudure du PMT sur la carte HVPA.
- Contrôle :
  - Contrôle final de la côte
  - Nettoyage des soudures
  - Contrôle visuel des soudures



Figure : PMT monté sur une carte HVPA.

#### 9.5.1.4 Accès aux données

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 55/67</b></p>
---	---	---	--



L'IRAP aura l'occasion de vérifier visuellement les pièces en cours de production.  
La base de données sera mise à jour avec l'association PMT + HVPA.

#### **9.5.1.5 Sorties**

- Carte HVPA assemblée avec son PMT
- Base de données complétée pour chacune des ensembles HVPA-PMT :
  - Date
  - Numéros de série de l'association (HVPA + PMT)
  - Commentaires
  - Suivi des reprises en cas de reprise manuelle

#### **9.5.1.6 Livrables**

Rapports de non conformités le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 56/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.5.2 Prestation 302 : Tropicalisation

### 9.5.2.1 Objectifs

- Le titulaire est en charge :
  - de la tropicalisation de la carte HVPA
  - de la traçabilité de la tropicalisation des éléments HVPA et PMT.

### 9.5.2.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Préconisations de tropicalisation (qui sera fournie lors de la réunion de démarrage)

Le titulaire fournit :

- Carte HVPA assemblée avec son PMT et sa base de données (voir sorties de la Prestation 301)
- Vernis isolant haute tension avec tension d'isolement minimum 50 kV/mm, avec traceur UV

### 9.5.2.3 Définition de la prestation



- Préparation :
  - Manipuler les composants avec des gants pour éviter toute contamination
  - Protéger le PMT pour prévenir l'application accidentelle de vernis isolant
  - Protéger le connecteur et le PCB du connecteur pour prévenir l'application accidentelle de vernis isolant
  - Protéger la nappe (circuit flex) pour prévenir l'application accidentelle de vernis isolant
  - Nettoyage dégraissant de la carte HVPA afin d'assurer une surface propre avant l'assemblage
  - Nettoyage des pattes du PMT avec de l'alcool ISO ou équivalent juste avant la tropicalisation, afin d'éviter l'enfermement de poussières
- Tropicalisation :
  - Appliquer le vernis isolant de tropicalisation sur les deux faces de carte HVPA ainsi que sur les pattes du PMT
  - Le séchage doit se faire à température ambiante, sans utilisation d'étuve
  - Contrôle de l'homogénéité de la tropicalisation (par lampe UV ou méthode similaire)

### 9.5.2.4 Accès aux données

La base de données sera mise à jour avec les données de tropicalisation.



### 9.5.2.5 Sorties

- Ensemble HVPA-PMT intégrant la carte HVPA tropicalisée, incluant les soudures des pattes du PMT
- Base de données complétée pour chacune des cartes pour cette prestation :
  - Date
  - Numéros de série de l'association (HVPA + PMT) complétés avec le statut de tropicalisation
  - Commentaires
  - Suivi des reprises en cas de reprise manuelle

		<b>MST-CAM / NectarCAM</b>	<b>Page : 57/67</b>
		<i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i>	

#### 9.5.2.6 Livrables

Rapports de non conformités le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 58/67</b></p>
---	---	---	--

### **9.5.3 Prestation 303 : Assemblage mécanique des DU, traçabilité**

#### **9.5.3.1 Objectifs**

Le titulaire est en charge

- de l'assemblage mécanique du DU,
- de la traçabilité de l'association des éléments du DU (HVPA, PMT et DU).

#### **9.5.3.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Procédure d'assemblage mécanique du DU. Cette procédure de montage interne à l'IRAP est fournie à titre d'exemple et pourra être adaptée par le titulaire après validation par l'IRAP.

Le titulaire fournit :

- Carte HVPA tropicalisée et assemblée avec son PMT
- Pièces mécaniques réceptionnées

#### **9.5.3.3 Définition de la prestation**

Les principales étapes sont les suivantes :

- Montage dans les éléments mécaniques du DU.
- Identification du HVPA-PMT-DU assemblé

#### **9.5.3.4 Accès aux données**



La base de données sera mise à jour avec les données d'assemblage du DU.

#### **9.5.3.5 Sorties**

- DU assemblé et marqué
- Base de données complétée pour chacun des DU pour cette prestation :
  - Date
  - Numéros de série de l'association HVPA + PMT + DU
  - Commentaires
  - Suivi des reprises en cas de reprise manuelle

#### **9.5.3.6 Livrables**

Rapports de non conformités le cas échéant.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 59/67</b></p>
---	---	---	--

#### **9.5.4 Prestation 304 : Réalisation des test fonctionnels unitaires sur DU**

##### **9.5.4.1 Objectifs**

Le titulaire sera en charge des tests des DU sur un banc de test automatisé.

##### **9.5.4.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Une spécification exhaustive des tests et vérifications à effectuer sur les DU ainsi que les vecteurs de test
- Un prototype de banc de test fonctionnel à titre d'information

Le titulaire fournit :

- DU assemblés
- Un banc de test automatique implémentant les tests demandés
- Le design du banc devra être fourni à l'IRAP

##### **9.5.4.3 Définition de la prestation**

- Le titulaire développera le banc de test fonctionnel nécessaire pour la mise en œuvre des tests automatiques. La conception du banc sera présentée à l'IRAP.
- Le résultat des tests est sanctionné par un GO/no GO ainsi que la génération automatique d'un rapport de tests associé.

##### **9.5.4.4 Accès aux données**



La base de données sera complétée avec les résultats des tests automatiques des DU.

##### **9.5.4.5 Sorties**

- DU testées et validées par un GO du banc de tests
- Une base de données contenant pour chaque DU :
  - l'ensemble des paramètres mesurés par le banc
  - l'ensemble des rapports de test
  - Tout autre élément pertinent concernant le DU

##### **9.5.4.6 Livrables**

Pas de livrables

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 60/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.5.5 Prestation 305 : Conditionnement et livraison des DU de rechange

### 9.5.5.1 Objectifs

Assurer la protection des DU de rechange durant leur transport en appliquant un conditionnement adéquat et en garantissant leur traçabilité.

### 9.5.5.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Adresse de livraison à Toulouse (frais de livraison à la charge du titulaire).
- Spécifications d'emballage et de conditionnement
- Exigences de traçabilité

Le titulaire fournit :

- Des DU de rechange testés GO et autorisés à être livrés

### 9.5.5.3 Définition de la prestation

Le titulaire est en charge d'emballer chaque DU de rechange avec soin afin de garantir leur protection.

Chaque DU de rechange, sera emballé indépendamment. Cet emballage protégera le DU de l'humidité et des décharges ESD.

Un suremballage protégera les DU des chocs.

Le numéro de Lot du DU emballé sera rappelé sur l'emballage (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

### 9.5.5.4 Accès aux données

Sans objet.

### 9.5.5.5 Sorties

- DU de rechange conditionnés et protégés
- Identification claire et lisible du contenu sans nécessiter l'ouverture du carton (QR Code et texte).

### 9.5.5.6 Livrables

- DU de rechange conditionnées et protégés (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
- Base de données base de données afférente aux DU de rechange livrée (Prestation 005).

## 9.6 Prestation 400 : Intégration FPM

La procédure d'assemblage détaillée est décrite dans la documentation fournie (AD 10 : Procédure d'assemblage mécanique d'un FPM). La Figure 2 est une illustration de l'assemblage de 7 DU sur une carte IB avec la mécanique de soutien.

Une plaque support doit être vissée sur la partie où sont situées les photocathodes pour assurer le maintien de l'ensemble.

### 9.6.1 Prestation 401 : Assemblage et traçabilité des FPM

#### 9.6.1.1 Objectifs

Le titulaire est en charge :

- de l'assemblage mécanique du FPM
- du marquage du FPM
- de la traçabilité de l'association des éléments du FPM (IB + 7 DU + FPM). Les DU seront identifiés et tracés en fonction de leur numéro de position au sein du FPM.



*Figure 13: Le FPM assemblé avec le numéro de position des DU*

#### 9.6.1.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Procédure d'assemblage mécanique du FPM. Cette procédure de montage interne à l'IRAP est fournie à titre d'exemple et pourra être adaptée par le titulaire après validation par l'IRAP.
- Emplacement, taille et contenu du marquage 2D datamatrix pour l'identification du FPM (qui sera donné à la réunion de lancement)



Pour chaque FPM, le titulaire fournit :

- Sept DU marqués et testés GO
- Une carte IB marquée et testée GO
- Pièces mécaniques réceptionnées

#### 9.6.1.3 Définition de la prestation

Montage dans les éléments mécaniques du FPM.



		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 62/67</b></p>
---	---	---	--

#### **9.6.1.4 Accès aux données**



L'IRAP contrôlera visuellement des pièces en cours de production.

#### **9.6.1.5 Sorties**

- FPM assemblé et marqué
- Base de données complétée pour chacun des FPM pour cette prestation :
  - Numéros de série de l'association de chaque sous-ensemble (IB + 7 DU) avec le numéro de série du FPM
  - Positions des DU constituant le FPM
  - Commentaires

#### **9.6.1.6 Livrables**

- Pas de livrables

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 63/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.6.2 Prestation 402 : Tests des FPM

### 9.6.2.1 Objectifs

Le titulaire sera en charge des tests des FPM sur un banc de test automatisé.

### 9.6.2.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Une spécification exhaustive des tests et vérifications à effectuer sur les FPM ainsi que les vecteurs de test
- Un prototype de banc de test fonctionnel à titre d'information

Le titulaire fournit :

- FPM assemblés
- Un banc de test automatique implémentant les tests demandés
- Le design du banc devra être fourni à l'IRAP

### 9.6.2.3 Définition de la prestation

- Le titulaire développera le banc de test nécessaire pour la mise en œuvre des tests automatiques. La conception du banc sera présentée à l'IRAP.
- Le résultat des tests est sanctionné par un GO/no GO ainsi que la génération automatique d'un rapport de tests associé.

### 9.6.2.4 Accès aux données



L'IRAP aura accès en temps réel aux rapports de test et rapportera les dispersions des paramètres mesurés par le banc de test automatique. Pour cela il aura accès en temps réel à la base de données afférente aux bancs de test.

### 9.6.2.5 Sorties

- FPM testées et validées par un GO du banc de tests
- Une base de données contenant pour chaque FPM :
  - L'ensemble des paramètres mesurés par le banc
  - L'ensemble des rapports de test
  - Tout commentaire éventuel

### 9.6.2.6 Livrables

Base de données contenant les résultats des tests.

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 64/67</b></p>
---	---	---	--

### **9.6.3 Prestation 403 (Optionnelle) : Stockage avant livraison**

Cette prestation sera réalisée si survenance du besoin et sera commandée par bon de commande.

#### **9.6.3.1 Objectifs**

Le titulaire est en charge du stockage des FPM avant leur livraison et vise à garantir leur intégrité et leur conformité en attendant leur expédition. Ce stockage doit répondre aux exigences réglementaires et aux conditions optimales de conservation des FPM.

#### **9.6.3.2 Entrées**

L'IRAP fournit :

- Exigences de stockage (température, humidité, sécurité)
- Durée maximale de stockage définie lors de la réunion de lancement

Le titulaire fournit :

- FPM testés GO et autorisés à être livrés

#### **9.6.3.3 Définition de la prestation**

Le titulaire est en charge de l'identification et de la mise en place d'un espace de stockage adapté. Cet espace doit assurer des conditions contrôlées afin de prévenir toute détérioration des FPM. Un suivi des stocks devra être mis en place pour garantir que seuls les FPM autorisés à la livraison y sont entreposés.

#### **9.6.3.4 Accès aux données**



Pendant toute la durée de la prestation, le registre de suivi du stock de FPM, ainsi que le suivi de l'enregistrement de température/humidité du site de stockage seront mis à disposition en temps réel à l'ingénieur de production.

#### **9.6.3.5 Sorties**

- FPM stockés dans des conditions conformes
- Traçabilité et suivi des stocks mis en œuvre

#### **9.6.3.6 Livrables**

- Registre de suivi des FPM stockés
- Rapport sur les conditions de stockage

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 65/67</b></p>
---	---	---	--

## 9.6.4 Prestation 404 : Conditionnement et livraison des FPM

### 9.6.4.1 Objectifs

Assurer la protection des FPM durant leur transport en appliquant un conditionnement adéquat et en garantissant leur traçabilité.

### 9.6.4.2 Entrées

L'IRAP fournit :

- Adresse de livraison à Toulouse (frais de livraison à la charge du titulaire)
- Spécifications d'emballage et de conditionnement
- Exigences de traçabilité

Le titulaire fournit :

- FPM testés GO

### 9.6.4.3 Définition de la prestation

Le titulaire est en charge d'emballer chaque FPM afin de garantir leur protection.

Pour chaque FPM, l'emballage contiendra :

- Un traceur d'humidité (témoin HR) pour surveiller les variations potentielles durant le transport.
- Un sachet dessiccant pour absorber l'humidité et préserver la qualité du FPM.
- Le FPM, le témoin HR et le sachet dessiccant doivent être mis dans un emballage primaire en sac blindé antistatique. Ce sac sera marqué du numéro de série du FPM à l'aide d'une identification claire et lisible du contenu sans nécessiter l'ouverture du sac (QR Code et texte).

Les FPM emballés pourront être regroupés par 8 ou 12 dans un carton plus grand pour être expédiés.



Pour cela :

- Les modules seront conditionnés dans des compartiments de façon à limiter le risque de chocs (utilisation de mousse usinée par exemple). Il y aura 1 module FPM emballé par compartiment pour éviter tout choc entre deux FPM ou dommage mécanique.
- La mention « Fragile » doit être lisible à l'extérieur du carton contenant plusieurs FPM
- L'extérieur de chaque carton contenant plusieurs FPM devra comporter, de manière claire l'ensemble des numéros de série des FPM qu'il contient en Datamatrix 2D pour l'identification automatisée et en caractères ASCII pour une lecture facilitée.
- L'extérieur de chaque carton contenant plusieurs FPM devra comporter un indicateur de choc (à définir lors de la réunion de lancement).
- Une étiquette sur laquelle seront indiqué les numéros de série des FPM sera collée sur chaque carton (face latérale apparente).

### 9.6.4.4 Accès aux données

Sans objet.

### 9.6.4.5 Sorties

		<p align="center"><b>MST-CAM / NectarCAM</b></p> <p align="center"><i>Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°25022 : Réalisation des Focal Plane Modules (FPM) pour les caméras projet NectarCAM/CTAO</i></p>	<p align="right"><b>Page : 66/67</b></p>
---	---	---	--

- FPM conditionnés et protégés
- Identification claire et lisible du contenu sans nécessiter l'ouverture du carton contenant plusieurs FPM (QR Code et texte)
- Base de données complétée pour chacun des FPM pour cette prestation :
  - Date
  - Numéros de série du FPM avec statut « ready\_for\_delivery »
  - Commentaires
  - Suivi des reprises en cas de reprise manuelle

#### **9.6.4.6 Livrables**

Les livrables sont les suivants :

- FPM assemblé et marqué
- Bordereaux de livraison et certificats de conformité
- Certificats Export, ROHS et REACH
- Base de données complétée de toutes les étapes de la fabrication pour chacun des FPM pour cette livraison.

#### **9.6.5 Admission des prestations**

La prestation est admise définitivement après réception des FPM dans les locaux de l'IRAP dans un délai maximum de 30 jours ouvrés après validation des étapes suivantes :

- Réception des FPM et spare associés,
- Vérification quantitative
- Vérification qualitative à savoir : inspection des emballages puis inspection visuelle des cartes
- Validation des livrables par l'IRAP

#### **9.6.6 Restitution à la fin de la validité de l'accord-cadre**

- Sur demande de l'IRAP, le titulaire doit restituer :
  - Les composants excédentaires
  - Les cartes HVPA rebutées.