
***Tests en orbite
de photo-détecteurs X/ γ
grâce aux nano-satellites***

***P. LAURENT,
CEA/DSM/IRFU/SAp & APC***

Avantages et inconvénients des nanosat

Avantages

- Coûts réduits
- Développement rapide

Inconvénients

- Masse, puissance, ressources limitées
- Durée limitée de mission/ taux d'échec
- Lancement pas connu d'avance
- Orbite basse (LOS)

1: Augmenter le TRL des composants

- Un nanosat peut être utilisé pour augmenter la maturité technologique d'un composant/ détecteur.

Petits composants ou ...

- Ressources limitées \Rightarrow petits composants a priori peu sophistiqués.

Prototype

- Représentativité du prototype ?

Exemple : le scintillateur d'IGOSAT : VISAA

Objectif scientifique :

mesurer le spectre des électrons de 1 à 20 MeV et des photons gammas (20keV - 2MeV) dans les cornets polaires et l'Anomalie de l'Atlantique Sud en orbite basse (500 km), utile pour compléter les données existantes, mieux comprendre la magnétosphère terrestre et ses relations avec l'activité solaire.

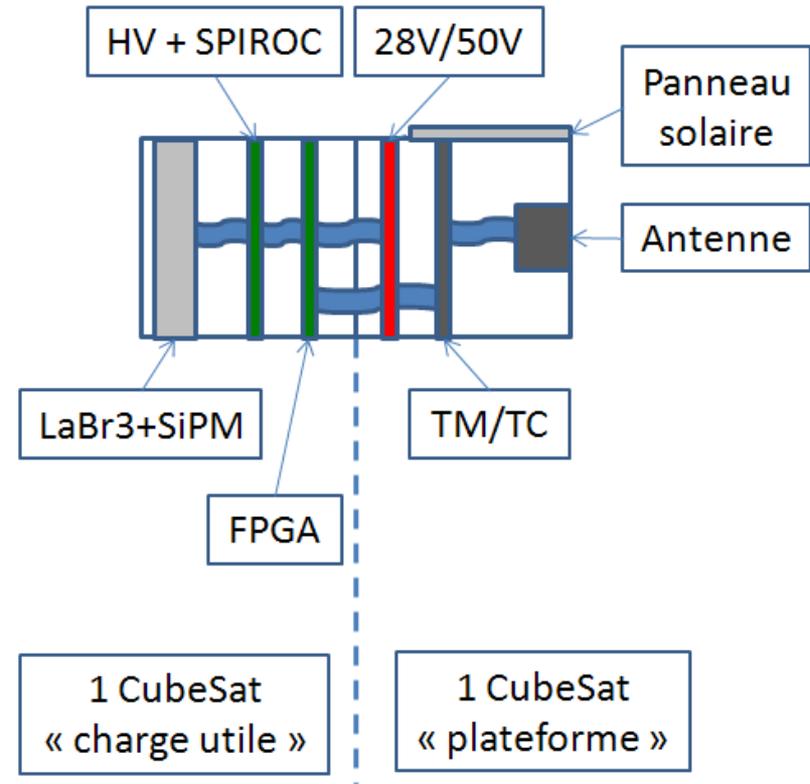
IGOSAT/VISAA

Conception :

- Un détecteur inorganique de LaBr₃ est protégé par un puit de plastique.
- L'ensemble est lu par une matrice de SiPM et un ASIC développé par le pôle Omega.

TRL:

- 1^{er} utilisation de SiPM dans l'espace.
- LaBr₃ ?



2: Tester la tenue aux radiations

Les détecteurs se dégradent dans l'environnement spatial (photons, protons, électrons, neutrons, ions lourds).

⇒ Mesurer ces effets

⇒ tests au sol en accélérateurs/ simulations

⇒ Problèmes de représentativité (débit de dose, spectre disponible en accélérateur, sections efficaces, géométrie fine, ...)

⇒ Utilisation d'un nanosat ?

- Mesurer les effets des radiations
- Tester des stratégies de récupération des performances
- Etalonner le traitement de données
- ...

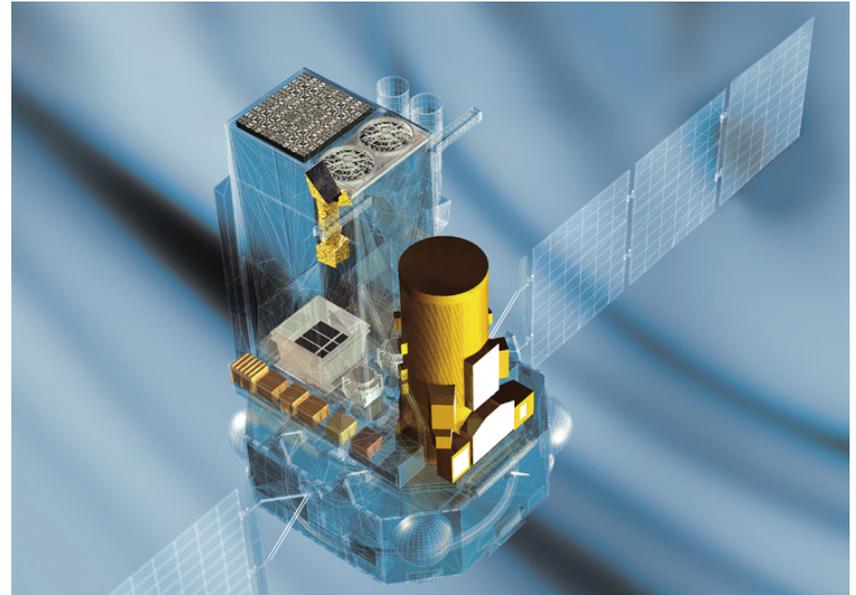
Exemple : les télescopes d'Integral

IBIS

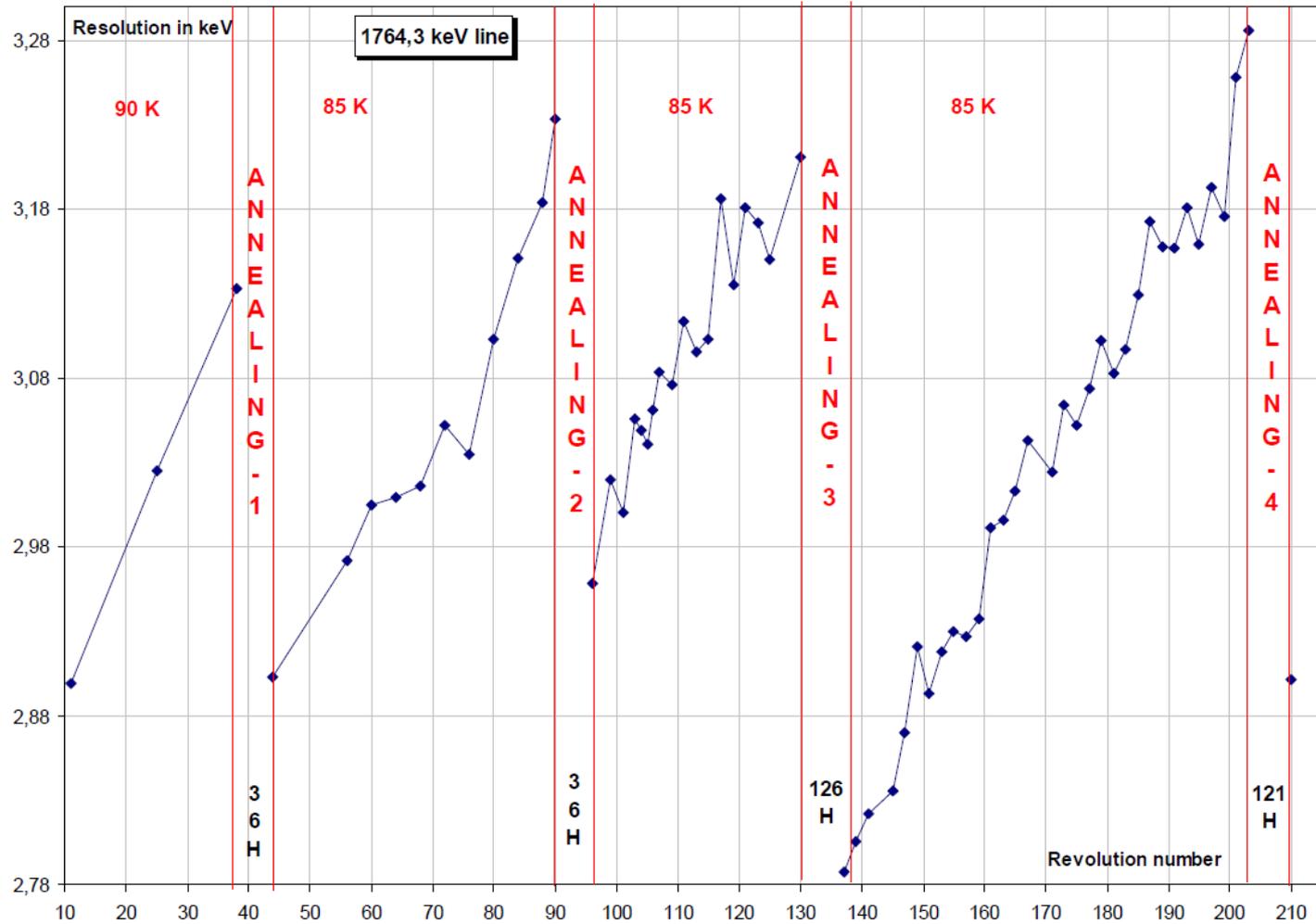
- Imageur 15 – 2000 keV
- Basé sur des détecteurs CdTe + CsI

SPI

- Spectromètre 20 – 5000 keV
- Détecteurs Germanium refroidis à 80 K

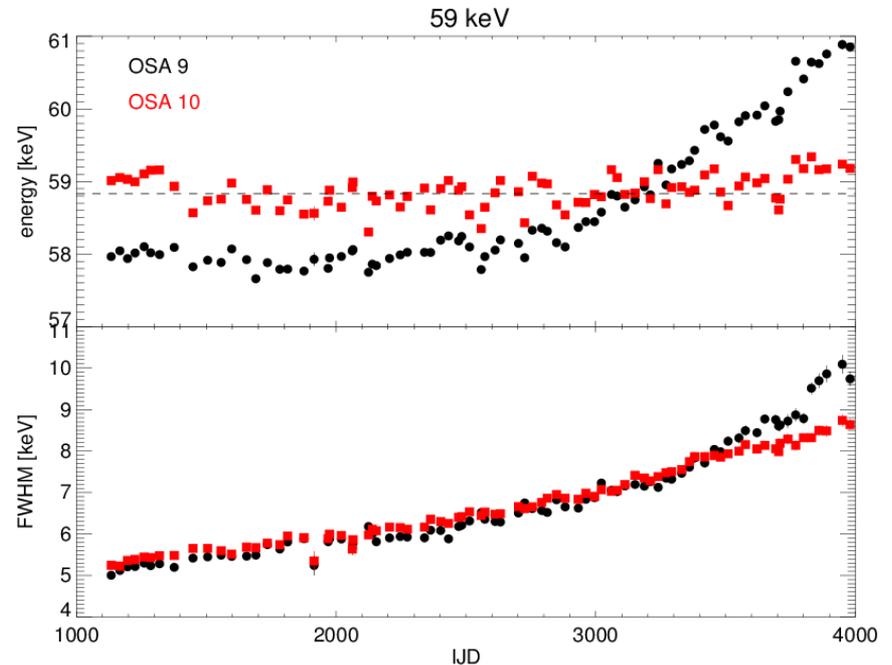


Annealing d'INTEGRAL/SPI



Annealing du CdTe ?

- Le CdTe aussi perd de la résolution en énergie du fait des protons \Rightarrow annealing ?
- L'ESA juge le risque trop important pour la mission.
- **Mais potentiellement testable sur nano-satellite pour de futures applications ?**
- **Tests des séquences de réchauffement ?**



3: Mesurer le bruit de fond en orbite

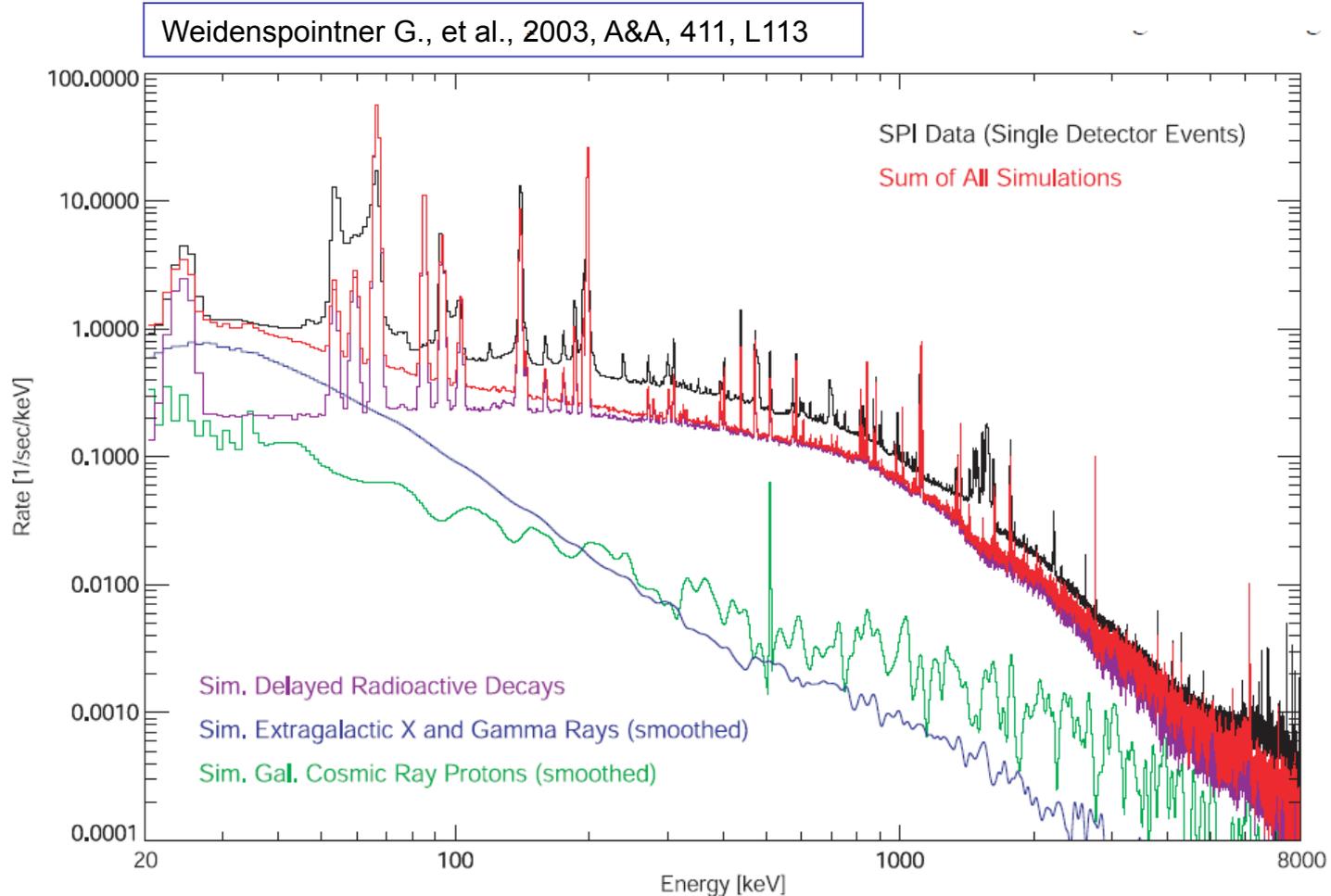
Bruit de fond des détecteurs X/γ dominant sur les sources célestes.

⇒ **Obligation de le connaitre précisément !**

⇒ Estimation obtenue par simulations numériques.

⇒ Estimation obtenue par le traitement de données.

Spectre mesuré/simulé INTEGRAL/SPI



⇒ **Malheureusement imprécises du fait, par exemple, de la méconnaissance de la radioactivité induite.**

Mesurer le bruit de fond en orbite

- Les simulations sont imprécises ...

⇒ **Utilisation d'un nanosat pour une mesure in-situ ??**

Oui, mais le bruit de fond:

- dépend du type d'orbite et du temps.
- dépend de l'environnement immédiat du télescope à tester (masse morte, satellite, autres télescopes, ...).

⇒ **les données nanosat doivent être complémentaires aux simulations**

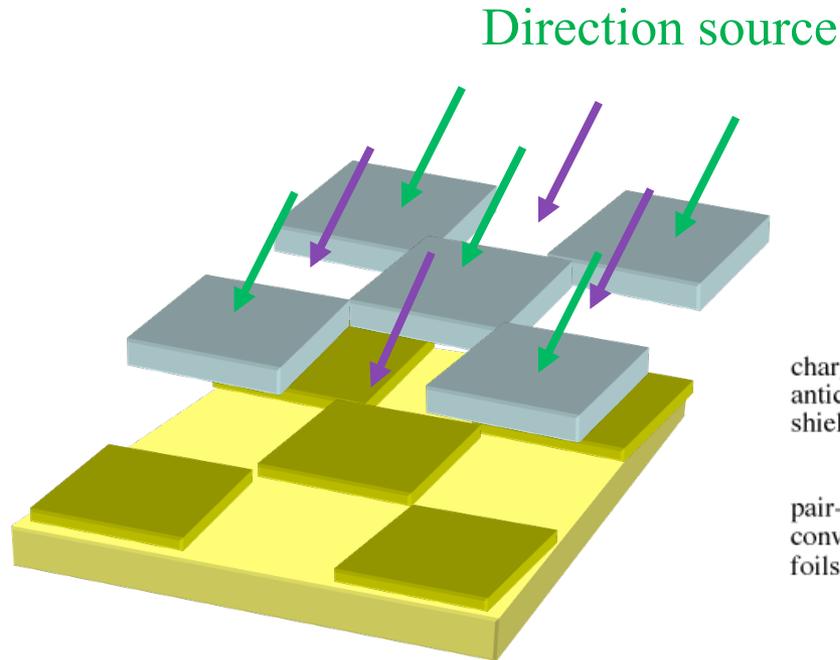
Tester le traitement de données

La contribution du bruit de fond peut être estimée à partir des données:

- Miroir : région éloignée de la source
- Masque codé : flux « clair – opaque »
- Reconnaissance des traces (télescopes Compton et à effet de paires)

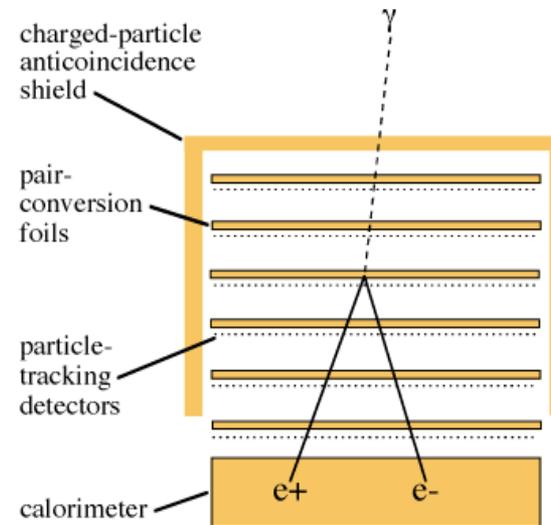
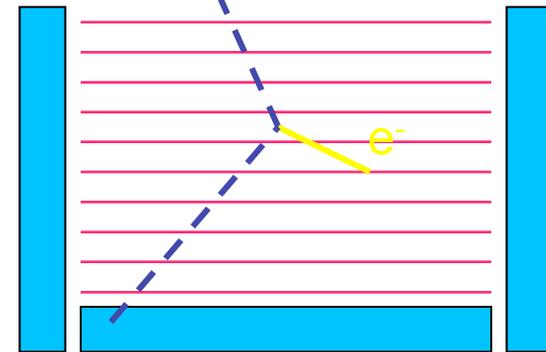
Trouver la direction d'un photon γ ?

$E < 1 \text{ MeV}$ Absorption photoélectrique



motif \Leftrightarrow direction de la source

Télescope Compton
 $1 \text{ MeV} < E < 30 \text{ MeV}$



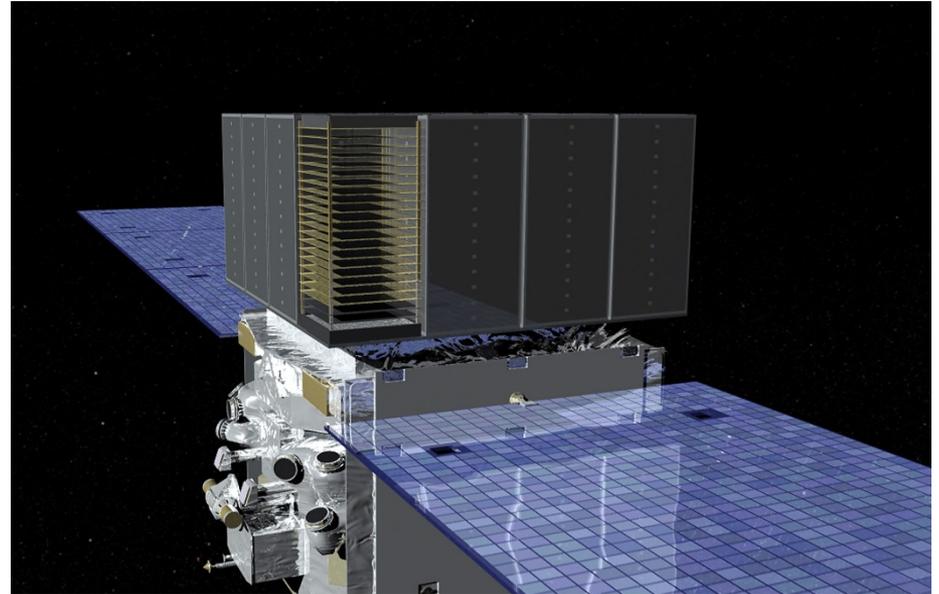
Télescope à création de paires
($E > 30 \text{ MeV}$)

Exemple : FERMI

- Imageur à effet de paire
- 20 MeV – 300 GeV
- > 99 % traces \Rightarrow bruit de fond.

\Rightarrow **Nécessité d'un traitement de données sophistiqué à bord.**

\Rightarrow **Problème identique pour les futurs télescopes γ .**



Utiliser un nanosat pour tester les algorithmes ??

Résumé: on pourrait utiliser un nanosat pour ...

- Augmenter le TRL (petit détecteur/prototype)
- Tester la tenue aux radiations (annealing, stratégie de récupération des performances, ...)
- Mesurer le bruit de fond (difficile, modèle réduit ?)
- Tester les algorithmes à bord de suppression de bruit de fond (à étudier ...).
- ...

Merci !