

Intérêt pour le futur et enjeux croisés : Astronomie gamma spatiale

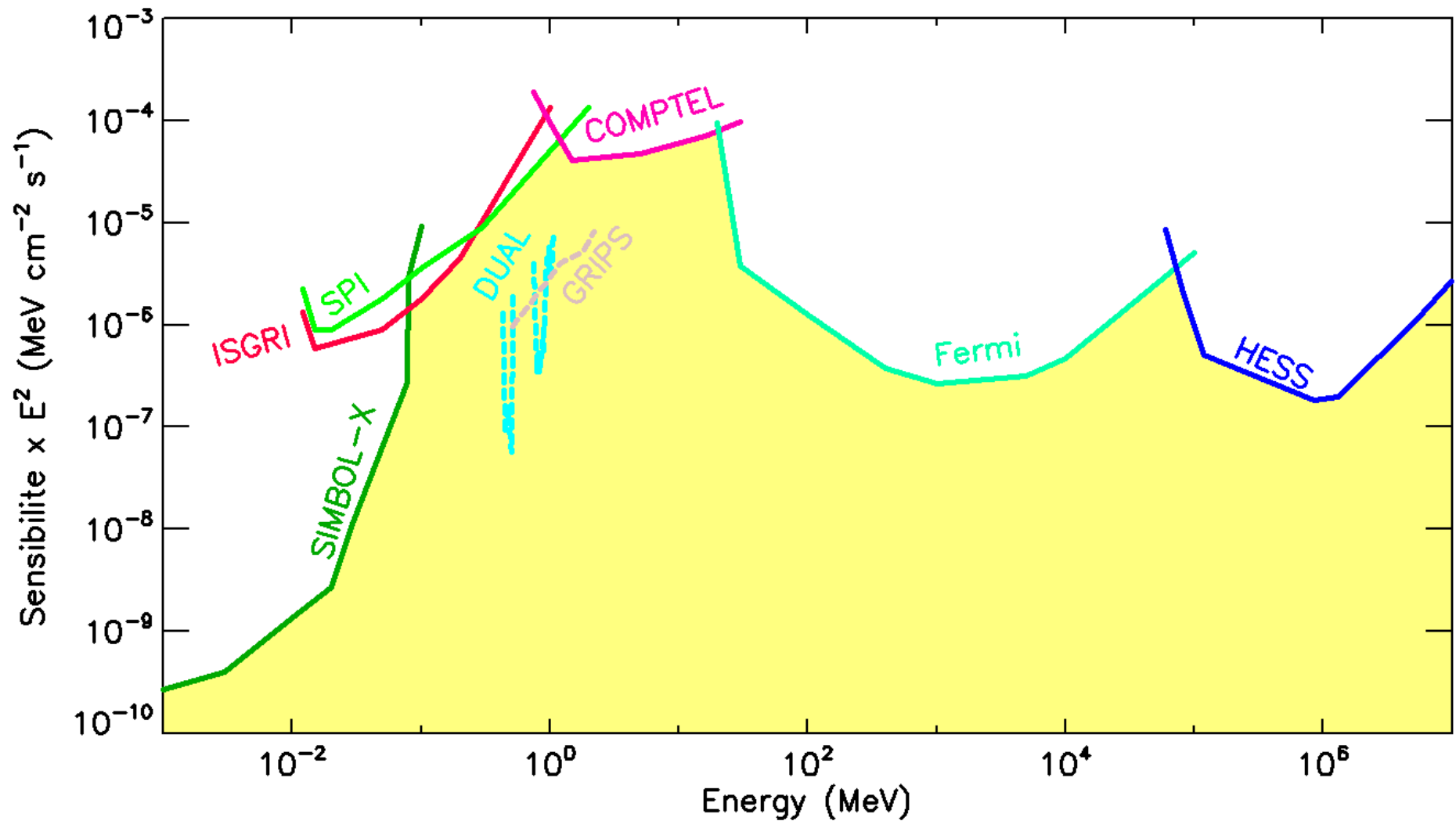
Johann Cohen-Tanugi, Yves Gallant, Alexandre Marcowith,
Frédéric Piron, Matthieu Renaud

- Problématique
- Motivations scientifiques
- Exemples de projets à l'étude en France



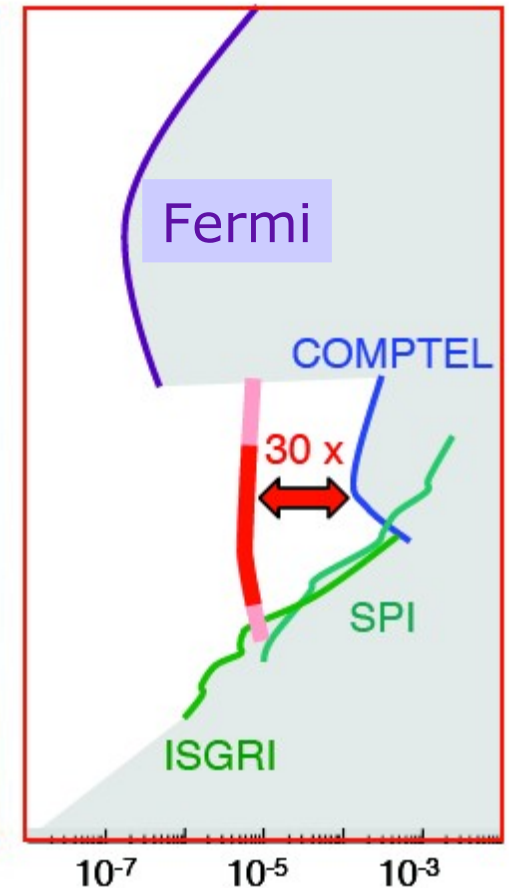
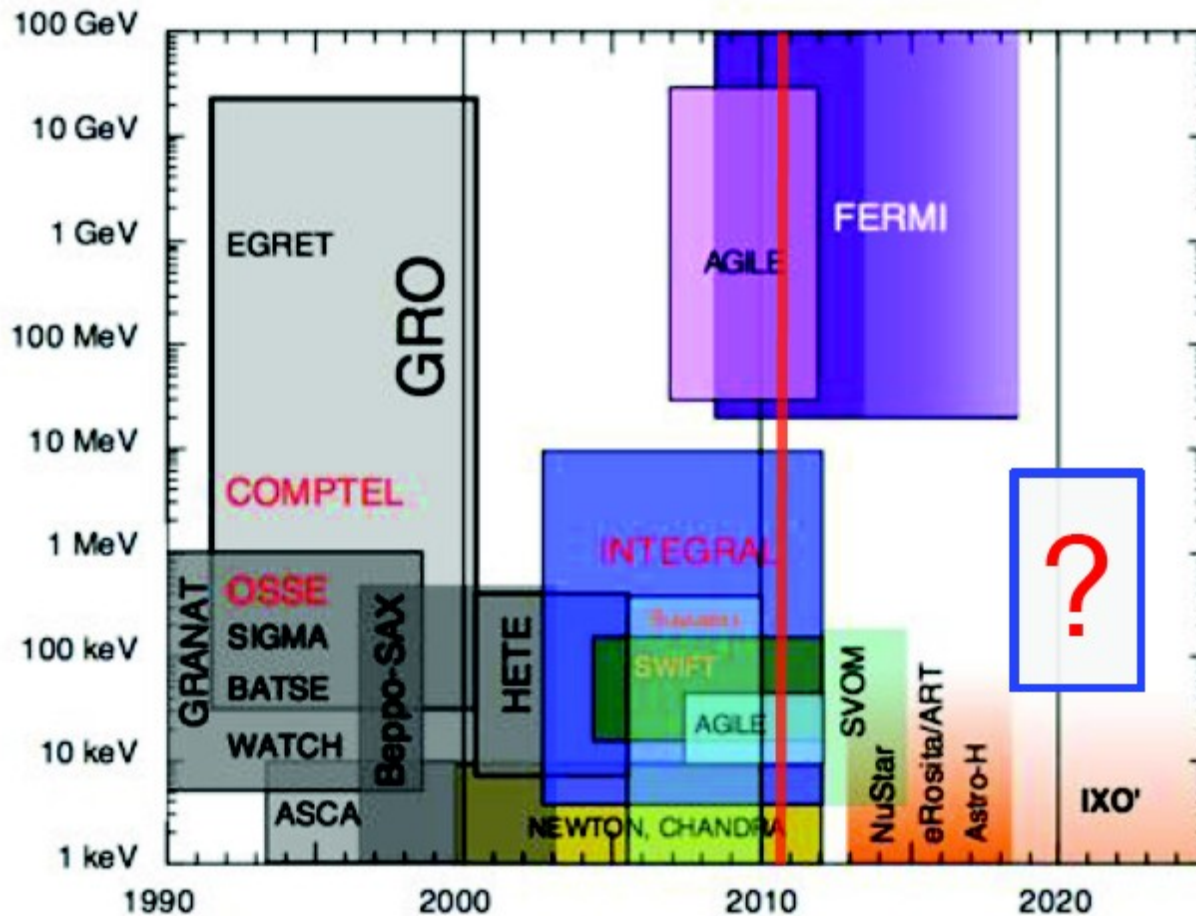
L'anomalie en sensibilité au MeV

11/10/2011



L'anomalie en sensibilité au MeV

11/10/2011

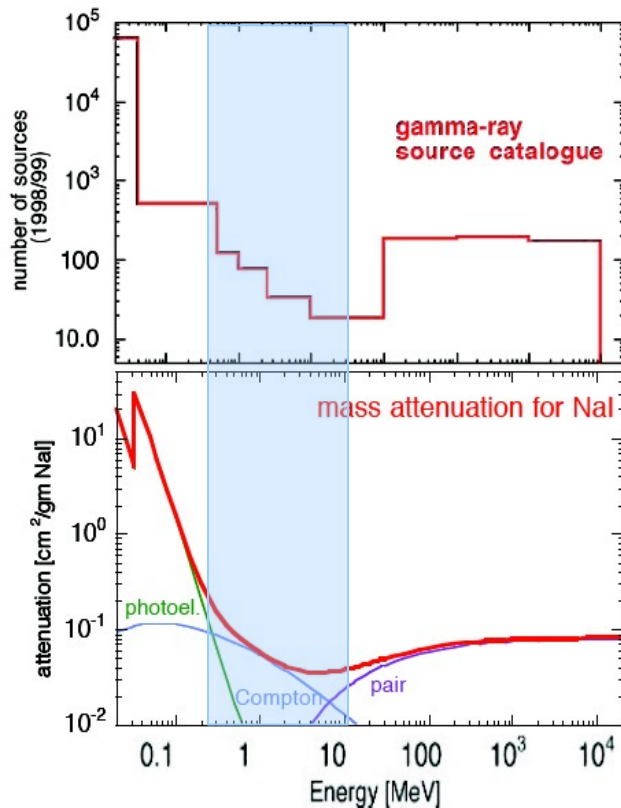


3σ Continuum Sensitivity $\cdot E^2$
 $[\text{MeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1}] \quad T_{\text{obs}}=10^6 \text{ s}, \text{ DE} = E$

Un vide à combler après INTEGRAL...

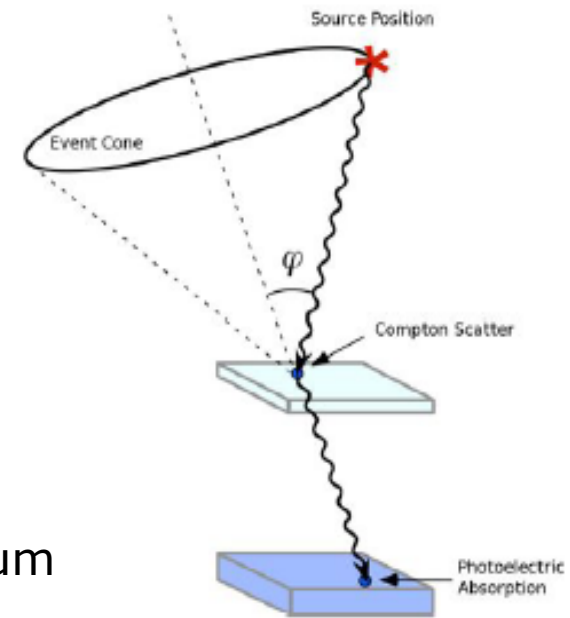
L'anomalie en sensibilité au MeV

11/10/2011



Difficultés du domaine :

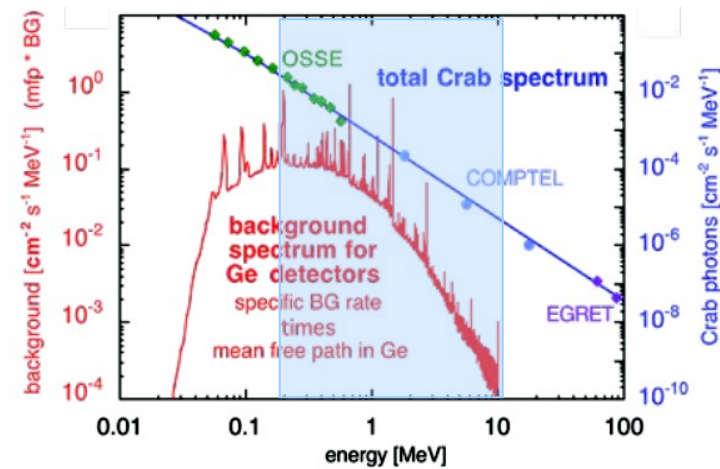
- Section efficace minimum entre 200 keV et 50 MeV
→ efficacité < 1–10%
- Fond maximum
- Nombre de sources minimum



ESA Cosmic Vision 2015-2025 Document (BR-247);

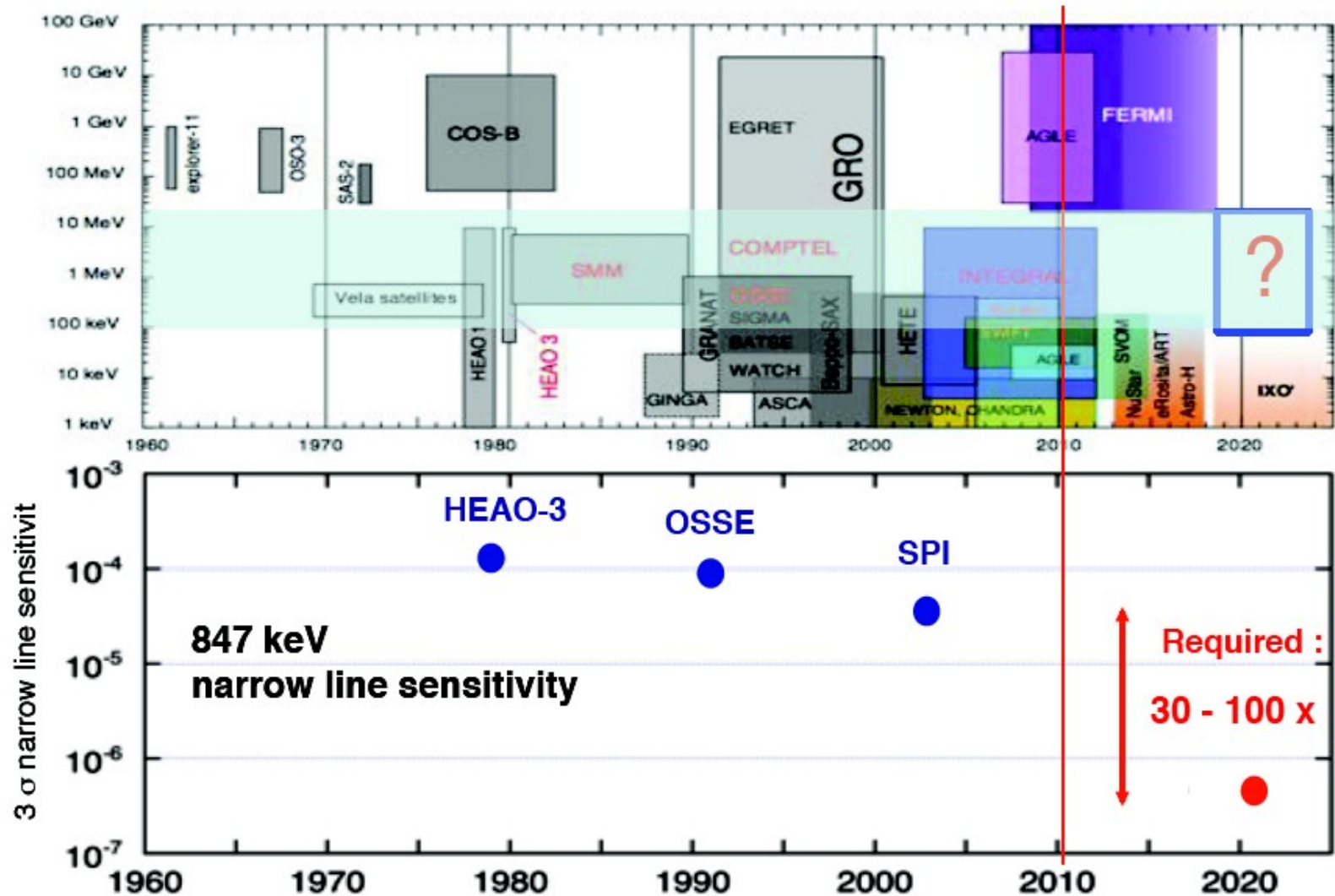
“Astronet Infrastructure Roadmap” document (p.37), that completes the Document “A science vision for a European Astronomy” prepared by the ASTRONET Team:

“Further development of existing and new technologies should be encouraged in these areas in order to fully address the challenges set out in the Science Vision. One such area is imaging and spectroscopy in the very difficult 0.1-10 MeV photon energy range.”



Quelle sensibilité au MeV viser ?

11/10/2011



$F \sim 5 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ représente $\sim$ un photon par cm^2 et par mois !

Motivations scientifiques

11/10/2011

Nucléosynthèse

- Supernovae
- Novae
- SNRs
- Diffus Galactique

511 keV

Accélération de particules

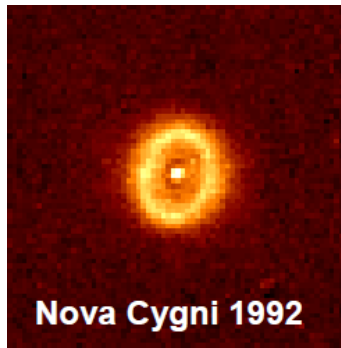
- SNRs
- pulsars (polarisation)
- PWIN (polarisation)
- GRBs (polarisation)
- AGNs (polarisation)
- binaires (polarisation)
- Diffus galactique

TGFs

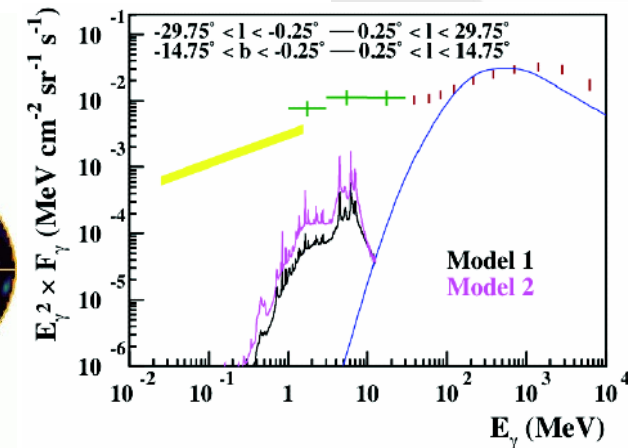
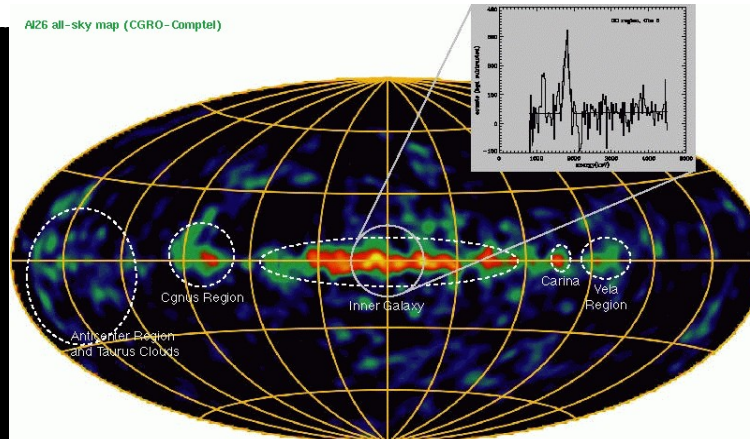
Activité solaire
à haute énergie

Physique fondamentale

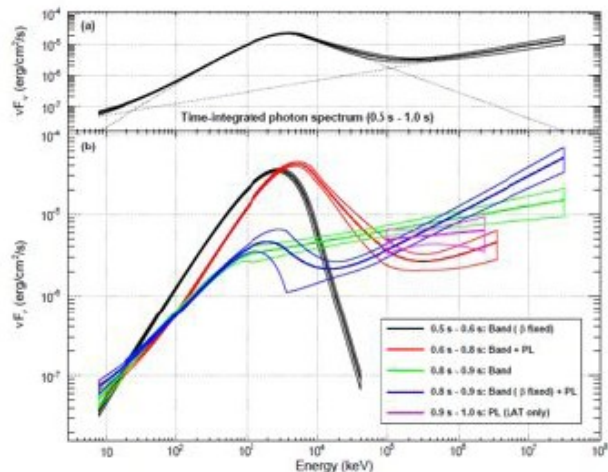
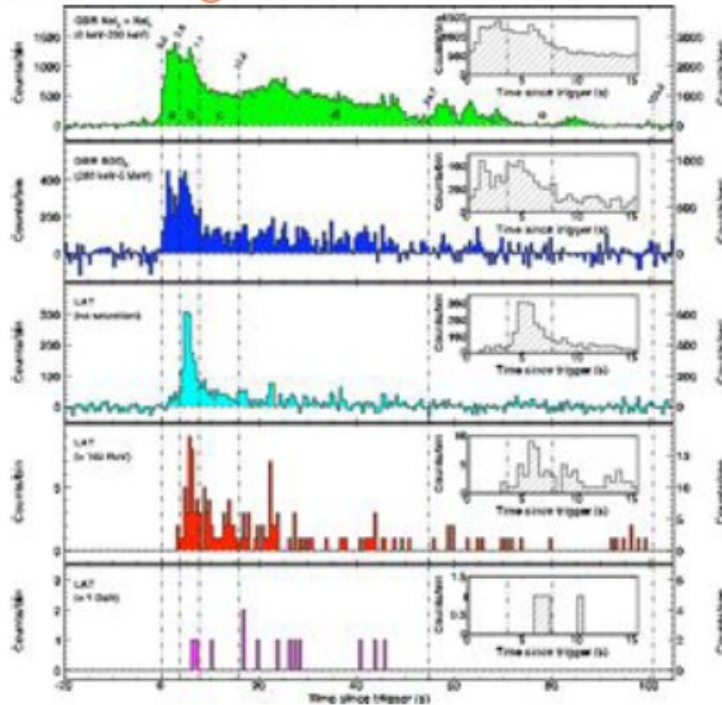
Nova Cygni 1992



All-sky map (CGRO-Comptel)

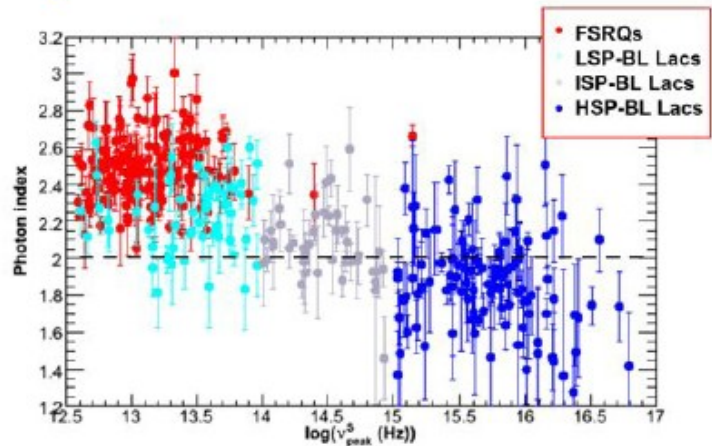


Sursauts gamma

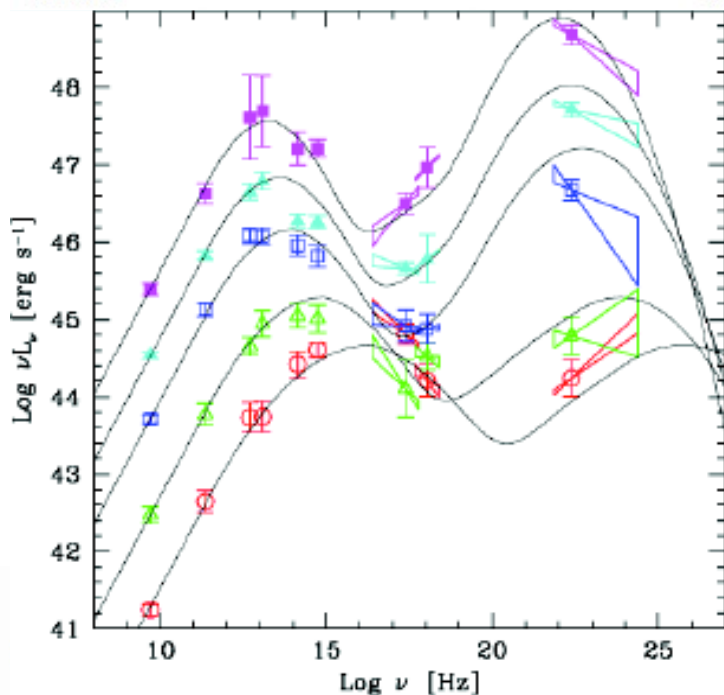


- Emetteurs de 'haute énergie' par excellence: pics de fluence vers 0.1-1 MeV
- Pic de comptage sans sélection $\gg$ comptage avec sélections: la majorité des photons sont perdus. *F. Piron et al. travaillent sur une amélioration de l'analyse* < 100 MeV.
- Flux ~ 5 MeV retardé de quelques secondes (GRB080916C, GRB090510) par rapport aux énergies inférieures: émergence d'une nouvelle population radiative avec des propriétés polarimétriques différentes?
- Composantes spectrales additionnelles (GRB090510)
- Signatures polarimétriques des différents modèles vont de $\Pi \geq 80\%$ à $\Pi < 10\%$ (Lyutikov 2003, Granot 2003).

Noyaux actifs de Galaxie



Lott@Bonn 2010



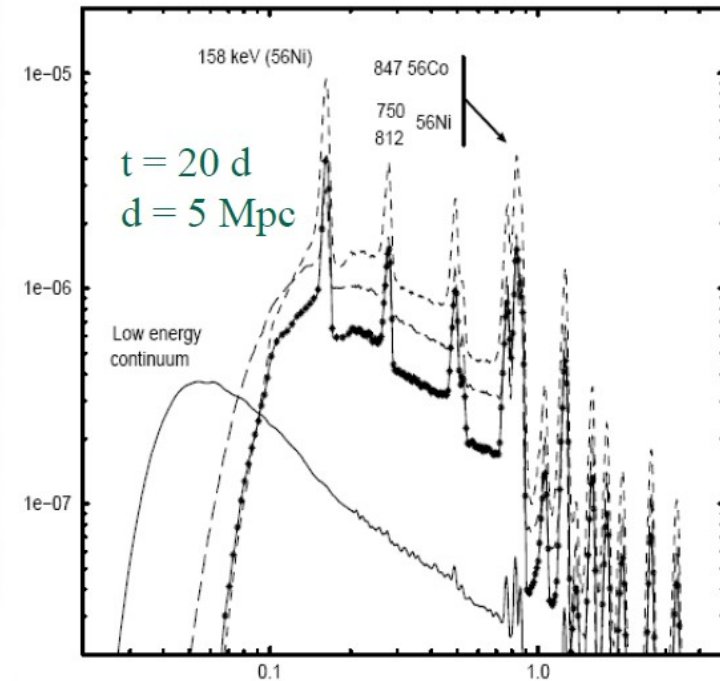
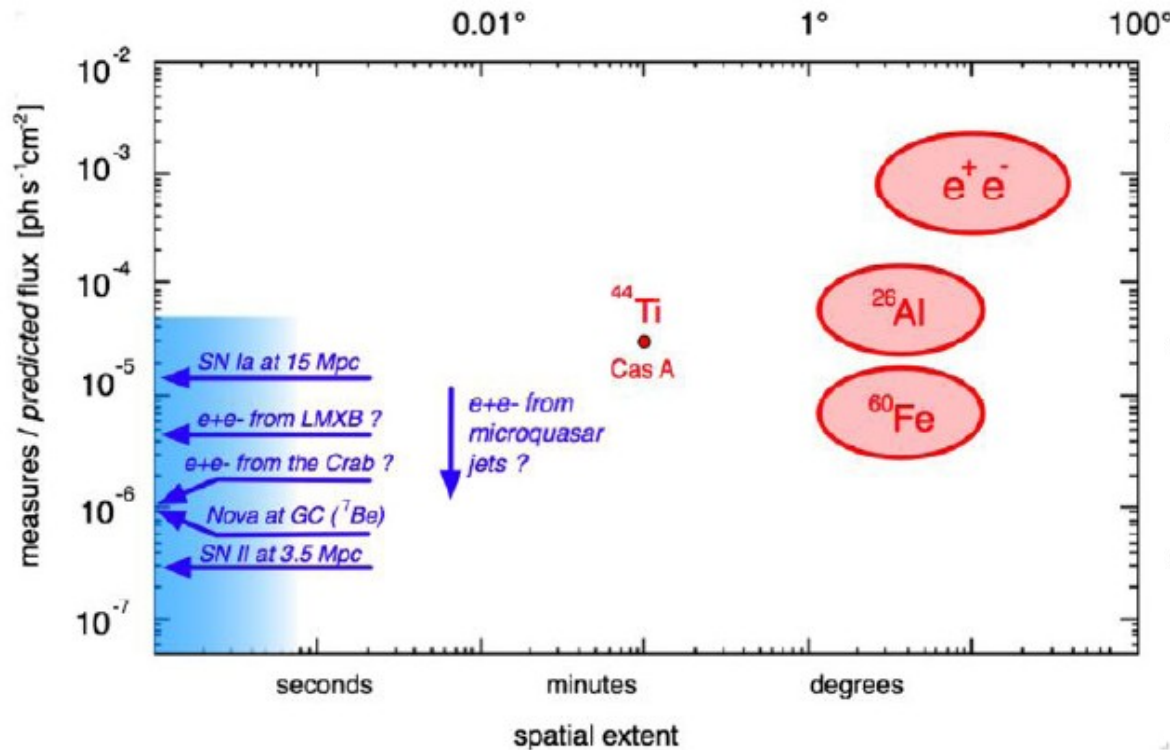
- Peak νF_ν emission in FSRQs poorly constrained in AGN since $\Gamma \geq 2$ generally.
- FSRQ usually very luminous, good targets for medium-sized MeV instrument.
- X-ray/Gamma-ray show inverse Compton to synchrotron transitions when γ -ray luminosity increases and Γ decreases: blazar sequence.
- Polarisation properties still highly speculative, possibly different between the synchrotron, external Compton and self-Compton scenarios.

& Détection avec Fermi/LAT des "NL Seyfert 1"...
(transitions spectrales attendues autour du MeV)
& "MeV" blazars ($E_{\text{sc}} > 50\text{-}200$ MeV) ...?

Motivations scientifiques

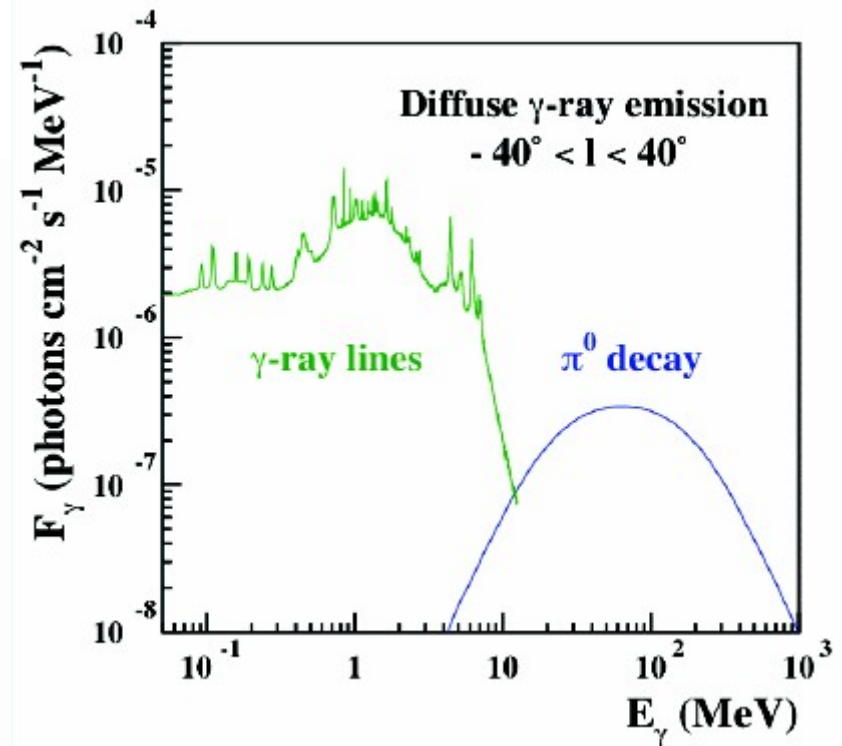
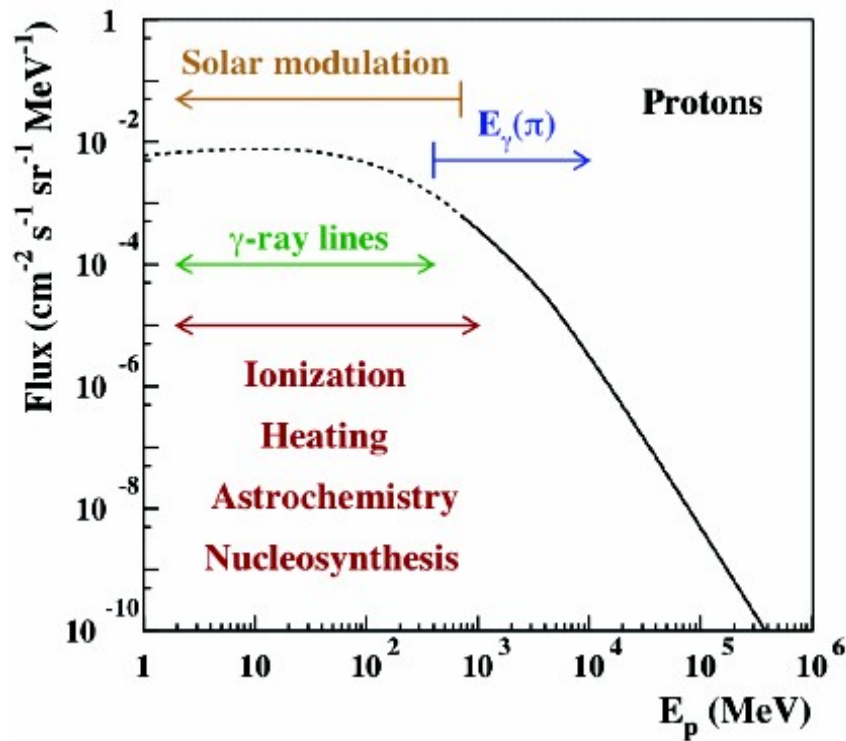
11/10/2011

Raies gamma nucléaires



Un large intervalle en extension angulaire et des intensités différentes de plusieurs ordres de grandeur → expositions très longues en mode pointé ou expositions longues à grande échelle avec sensibilité moyenne

Raies gamma nucléaires



L'astronomie au MeV est l'unique moyen direct d'étudier les différents effets des rayons cosmiques de "basse" énergie ($< \text{GeV}$) sur le MIS....!

CAPSiTT (IN2P3/APC & IN2P3/CSNSM)

11/10/2011

Compton And Silicon Timing Tracker

Empilement de diffuseurs fins de bas Z (Si) – tracker similaire au LAT mais sans tungstène !

>30 disques de 2.3m de diamètre (2 microns d'épaisseur)

Faible fond interne, pas de refroidissement actif, pas de recuits

Pas besoin de calorimètre pour mesurer l'énergie:

marquage en temps (à quelques ns) des interactions (mesure directe si 3 interactions)

Pas d'anti-coïncidence (a priori)

Double Sided Strip Detectors (DSSD)

Forte épaisseur (2 mm): meilleurs S/N, marquage en temps, et spectro, robuste, faible consommation

~1 400 000 canaux

Performances

1 MeV 3σ raie fine: $F \sim 2.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} (10^6\text{s}) \rightarrow \text{COMPTEL}/40$

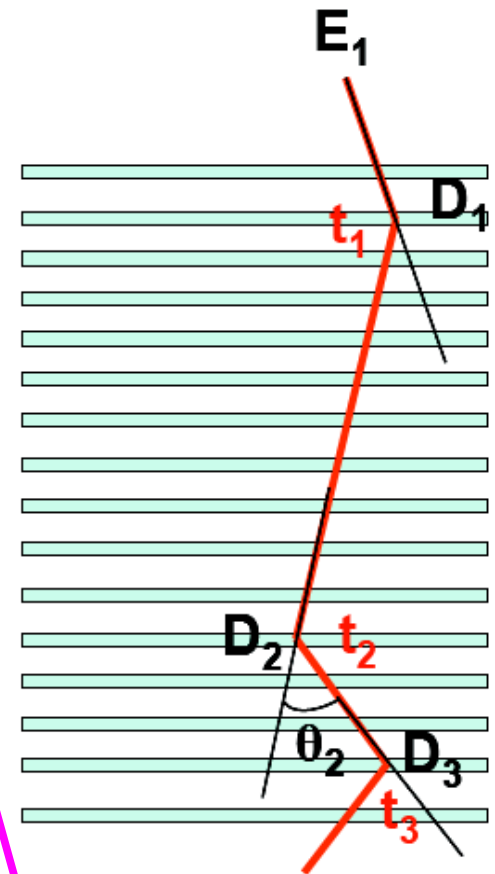
511 keV 3σ raie fine: $F \sim 3.7 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} (10^6\text{s})$

Polarisation ! Mais à préciser...

Télescope à effet de paire jusqu'à ~80 MeV

Nombre d'interactions $\rightarrow$ énergie (similaire au LAT)

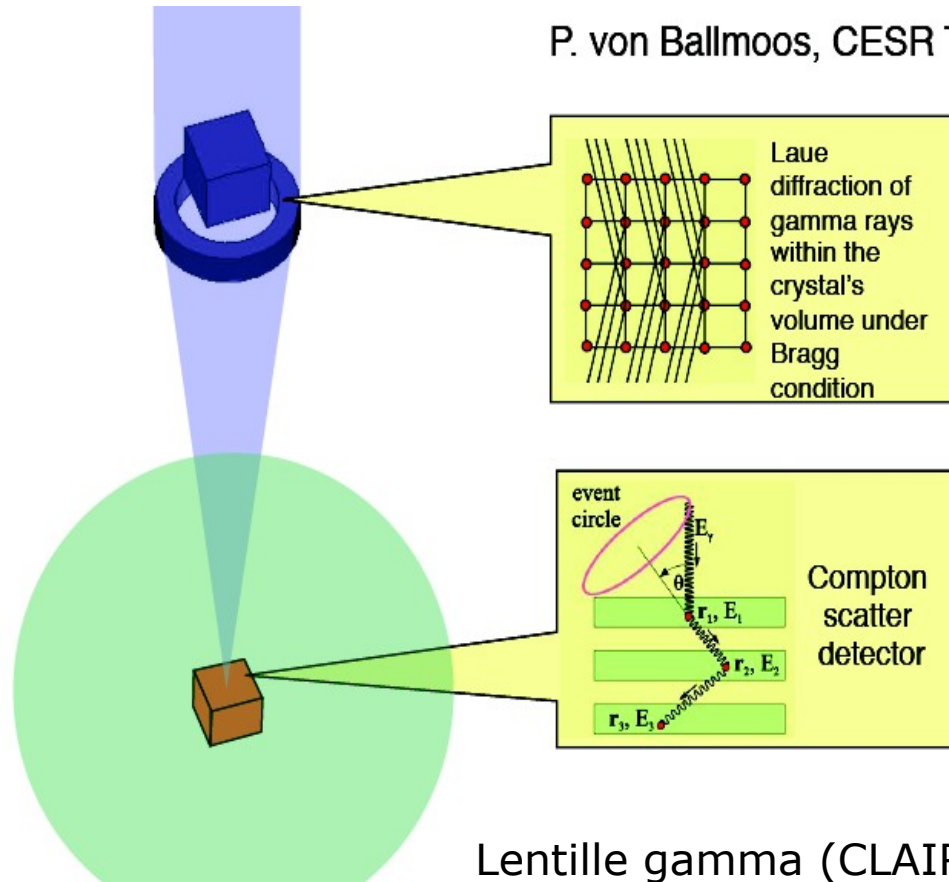
Résolution angulaire similaire au LAT (qqs deg. à 100 MeV)



$$E_1 = D_1 + \frac{D_2 + \left[D_2^2 + \frac{4m_e c^2 D_2}{1 - \cos \theta_2} \right]^{\frac{1}{2}}}{2}$$

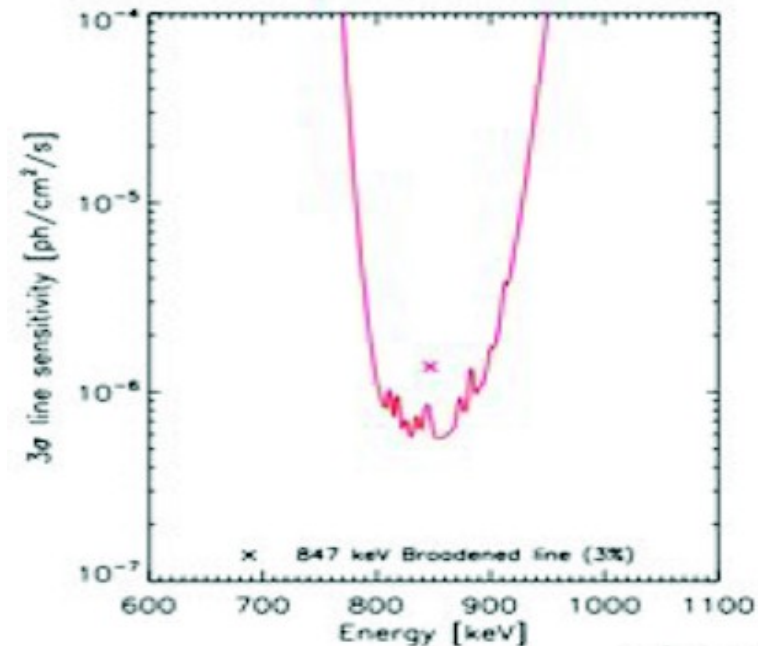
DUAL (INSU/IRAP)

11/10/2011



P. von Ballmoos, CESR Toulouse

Laue lens $f=30$ m, $m_{\text{cryst}}=95$ kg



Lentille gamma (CLAIRE 2003, propositions ESA/NASA 05-08)

A_{eff} : $\sim 10^2$ cm² à 1 MeV

Résolution: >2 deg à 1 MeV & FOV: ~ 12 steradian

1 MeV 3σ raie fine: $F \sim 3.0 \times 10^{-6}$ cm⁻²s⁻¹ (10⁶s) → COMPTTEL/30

511 keV 3σ raie fine: $F < 1.0 \times 10^{-6}$ cm⁻²s⁻¹ (10⁶s)

Polarisation

HARPO (IN2P3/LLR & CEA/Irfu)

Hermetic **AR**gon **P**olarimeter

(vers une nouvelle mission post-Fermi ?)

Haute précision angulaire et polarimétrie
au-dessus du seuil de création de paires

Chambre à projection temporelle (TPC)

Argon gazeux (5 bar), amplification par
micro-mesh ("micromegas")

Conversion et reconstruction (quasi) complète, rejet
très efficace par l'imagerie 3D (pas de pile-up)

Phase exploratoire (tests faisceaux $h\nu$ polarisés en 2012)

**Futur télescope : plusieurs TPC séparées par
scintillateurs et électronique + TRD pour mesure de
l'énergie >100 MeV**

Performances

A_{eff} : 10^4 cm^2 à 10 MeV (= LAT à 1 GeV !), 3x LAT >100 MeV

Résolution: 0.4 deg à 100 MeV = 1/10 LAT ! Fond x1/100...

Asymétrie de polarisation $\sim 20\%$, meilleure que télescopes

Compton (en $1/E$) $\rightarrow$ 2% de précision sur la polarisation
du pulsar du Crabe en 1 an

