	MST-CAM	Ref. : R4602
		Procédure d'assemblage mécanique des FPM	Ed. : 3 Rev. : 1 Date: 12/06/2025 Page : 1/17

Procédure d'assemblage mécanique pour la production des FPM de série



Préparé par	Institut	Vérifié par	Institut
Eric DELEAGE	UPS-FSI	Caroline STEPIEN	ALTEN pour IRAP
Caroline STEPIEN	ALTEN pour IRAP	Robin LARROCHE	SCOP&CO for IRAP

Validation	Fonction/Institut	Date	Signature
Baptiste MOT	Chef de projet FPM / NectarCam / IRAP		

Résumé	Ce document définit la procédure à suivre pour réaliser l'assemblage mécanique des Modules Plan Focal (FPM) de la caméra NectarCAM. La procédure concerne l'assemblage de la production des FPM de série.
--------	---

Mise à jour		
Version/révision	Date	Modifications
1/0	13/06/2024	Version initiale
2/0	10/09/2024	P3 Chap 3 assemblage a l'IRAP Chap 6 supprimé Assemblage IRAP P6 Chap 6 ajout retrait Capuchon protection
3/0	26/03/2025	MAJ des tableaux, mises en forme et montage suite aux derniers montages
3/1	12/06/2025	MAJ suite aux derniers montages

Acronymes			
FPM	Focal Plane Module / Module Plan Focal	PMT	Photo multiplier Tube
DU	Detector Unit	ESD	Electrostatic Discharge
UPS	Université Paul Sabatier	QM	Qualification Model / Modèle de Qualification
HVPA	High Voltage PreAmplifier	IRAP	Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie
FSI	Faculté Sciences et Ingénierie	IB	Interface Board / Carte Interface

		MST-CAM	Ref. : R4602
		Procédure d'assemblage mécanique des FPM	Ed. : 3 Rev. : 0 Date: 26/03/2025 Page : 2/17

1 - TABLE DES MATIERES

2 -	Description et champ d'application	3
3 -	Environnement et précautions	3
4 -	Personnel	3
5 -	Suivi qualité	3
6 -	Procédure	3
6.1	Personnel	3
6.2	Documentation requise	3
6.3	Outillage et consommables	4
6.4	Liste des composants pour l'assemblage.....	4
6.4.1	Assemblage mécanique IB.....	4
6.4.2	Assemblage ensemble support cônes	4
6.4.3	Visserie	4
6.5	Liste des opérations.....	6
6.5.1	Vérifications.....	6
6.5.2	Assemblage du sous ensemble carte d'interface IB	7
6.5.3	Assemblage des DU avec le sous-ensemble carte d'interface	9
6.5.4	Assemblage mécanique de la plaque support cônes	14
6.6	Vérifications	17
6.6.1	Serrage des vis.....	17
6.6.2	Dimensions	17
6.6.3	Documentation.....	17
6.7	Validation et clôture de la tâche.....	17

2 - DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION

Ce document définit la procédure à suivre pour réaliser l'assemblage mécanique des Modules Plan Focal (FPM) de la caméra NectarCAM. La procédure concerne la production des FPM de série.

Ce document constitue une procédure interne IRAP et s'applique dans le cadre d'un câblage dans les locaux de l'IRAP.

3 - ENVIRONNEMENT ET PRECAUTIONS

Les conditions d'hygrométrie et de température devront rester maîtrisées.

Les plans de travail devront être protégés contre les décharges électrostatiques. Les opérateurs seront munis de bracelets ESD lorsque les étapes d'assemblage incluent la manipulation des différentes cartes électroniques qui entrent dans la composition d'un FPM : cartes HVPA et carte IB.

4 - PERSONNEL

Le personnel en charge de la tâche devra avoir une expérience en assemblage mécanique et être sensibilisé aux précautions requises pour la manipulation de cartes ou composants électroniques. L'activité sera suivie par un responsable qualité.

La liste du personnel sera indiquée dans le Tableau 1 : Liste du personnel.

5 - SUIVI QUALITE

Le travail se fera en conformité avec le plan d'assurance qualité du sous-traitant. Les anomalies et non-conformités détectées durant les différentes étapes de la procédure seront référencées dans la case "NC" du tableau décrivant la tâche. Une fiche d'anomalie ou de non-conformité correspondante sera rédigée.

Les fiches d'anomalie et non-conformité font partie de la fourniture du sous-traitant.

6 - PROCEDURE



6.1 Personnel

Le personnel impliqué dans l'activité d'assemblage des modules plan focal FPM sera listé dans le Tableau 1 : Liste du personnel ou dans une fiche de tâche fournie en annexe.

Tableau 1 : Liste du personnel

Responsable tâche	Opérateurs	Responsable qualité

6.2 Documentation requise

 	MST-CAM		Ref. : R4602
	Procédure d'assemblage mécanique des FPM		Ed. : 3 Rev. : 0 Date: 26/03/2025 Page : 4/17

Les plans d'ensemble des éléments de détection DU et des modules plan focal FPM doivent être à disposition pour réaliser l'assemblage mécanique des FPM. Les plans sont listés dans le Tableau 2 : Liste des documents.

Tableau 2 : Liste des documents

#	Référence	Version	Description	Visa
D1	CTA-MD-010100-000	B1	Focal Plane Module Assembly	<input type="checkbox"/>
D2	CTA-MD-010102-000	D	Detector Unit Assembly	<input type="checkbox"/>

6.3 Outillage et consommables

L'assemblage des FPM nécessite uniquement de l'outillage à main classique. Des tournevis et embouts adaptés aux types de vis utilisées devront être disponibles :

- Tournevis et embout T10 pour vis M3 à tête à empreinte Torx®.

Le serrage est contrôlé et implique l'utilisation de tournevis dynamométriques.

Tableau 3 : Liste des outillages et consommables pour la tâche

#	Identification	Description	Visa
T1		Gants non poudrés en coton, nitrile ou latex dissipatifs	<input type="checkbox"/>
T2		Tournevis dynamométrique faibles couples à 0,5N.m	<input type="checkbox"/>
T3		Tournevis et embout male Torx® T10	<input type="checkbox"/>

6.4 Liste des composants pour l'assemblage

6.4.1 Assemblage mécanique IB

Tableau 4 : Liste des composants pour l'assemblage du sous-ensemble IB

#	Quantité	Référence	Description	Visa
C1	1		Carte interface board IB	<input type="checkbox"/>
C8	1	CTA-010104-011	Module Base Plate Assembly	<input type="checkbox"/>
C9	1	CTA-010104-002	Interface Board Spacer Ring	<input type="checkbox"/>
C10	2	100-3309-000-02	ESSENTRA Domed PCB Spacer	<input type="checkbox"/>

6.4.2 Assemblage ensemble support cônes

Les quantités indiquées dans le Tableau 5 : Liste des composants pour l'assemblage des FPM sont les quantités pour l'assemblage d'un FPM.

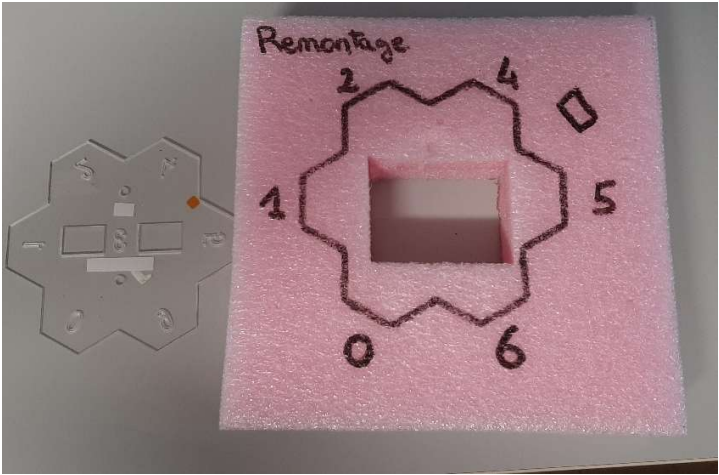
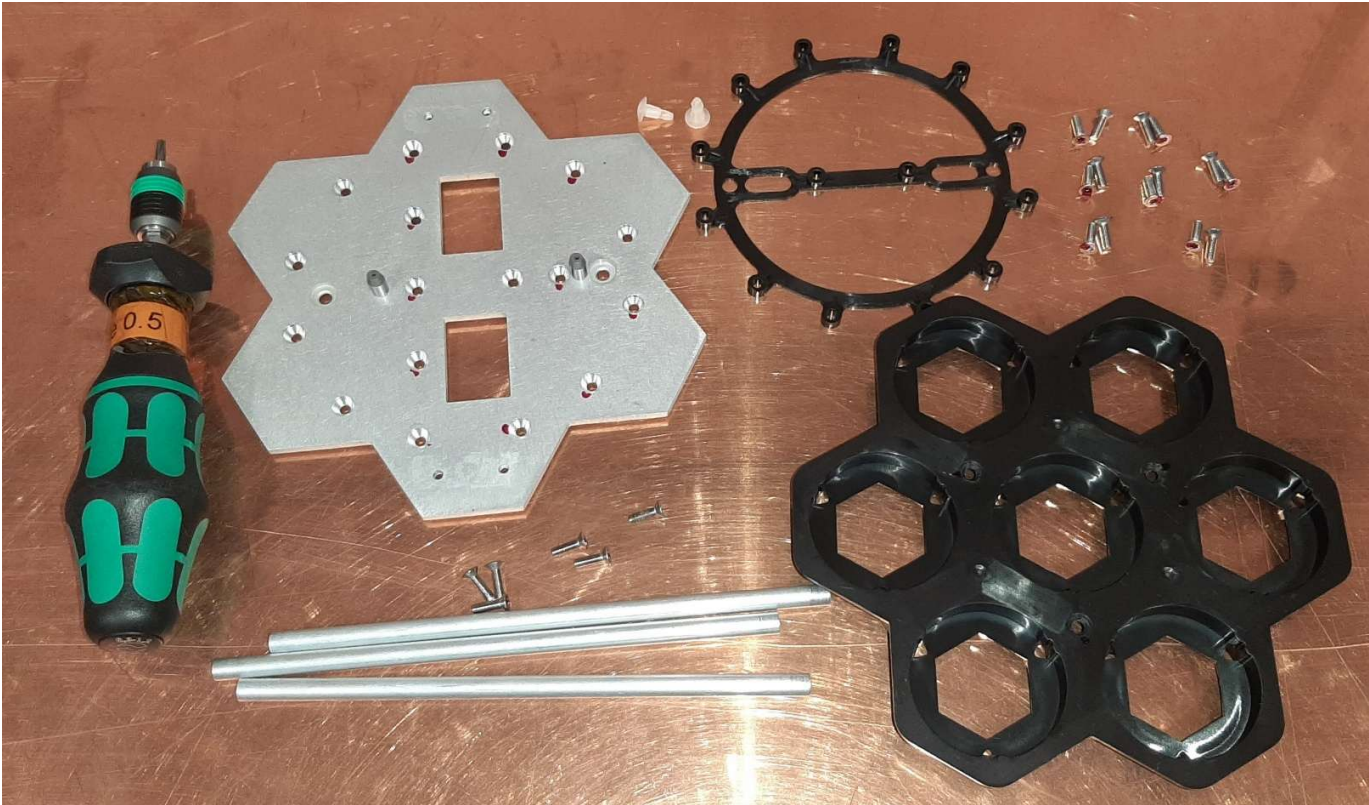
Tableau 5 : Liste des composants pour l'ensemble support cônes

#	Quantité	Référence	Description	Visa
C1	7	CTA-010102-001	Detector Unit	<input type="checkbox"/>
C13	1	CTA-010104-009	LG Mounting Plate – plaque cône support (fleur)	<input type="checkbox"/>
C14	3	CTA-010104-010	LG Plate Rod – tiges de support	<input type="checkbox"/>

6.4.3 Visserie

Tableau 6 : Liste de la visserie

#	Quantité	Référence	Description	Visa
F2	20	Vis ISO 14581 M3x10	Vis à tête fraisée à six lobes internes M3x10	<input type="checkbox"/>



6.5 Liste des opérations

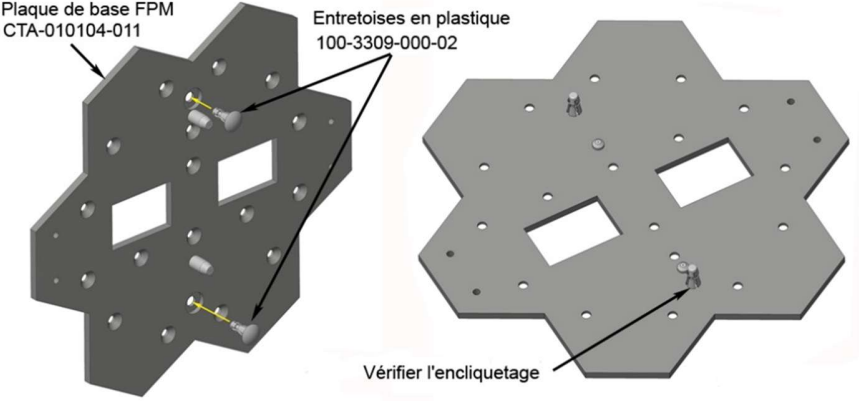
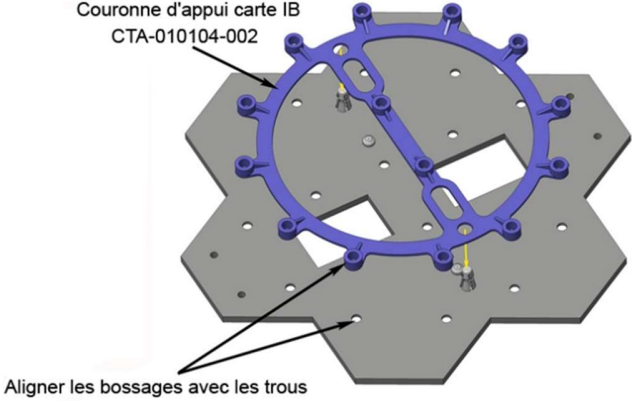
6.5.1 Vérifications

Tableau 7 : Liste des opérations de vérification

Description	OK/NOK /NC	Date/Nom /Rem
Vérifier que l'outillage listé dans le tableau 3 : Liste des outillages et consommables pour la tâche est disponible, fonctionnel et calibré.		
Vérifier que tous les composants listés dans les Tableau 4 : Liste des composants pour l'assemblage du sous-ensemble IB, Tableau 5 : Liste des composants pour l'ensemble support cônes et Tableau 6 : Liste de la visserie sont présents.		
Vérifier qu'il n'y a pas de non-conformité ouverte pour aucun des composants de la liste. Les composants pour lesquels des non conformités sont encore en cours de traitement ne peuvent pas être utilisés pour l'assemblage des FPM.		
L'ensemble des PMT sera protégé par des capuchons en plastique positionnés sur leur zone active (photocathode). Ces capots de protection devront être laissés en place durant l'intégralité de la phase d'assemblage et retirés lors de la pose de la fleur.		

6.5.2 Assemblage du sous ensemble carte d’interface IB

Tableau 8 : Liste des opérations assemblage IB

Description	OK/NOK /NC	Date/Nom /Rem
<p>Le port de gants non poudrés est obligatoire pour la manipulation du PMT.</p> <p>Mettre un bracelet antistatique lors de toute manipulation.</p>		
<p>Monter 2 entretoises en plastique pour PCB 100-3309-000-02 dans les trous lamés de la plaque de base du FPM. Les entretoises doivent être insérées coté goupilles de positionnement de la plaque.</p> <ul style="list-style-type: none"> Appuyer fermement au centre du dôme des entretoises de manière à ce qu’elles soient parfaitement encliquetées dans la plaque en aluminium. Vérifier que le dôme des entretoises ne dépasse pas de la plaque. <div>  <p>Figure 1 : montage des pions sur la plaque de base</p> </div>		
<p>Retourner la plaque de base du module et placer en son centre la couronne d’appui de la carte d’interface CTA-010104-002. Les 2 trous à la périphérie de la couronne se positionnent autour des entretoises en plastique. Les 14 trous au centre des bossages de la couronne s’alignent avec ceux de la plaque de base</p> <div>  <p>Figure 2 : positionnement de la couronne sur la plaque de base</p> </div>		

Description

OK/NOK
/NC

Date/Nom
/Rem

Montage de la carte IB

Prendre une carte IB et vérifier la présence des étiquettes d'identification :

- Une sur le PCB de la carte
- Une sur une des faces d'une des connecteurs Tyco

Scanner les 2 QR codes :

QR code présent sur le PCB :

QR code présent sur le connecteur Tyco :

Placer la carte IB en veillant à orienter la carte d'interface de manière à positionner

- les 2 perçages dans l'alignement du connecteur central SAMTEC avec les entretoises en plastique
- et encliqueter le circuit imprimé.
- Les 2x7 trous de chaque côté des connecteurs SAMTEC doivent s'aligner avec ceux de la plaque de base.

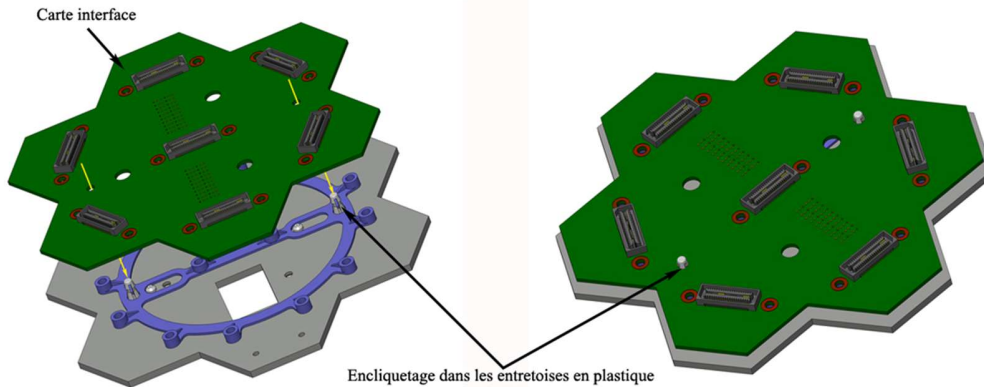
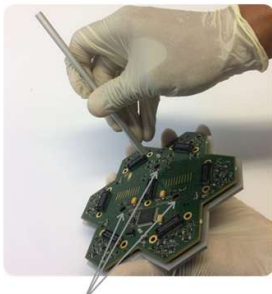
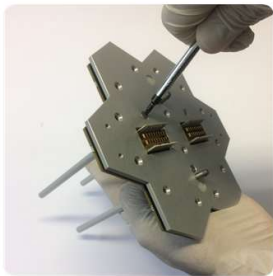
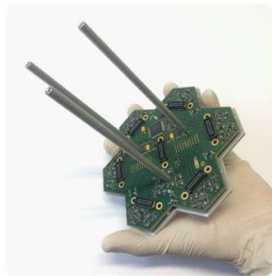


Figure 3 : positionnement de la carte IB sur la plaque de base

Stocker proprement les ensembles IB jusqu'à la prochaine étape d'intégration dans un environnement sécurisé et garantissant la protection ESD.

6.5.3 Assemblage des DU avec le sous-ensemble carte d'interface

Tableau 9 : Liste des opérations assemblage IB

Description	OK/NOK /NC	Date/Nom /Rem
<p>Le port de gants non poudrés est obligatoire pour la manipulation du PMT.</p> <p>Mettre un bracelet antistatique lors de toute manipulation.</p>		
<p>Faire un kitting de toutes les pièces nécessaires au montage. L'industriel pourra utiliser un support de kitting pour, le cas échéant, réaliser un POKA YOKE (pour les vis)</p>		
<p>S'assurer qu'il y ait le capuchon sur le PMT avant démarrage des activités et s'assurer du maintien de celui-ci durant cette phase d'assemblage sauf mention contraire.</p>		
<p>Fixer les tiges support CTA-010104-010 sur la plaque de base du FPM. Les 3 tiges passent entre les DU dans une configuration à 120°.</p> <ul style="list-style-type: none"> Les positions des tiges correspondent aux positions des trous dans l'IB. Faire traverser les 3 tiges support CTA-010104-010 à travers la carte interface IB pour venir en contact avec la plaque aluminium. Utiliser des vis à tête fraisée M3x10 montées du côté opposé de la plaque de base pour fixer les 3 tiges en place. Equiper le tournevis dynamométrique avec l'embout pour empreinte six lobes T10 et serrer les 3 vis au couple de 0.5 Nm. <div data-bbox="175 1220 448 1512">  </div> <div data-bbox="505 1220 778 1494">  </div> <div data-bbox="834 1220 1106 1494">  </div> <p>Passages au travers de l'IB</p> <p>Figure 4 : mise en place des tiges de guidage</p>		
<p>Ne pas poser la plaque de base du module en appui sur les deux pions de positionnement des modules.</p> <p>Pour le montage des DU en position verticale, positionner la plaque de base sur des cales (ou le plateau fourni) de manière à surélever la plaque et protéger les pions et les connecteurs.</p> <p>On peut également utiliser une plaque percée adaptée et un cube de mousse dissipative :</p>		

Description

OK/NOK
/NC

Date/Nom
/Rem

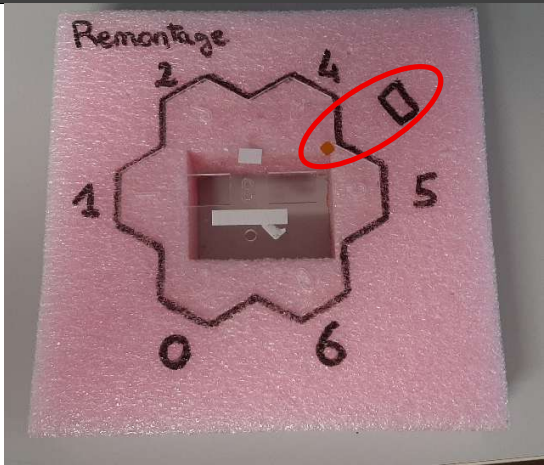




Figure 5: Plaque transparente percée et cube de mousse adaptés à l'intégration du FPM

Remarque :
Cet outillage servira également à localiser l’emplacement des DUs sur le FPM.
S’assurer que les numéros apparaissant sur la plaque sont bien localisés en face du numéro sur la mousse et que la petite étiquette carrée est bien en face du carré noire sur la mousse.

Préparer les DUs et vérifier la bonne intégrité des pins du connecteur des DUs

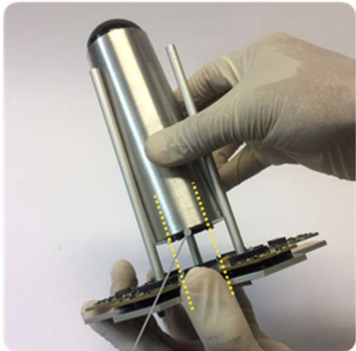
		MST-CAM	Ref. : R4602
		Procédure d'assemblage mécanique des FPM	Ed. : 3 Rev. : 0 Date: 26/03/2025 Page : 11/17

Montage du DU central (#3)

Orienter le DU de manière à ce que les connecteurs SAMTEC mâle du DU et femelle de l’IB soient bien en correspondance.

S’assurer du bon sens du connecteur Samtec avant connexion.

Connecter avec précaution le DU central sur la carte IB.



S’ASSURER du bon alignement et de la bonne orientation du connecteur

Figure 6 : insertion du DU central

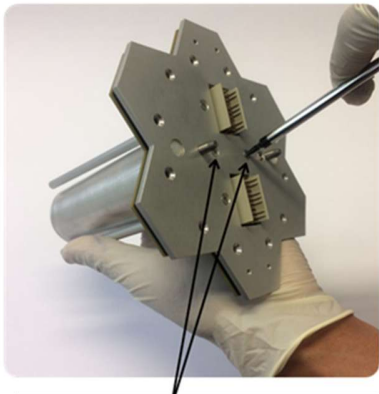
S’assurer que les entretoises hexagonales soient en contact sur la surface supérieure de l’IB.

Utiliser **deux vis M3x10** à tête fraisée, empreinte 6 lobes, pour fixer le DU en place.

Les vis sont montées au travers de la plaque de base du module et viennent s’insérer dans les taraudages des entretoises hexagonales.

Equiper le tournevis dynamométrique avec l’embout Torx **T10**

et **serrer les 2 vis au couple de 0,5N.m**



Vis tête fraisée M3x10

Figure 7 : serrage des vis de fixation du DU central



CS : Rappel : Ne pas poser la plaque de base du module en appui sur les deux pions de positionnement des modules.

Pour le montage des DU en position verticale, positionner la plaque de base sur des cales (ou le plateau fourni) de manière à surélever la plaque et protéger les pions et les connecteurs.

Montage des DUs périphériques

Poursuivre le montage avec les DUs périphériques
Effectuer les opérations ci-dessous pour les DUs : #0, #1, #2, #4, #5 et #6

Orienter le DU de manière à ce que les connecteurs SAMTEC mâle du DU et femelle de l'IB soient bien en correspondance.

S'assurer du bon sens du connecteur Samtec avant connexion.

Connecter avec précaution le DU sur la carte IB.

S'assurer que les entretoises hexagonales soient en contact sur la surface supérieure de l'IB.

Utiliser **deux vis M3x10** à tête fraisée, empreinte 6 lobes, pour fixer le DU en place.
 Les vis sont montées au travers de la plaque de base du module et viennent s’insérer dans les taraudages des entretoises hexagonales.

Equiper le tournevis dynamométrique avec l’embout Torx **T10**
 et **serrer les 2 vis au couple de 0,5N.m**

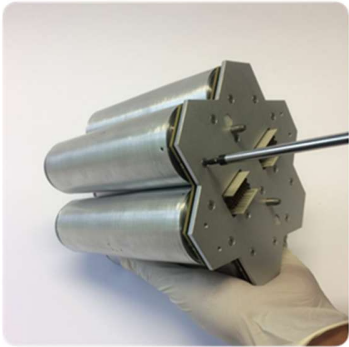


Figure 8 : serrage des vis de fixation des DUs périphériques



CS : Rappel : Ne pas poser la plaque de base du module en appui sur les deux pions de positionnement des modules.

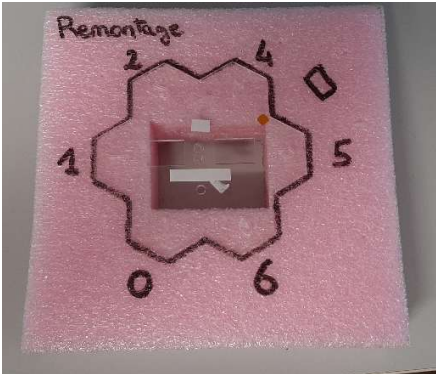
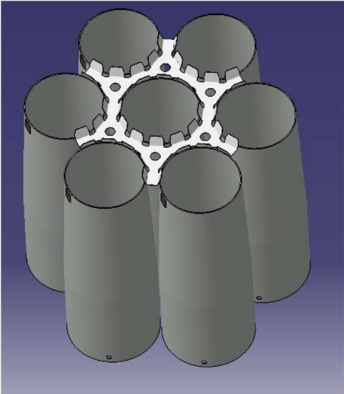
Pour le montage des DU en position verticale, positionner la plaque de base sur des cales (ou le plateau fourni) de manière à surélever la plaque et protéger les pions et les connecteurs.

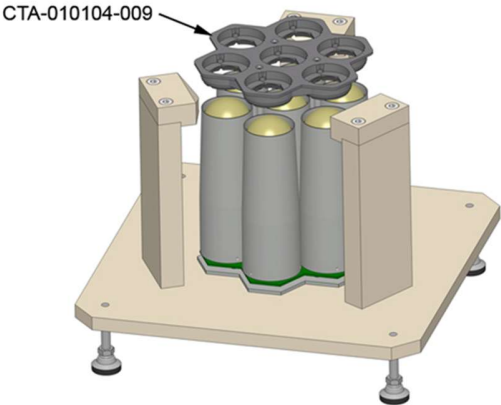
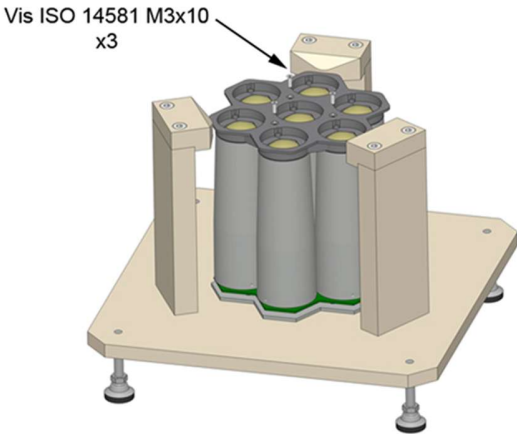
Serrage au couple :



- #0 :
- #1 :
- #2 :
- #4 :
- #5 :
- #6 :

6.5.4 Assemblage mécanique de la plaque support cônes

Tableau 10 : Liste des opérations plaque cônes

Description	OK/NOK /NC	Date/Nom /Rem
Montage de la plaque support cônes (« fleur »)		
Remarque : Il est important d’assurer un bon positionnement relatif entre la plaque de base en aluminium et la plaque support cônes qui coiffe l’ensemble des DUs.		
Placer l’assemblage sur la plaque transparente correspondante et sur la mousse de montage. <div data-bbox="410 732 847 1104" data-label="Image">  </div>		
<p>Figure 9 : plaque transparente de montage et mousse de support du FPM</p> <p>STEP à ajouter pour la mise en place du flocon, lorsqu’on aura les infos et les photos !! VERIFIER l’emplacement du QR code du DU #3, et si nécessaire ajouter une étape de scan du DU #3 à ce niveau avant montage du flocon !</p> <p>Le flocon sera sensiblement similaire à la photo ci-dessous :</p> <div data-bbox="458 1344 802 1736" data-label="Image">  </div>		
Retirer délicatement les capuchons des 7 PMTs. ATTENTION ne pas toucher la partie supérieure des PMTs afin de ne pas détériorer la photocathode		
Effectuer le montage de la plaque support cône (aussi nommé « fleur ») sur le dessus du FPM. <ul style="list-style-type: none"> • Orienter la plaque de manière à ce que les positions des trous lamés coïncident avec les positions des 3 tiges. • Venir coiffer avec la plaque support cônes 		

Description	OK/NOK /NC	Date/Nom /Rem
<ul style="list-style-type: none"> La plaque pénètre légèrement dans les tubes en aluminium. Vérifier que c'est bien le cas. Au besoin, légèrement décaler le haut du tube pour avoir l'alignement. <div data-bbox="379 560 882 963">  </div> <p>Figure 10 : mise en place de la plaque de support cônes (« fleur ») (photo de l'outillage non contractuelle)</p>		
<p>Placer des vis à tête fraisée, six lobes internes, M3x10 dans les 3 trous lamés de la plaque support cônes et les amener au contact.</p> <p>Le serrage des vis va venir appuyer la plaque sur les fenêtres des PMT en comprimant le système ressort à leur base.</p> <p>Serrer progressivement et alternativement chacune des vis jusqu'au serrage complet de l'ensemble.</p> <div data-bbox="363 1433 882 1865">  </div> <p>Figure 11 : mise en place des vis de fixation de la fleur (photo de l'outillage non contractuelle)</p>		
<p>Equiper le tournevis dynamométrique avec l'embout pour empreinte six lobes Torx T10 et terminer le serrage des 3 vis au couple de 0.5 Nm.</p>		

 <small>astrophysique & planétologie</small>	 <small>cherenkov telescope array</small>	MST-CAM	Ref. : R4602
		Procédure d'assemblage mécanique des FPM	Ed. : 3 Rev. : 0 Date: 26/03/2025 Page : 16/17

Description	OK/NOK /NC	Date/Nom /Rem
Identification du FPM		
<p>Marquer le FPM si marquage absent.</p> <p>Pour cela, coller une étiquette d'identification sur la tranche de la fleur. Cette étiquette doit être placée entre les DUs en positions #4 et #5.</p> <p>(ne pas la placer sur la face inférieure de la plaque de base du module. Cette surface est une surface fonctionnelle : interface avec la structure mécanique.)</p>		
<p>Procéder à l'identification du FPM complet à l'aide d'une scannette.</p> <p>Remplir le tableau présenté ci-dessous.</p>		
<p>Stocker le FPM à l'envers sur un tapis mousse propre (pour préserver les PMTs de la poussière et de la lumière).</p>		

Tableau d'identification du FPM :

Élément identifié :	Scan du QR code :
FPM (fleur)	
Carte IB	
DU #0	
DU #1	
DU #2	
DU #3 (central)	
DU #4	
DU #5	
DU #6	

6.6 Vérifications

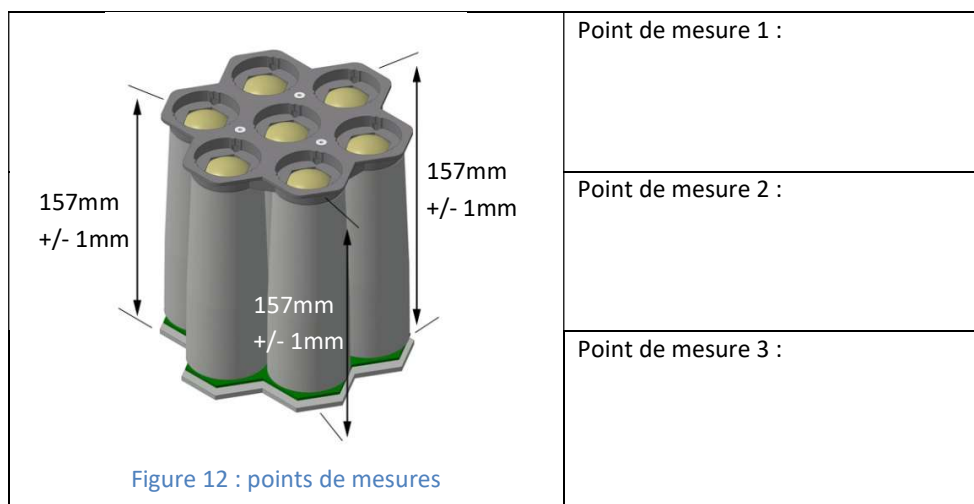
6.6.1 Serrage des vis

A l'aide du tournevis dynamométrique, vérifier que toutes les vis ont été correctement serrées au couple de 0.5 Nm : 20 vis au total.

6.6.2 Dimensions

Mesurer la hauteur du FPM assemblé en 3 points conformément à la figure 11 et consigner les valeurs dans le tableau ci-dessous.

Vérifier que les 3 côtes sont à **157 mm +/- 1 mm**.



6.6.3 Documentation

Vérifier la documentation générée pendant la procédure d'assemblage mécanique : les étapes de la procédure doivent être visées, les non-conformités consignées, les fiches de suivies remplies.

6.7 Validation et clôture de la tâche

Non conformités	<input type="checkbox"/> Mineures	<input type="checkbox"/> Majeures
-----------------	-----------------------------------	-----------------------------------

Responsable Affaire	Responsable Tâche	Responsable Qualité