

## Journées Techniques Détecteurs IN2P3

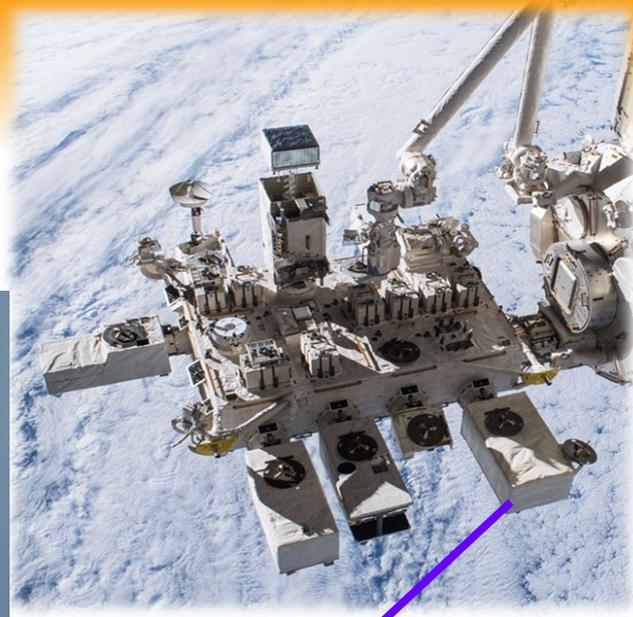
*Développements hautes tensions et mise en œuvre de  
potting pour les boîtes de lecture du calorimètre spatial  
ISSCREAM*

Ludovic Eraud

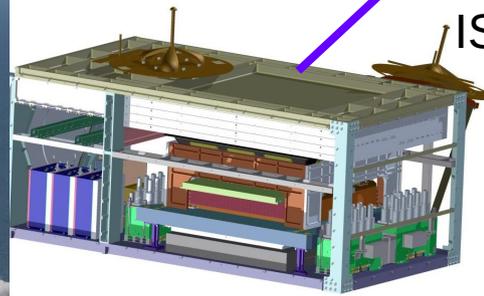
IJCL LAB - 1<sup>er</sup> Juin 2021

# ISS-CREAM

## Cosmic Ray Energy and Mass



Lancé en 2017



ISS-CREAM

Identification des particules cosmiques  
de très hautes énergies

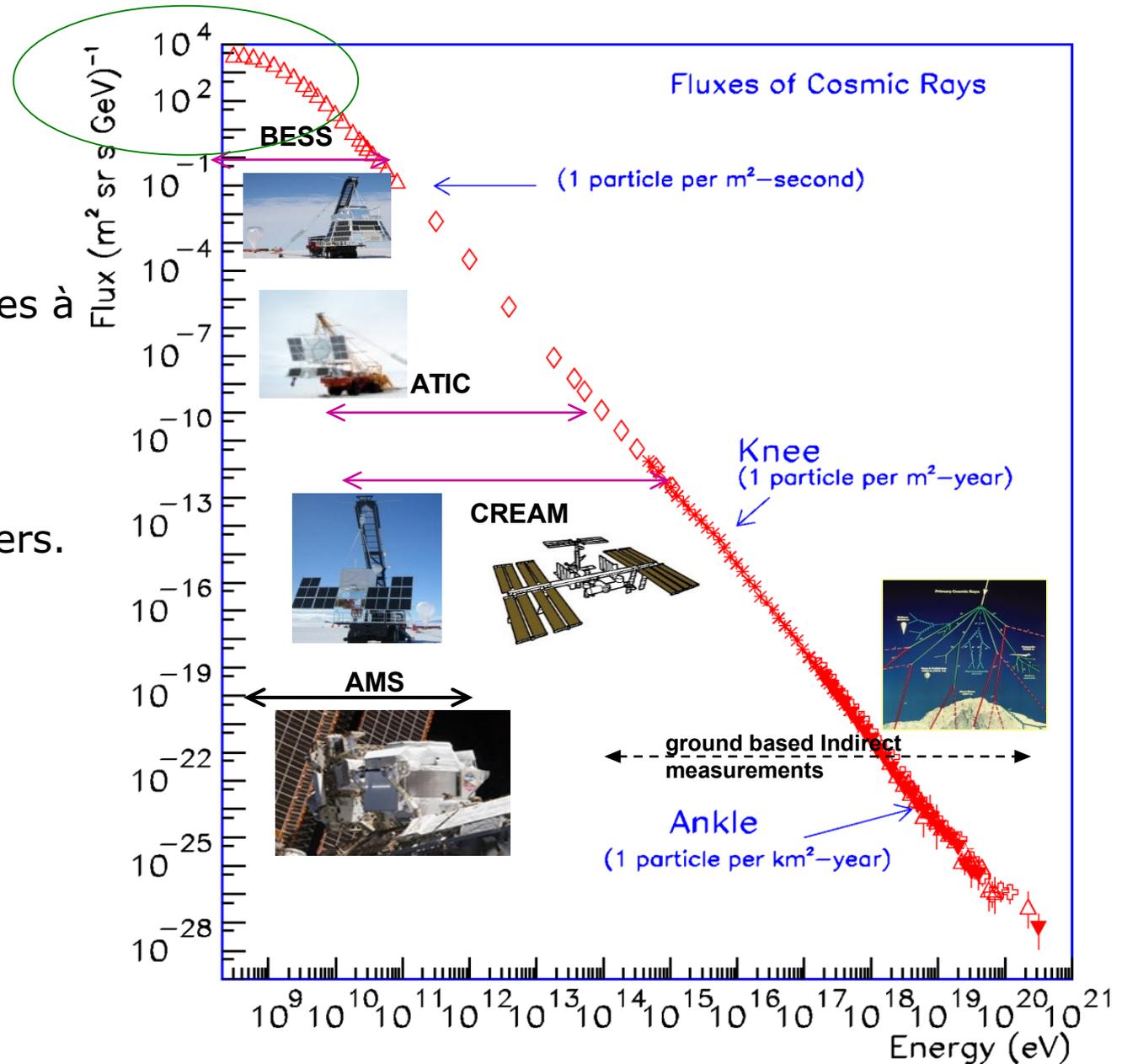


CREAM



But :  
 Mesures des rayons cosmiques à l'énergie la plus élevée pour étudier :

- Son origines
- Son accélération
- Sa propagation dans l'univers.





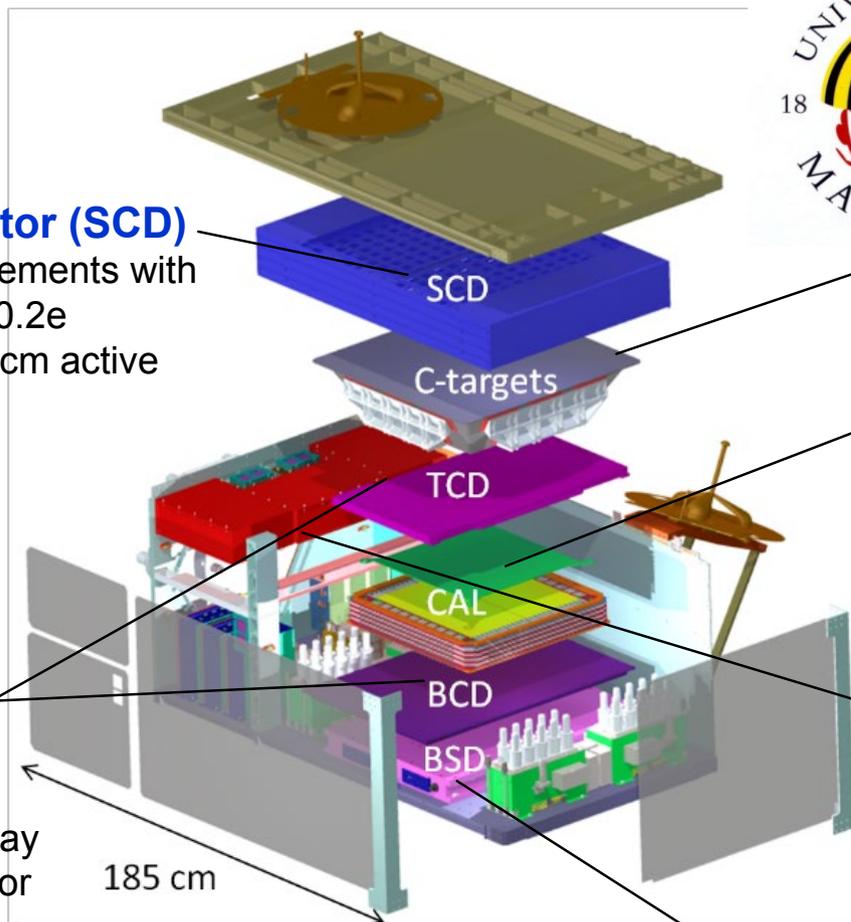
## Silicon Charge Detector (SCD)

- Precise charge measurements with charge resolution of  $\sim 0.2e$
- 4 layers of 79 cm x 79 cm active area (2.12 cm<sup>2</sup> pixels)



## Top/Bottom Counting Detector (T/BCD)

- Plastic scintillator instrumented with an array of 20 x 20 photodiodes for e/p separation
- Low energy trigger



## Carbon Targets

- Induces hadronic interactions

## Calorimeter

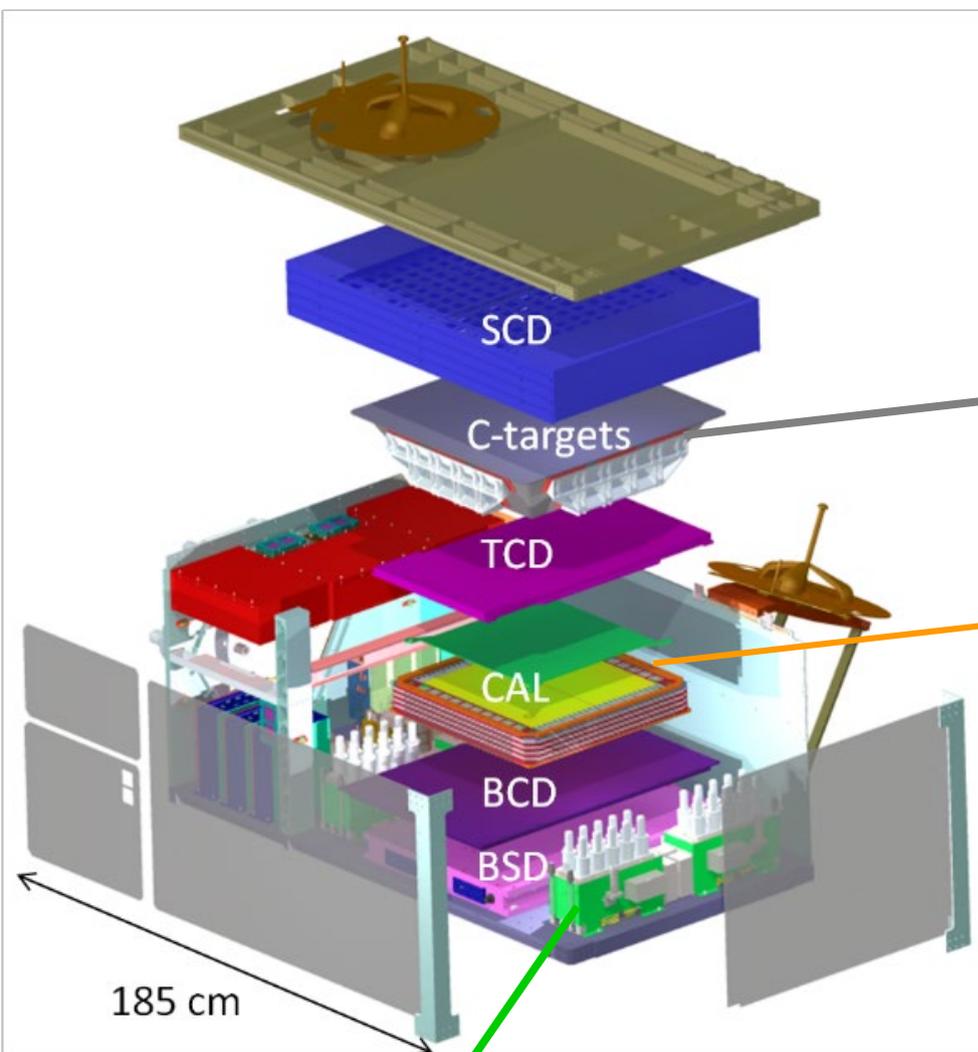
- 20 layers of alternating tungsten plates and scintillating fibers
- Determines energy
- Provides tracking and high energy trigger

## SFCs and common electronics inc. Trigger, CMD, HSK, Power



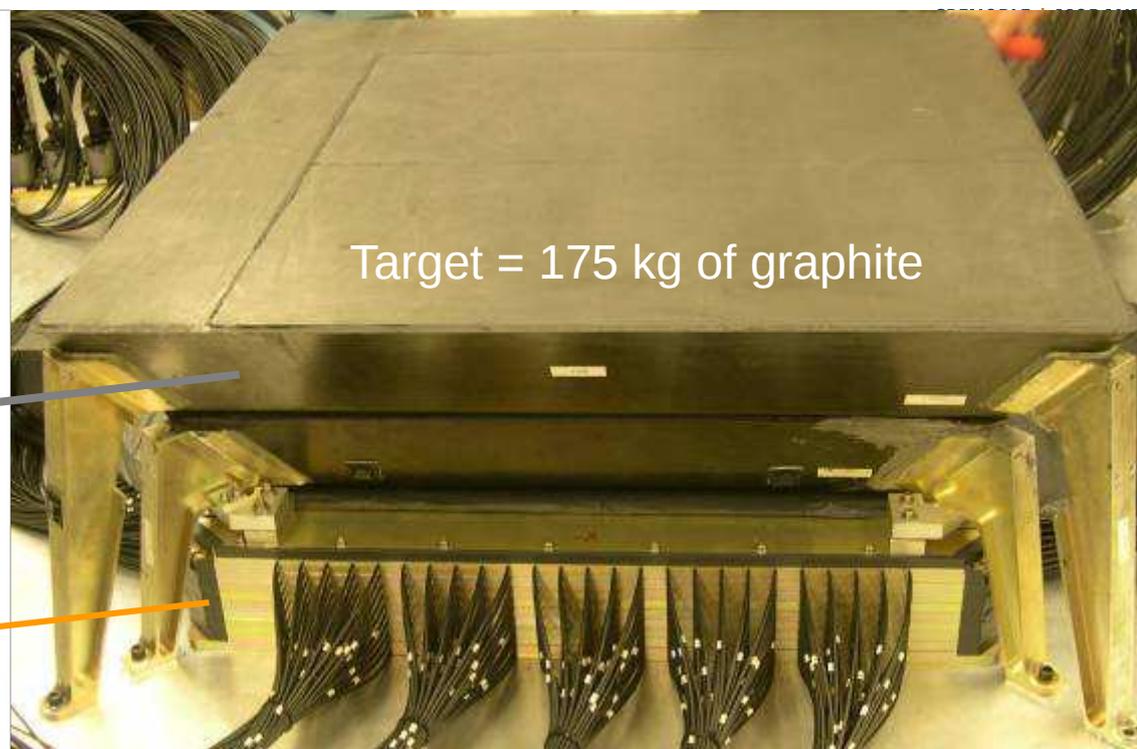
## Boronated Scintillator Detector (BSD)

- Additional e/p separation by detection of thermal neutrons



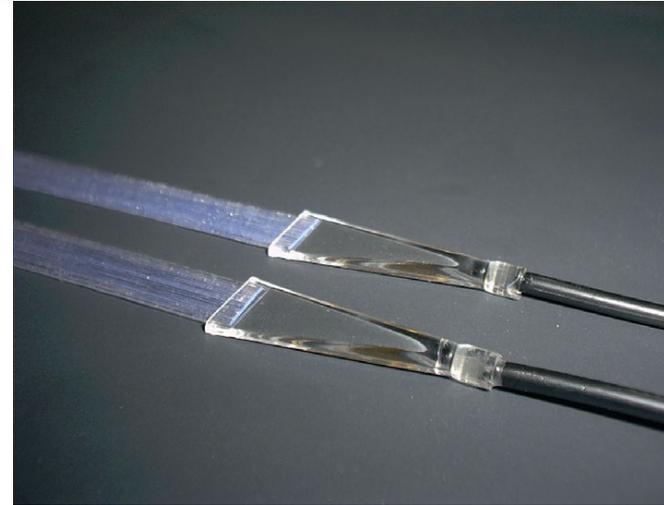
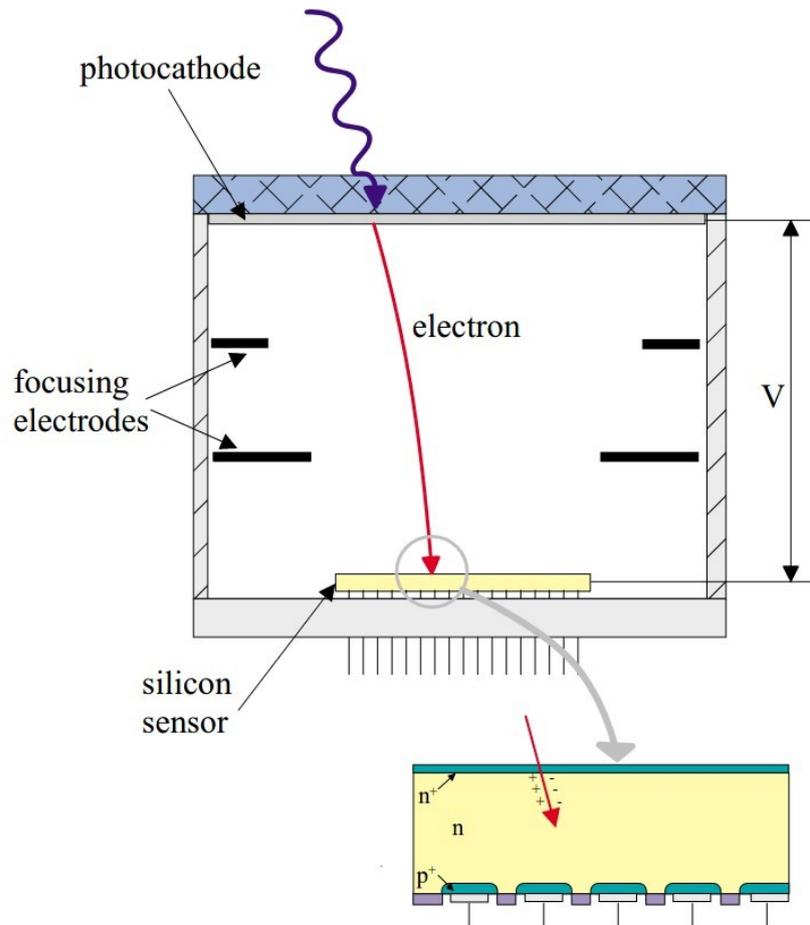
Boites de lecture fibres scintillantes

- x40 Photodiodes hybrides
- x16 Alimentations 12kV
- X4 cartes mères
- X20 Asic de lecture



Target = 175 kg of graphite

Calorimètre à fibres scintillantes  
400 kg of Tungsten  
20 couches alternant plaques de tungstène et fibres scintillantes



Transion fibres scintillantes  
-fibre optique



Photodiode cookie

## Photodiodes hybrides

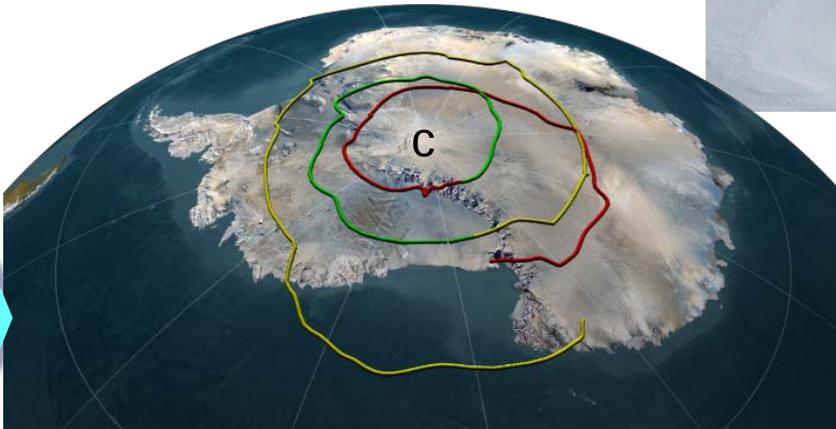
64 pixels – lecture par Asic

- 55 voies de mesure
- 3 voies étalonnage à Led
- 6 Pedestal, bruit

12kV – 80V

- ✓ Sensibilité d'un PMT
- ✓ Résolution en énergie d'un semi-conducteur

Delft Electronics Products BV's  
DEP PP0380BB HPD)



Contraintes de l'embarqué :

Thermiques, mécaniques, poids, consommation, hautes tensions, tenue à l'air libre et vol



40 km  
35jrs

Vol Ballon



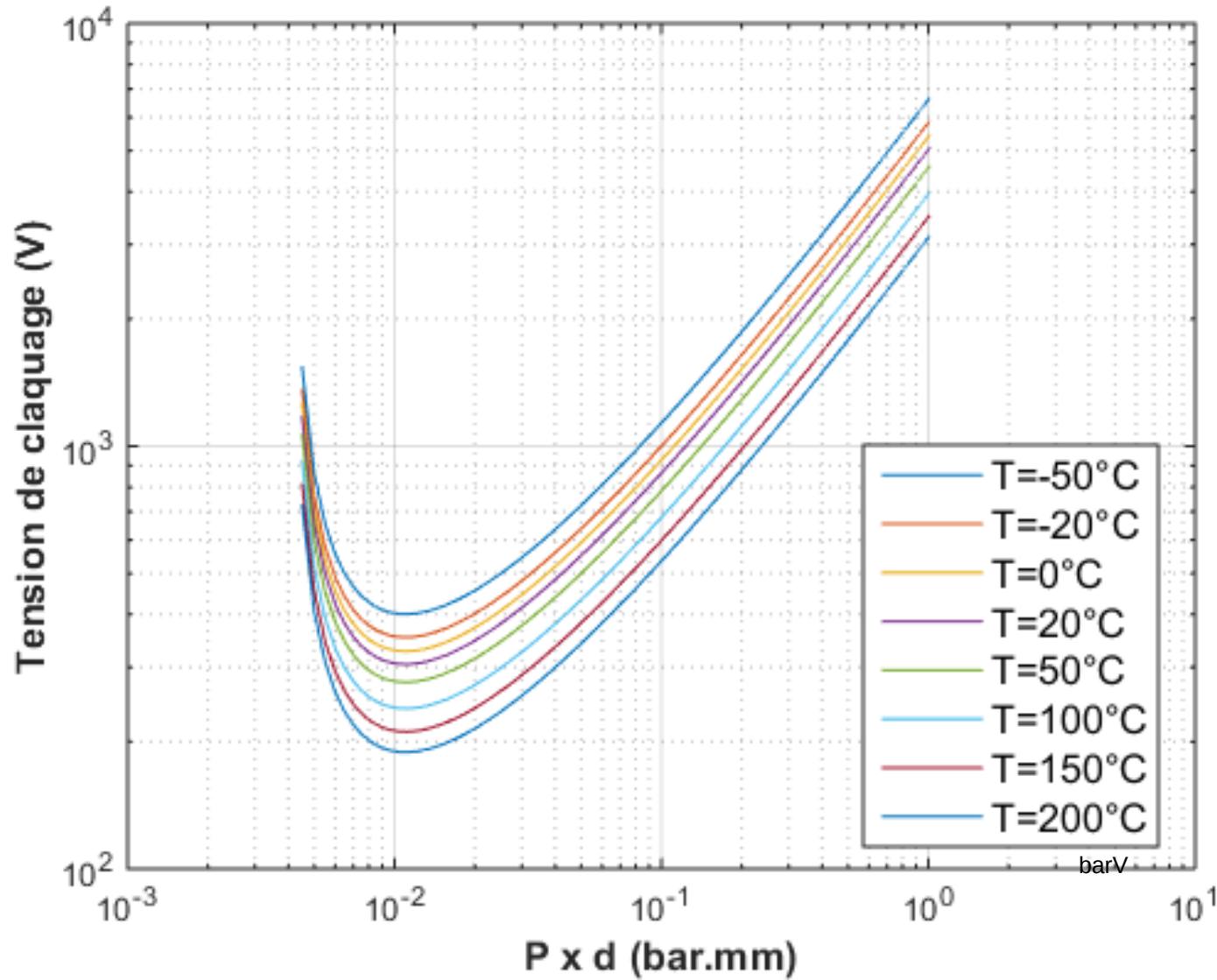
400 km  
539 jrs

Vol spatial

Fonctionnement	Vol Ballon Antarctique		Vol Spatial	
Qualification	20°C	1bar - - mbar	-20°+55°C sur HPD	ATM – Vide
Décollage	~ 0°C	800mbar	25°C	ATM
Vol	20°C	<u>3-10 mbar</u>	10°C à 40° (réchauffeurs)	<u>Vide spatial</u>
Recovery	-35°C	650 mbar		

**Pire cas**  
coude de Paschen

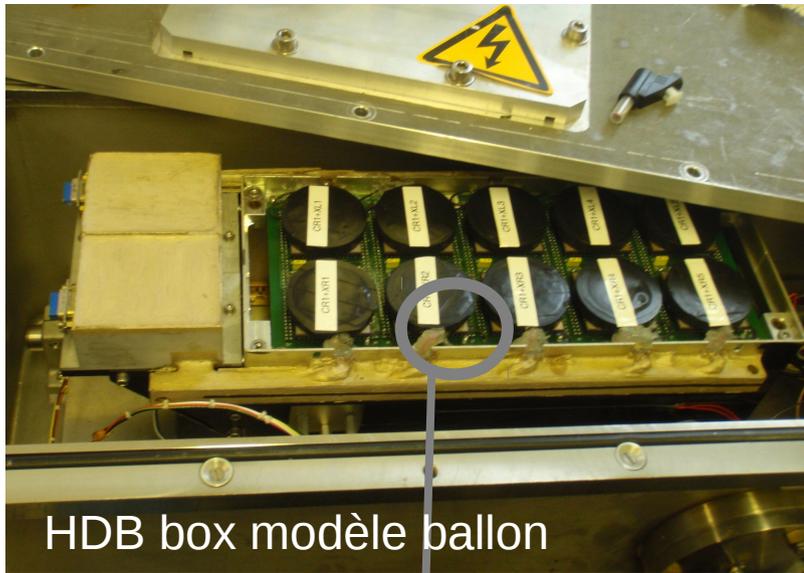
**Meilleur cas**  
5-6 jrs après dégazage !



Minimum à  $20^\circ\text{C}$

- 327 V
- $7,46 \times 10^{-3}$  bar.mm
- Pression atteinte en ballon
- Localement en spatial lors de dégazage

# Reprise boites de lecture (HPD box) après chaque vols ballons



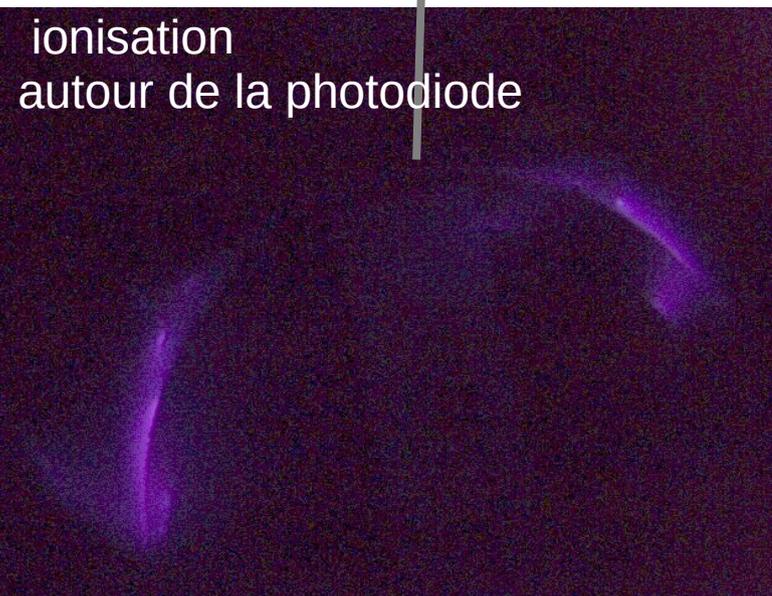
HDB box modèle ballon

## Tests pour l'ISS

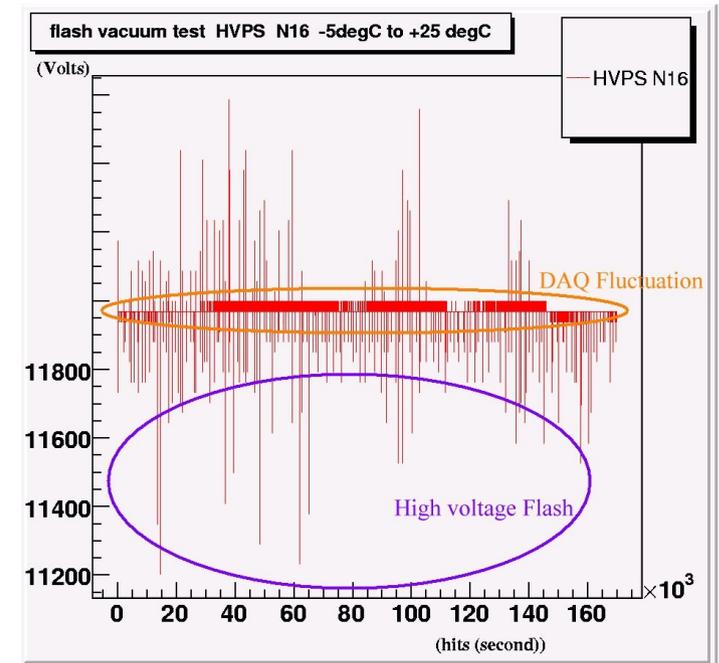
- Out Gazing 48h @ 0.1mbar, 20°C
- Cyclage thermiques
- Tests sous vide @ -12kV
- Décharges multiples observées

Photodiodes utilisées maxi à 7kV

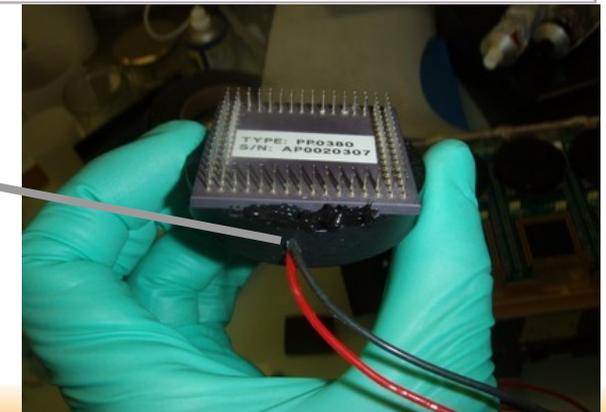
➤ **Non qualifiée pour l'ISS**



ionisation  
autour de la photodiode



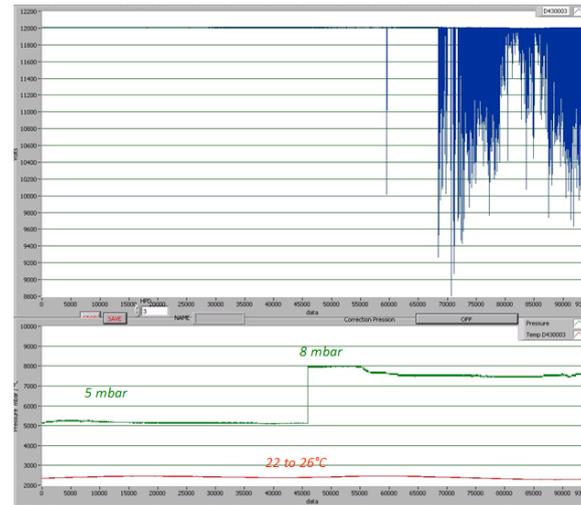
Pb localisé à l'entrée  
des fils hautes tensions  
siliconés





Requalification après vols ballon, à 5 mbar

- Défaillances observées : 5/6 modules défaillants



Test dans l'air @12kV  
Après 2 jours de vide  
primaire

- ✓ stress thermique
- ✗ Cyclage sous vide

silicone d'enrobage

- ✗ agit comme un moule, sans adhérence
- ✗ Haute tension migre le long des composants/PCB

➤ **Non qualifié pour l'ISS**

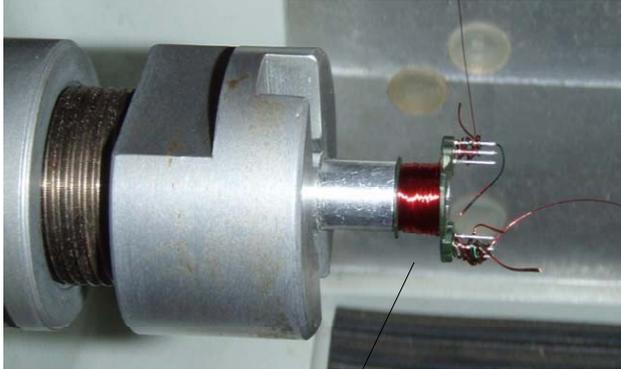
⇒ Design hautes tensions 12 kV maison

⇒ Enrobage optimisé pour l'intégration mécanique et électrique des HPD boxes

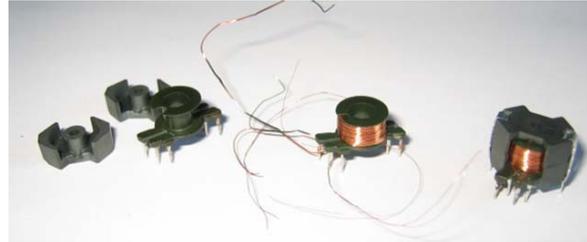
# Réalisation Hautes tensions maison

Transformateurs , assembler, imprégner résine entre spires

Bobiner



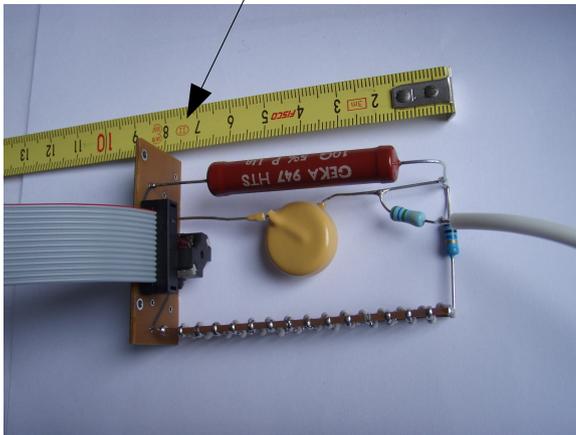
Tester



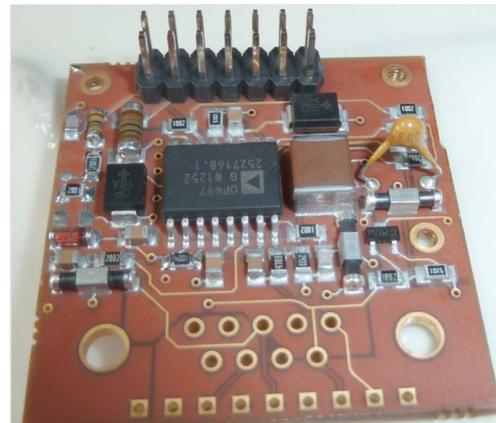
Imprégner entre chaque spire



Assemblages des éléments HT



Transfo + Elevateur Haute tension



Asservissement  
PCB polyimide  
non vernis

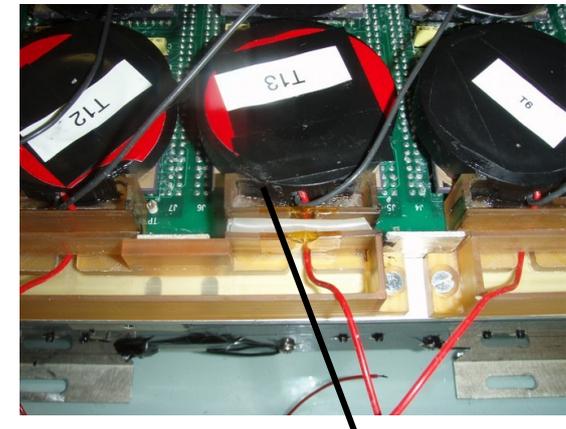
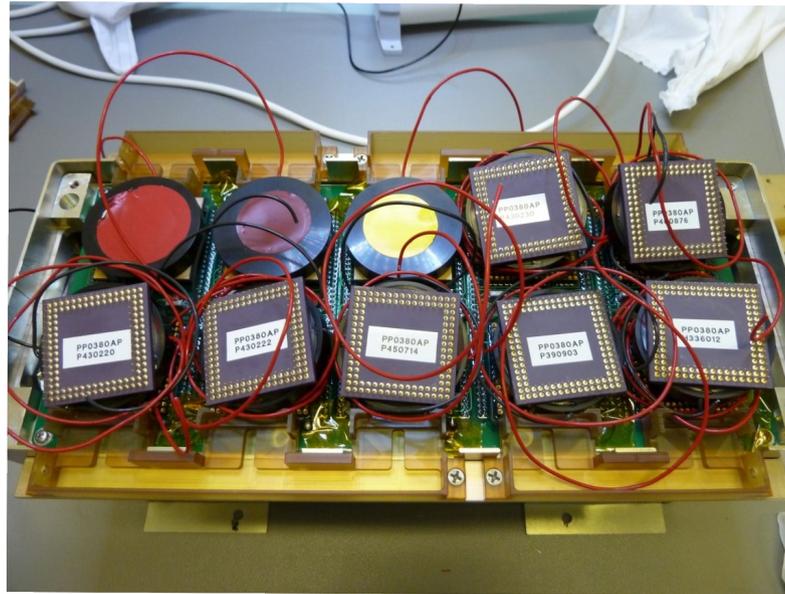


Boîtier de blindage

Reste à Potter

# Intégration des photodiodes :

Jigs et interconnexion HV seront pottés



Trous siliconés

Coating sur : cartes mères et circuits hautes tensions



## ➤ Utilisation de résine PU

Matériels de labo, salle blanche ISO7 et outillages



Alcool  
Thermomètre  
Hygromètre  
Balance  
Scalpel  
Labo  
Cahier  
Papier  
Gants  
Vide  
Chronomètre  
Étuve  
Binoculaire  
Duromètre  
Chayon  
Nettoyage  
Récipients  
Silicone  
Absorbant  
Précision  
Combinaison  
Hotte

*Liste non exhaustive*



- Hotte aspirante
- Masques et combinaisons intégrales

- **Moule** ⇒ maîtrise de la quantité
- **Duromètre** Mesure dureté Shore A& D
  - Contrôle de la catalyse
  - Répétabilité du process
  - Vieillessement produit (stockage sous vide)

## Potting des hautes tensions et entrées de photodiodes

Résine de type PU, Polyuréthane bi composant

- Stycast c113-300 + S300

Produit de réaction d'huile de ricin et du diisocyanate de toluène

- micros ballons de silice (cabosil) 5 $\mu$ m à 100 $\mu$ m
  - Tenue mécanique
  - Allège la densité de résine
  - Améliore la tenue haute tension



Ne pas casser les  $\mu$ ballon de verre lors du mélange  
Stycast +  $\mu$ ballon

Stycast



Texture du miel



Chantilly toxique



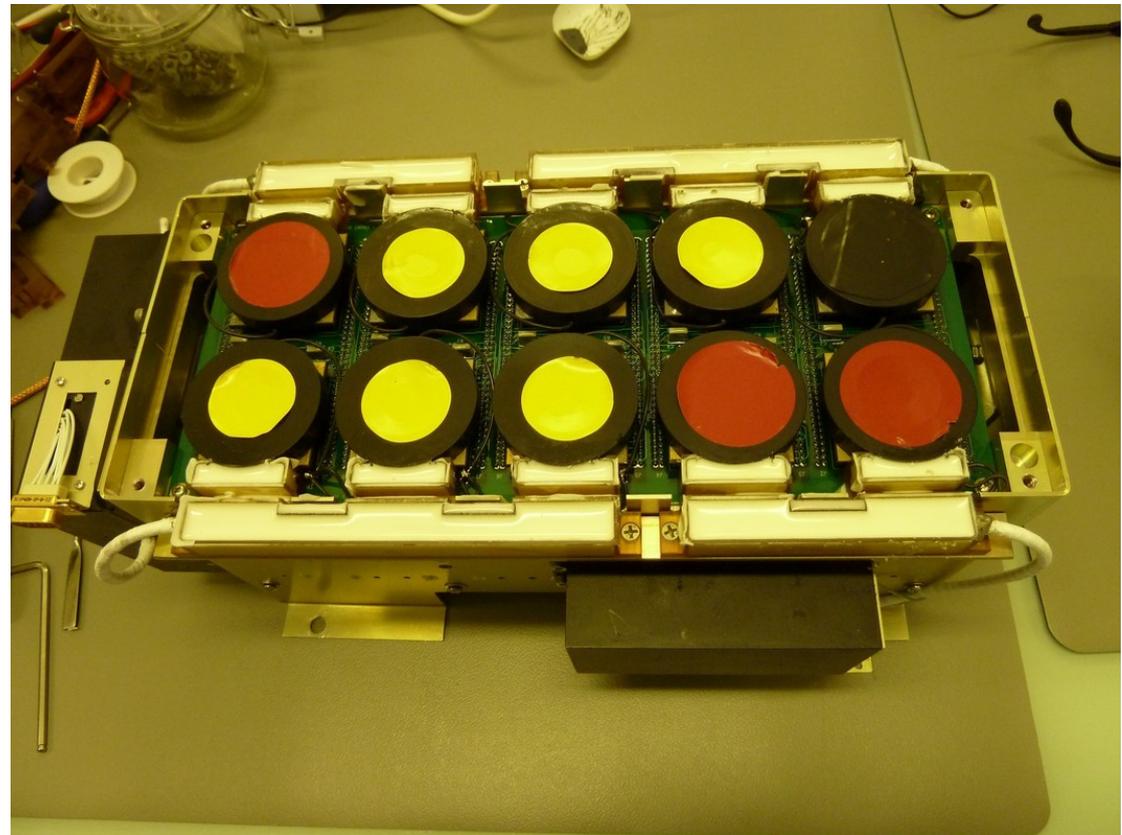
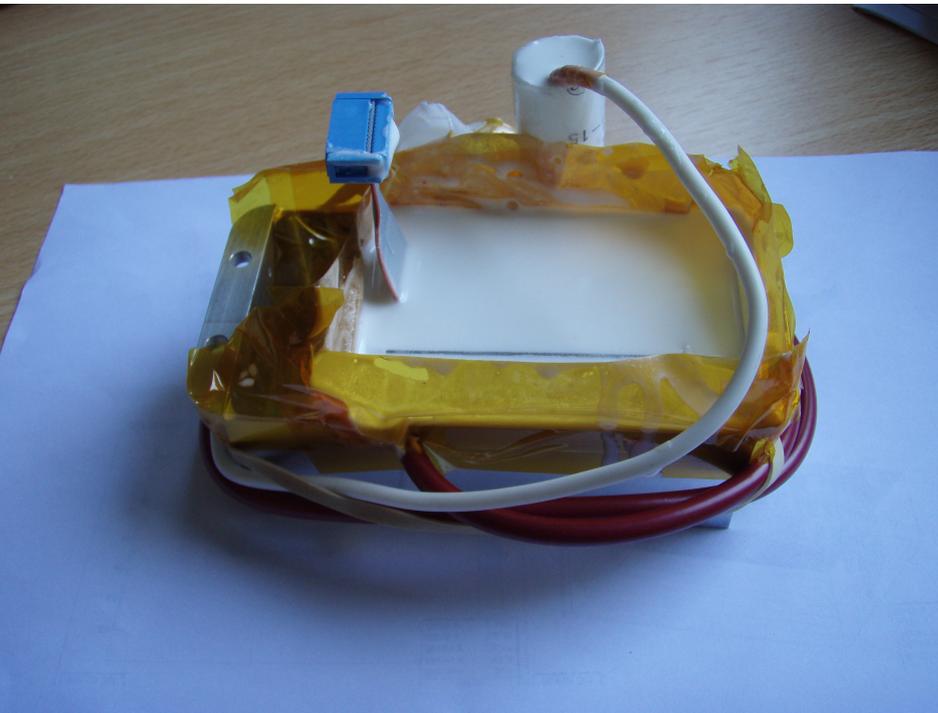
- Bulles = problèmes**
- dégazer produits et matériaux
  - Nettoyer toutes les parties

Importance du moule



Potting jigs

- « Mouiller » le moule avec un peu de produit, dégazer
- Effectuer des remplissages au 1/3
- Successions de vide primaire & rupture rapide
  - › Améliore l'adhésion aux matériaux
  - › Dégaze efficacement
  - › Ne pas faire déborder en bullage !
  - **Toujours laisser un degré de liberté !**



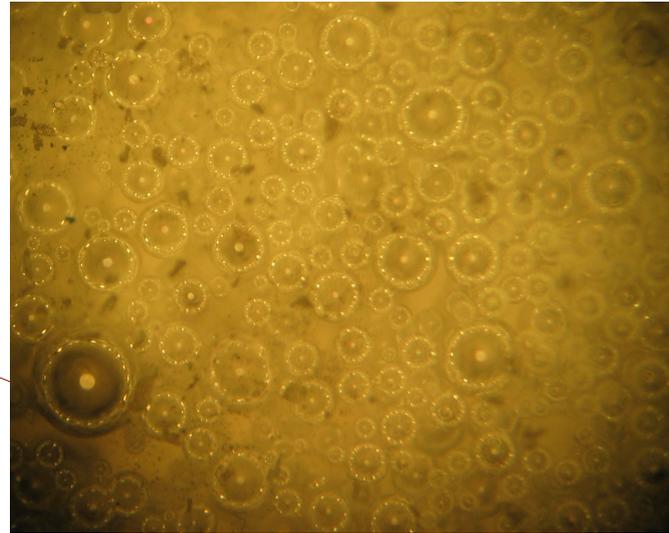
Etuvage 35h @ 40°C

➤ Optimum 90 Shore D

Résultat à protéger des UV !

Garder le récipient comme échantillon témoin

## Microballons de verre

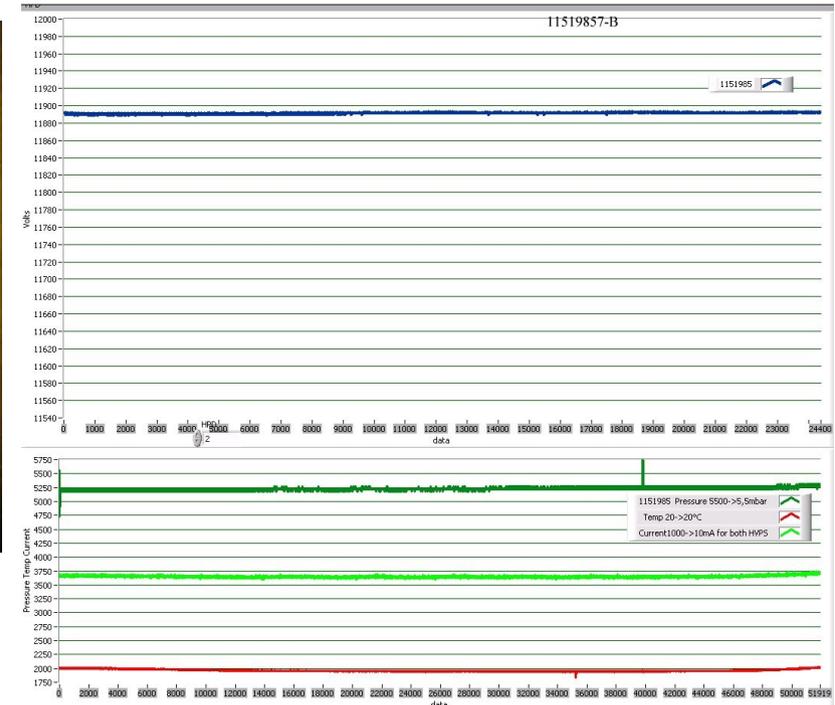


grande intégrité des microballons

### Analyse au microscope

- ✓ Les microballons de verre sont creux et occupent ~90 % de la résine = gain de poids
- ✓ Aux basses pressions un claquage dans le potting voulant se former trouve un chemin d'autant plus grand qu'il y a de billes à contourner.

## Hautes tensions et HPD



- ✓ Cyclages thermiques
- ✓ Dégazage
- ✓ 12kV @ vide primaire
- ✓ Vide Spatial

HVPS housing	Aluminium
cover housing	Aluminium plate 0,5mm
<b>Conformal coating</b>	<b>Nusil CV-1152P</b>
<b>Potting</b>	<b>Solithane S113 C113-300</b>
HV coax	LEMO 130 660 - Screen Cu bl without PVC red jacket removed - Cross Linked Pe insulation inner conductor CuSn
x3 screws	Stainless steel
<b>Glue for screw and cover</b>	<b>Scotch-Weld 2216 B/A</b>
Connector	ITT 311P409-1P-B-12
Next coating	Arathane 5753
<b>These following element are conformal coated or inside potting</b>	
HVPS electronic board	Polyimide printed board Copper Etch, Ni-Au plated. No silkscreen
Internal connector	glass fiber Polybutylene terephthalate
ribon cable inside potting	FEP
x2 screws	Aluminium
HV wire	ALPHA WIRE - 39X2220 WH005 - SILICONE 20KV
Transformer resin	Stycast 1218

## Résines PU sont très toxiques

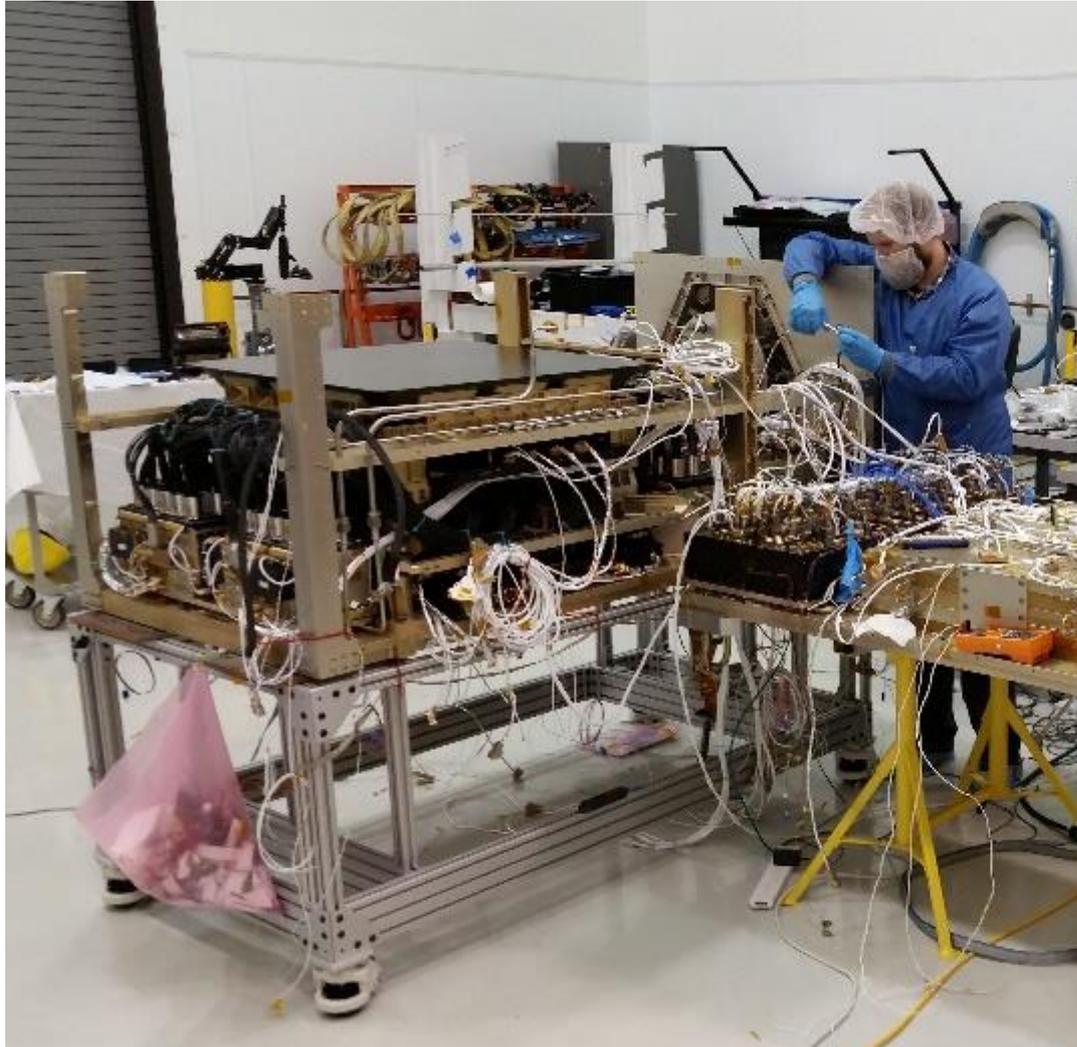
- Dépot à l'air libre
  - Solithane (S113) : abandonné
- Dépôt sous vide
  - Arathane (5753) toujours utilisable

## De + en + de silicone

- Dépot sous vide
- Très peu de bulles
  - Mapsil – déjà épuré -meilleur dégazage
  - Mapsil 213 transparent pour photodiodes et system optiques
  - Down Corning
- ✓ bonnes performances électriques HT  $\sim 10\text{kV}$
- ✗ sensibles aux UV (jaunis dans le temps)
- ✗ taux de dilation + important : laisser + de D° de liberté
- polymérisation à chaud sous pression: autoclave

*Exemple : Machine dépôt sous vide économique  $\sim 2\text{k€}$   
Marque PRESI*





# Cosmic Ray Observatory on the ISS

## MERCI

