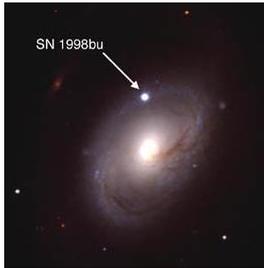


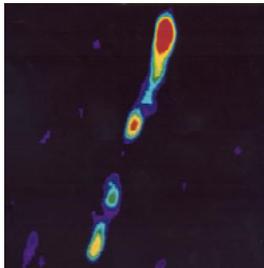
**MAX** - une lentille gamma pour l'astrophysique nucléaire



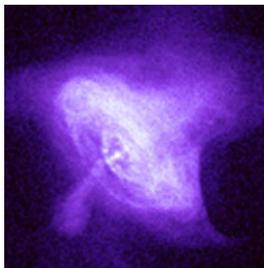
IAP, 23 mars 2004

**nucleosynthèse explosive**

- supernovae, novae - l'origine des éléments chimiques
- SN1a : chandèles standard pour la cosmologie

**annihilation  $e^+e^-$** 

- des microquasars à la matière noire "light" ...

**étoiles à neutrons**

- paires dans des magnétosphères

**MeV Blazars**

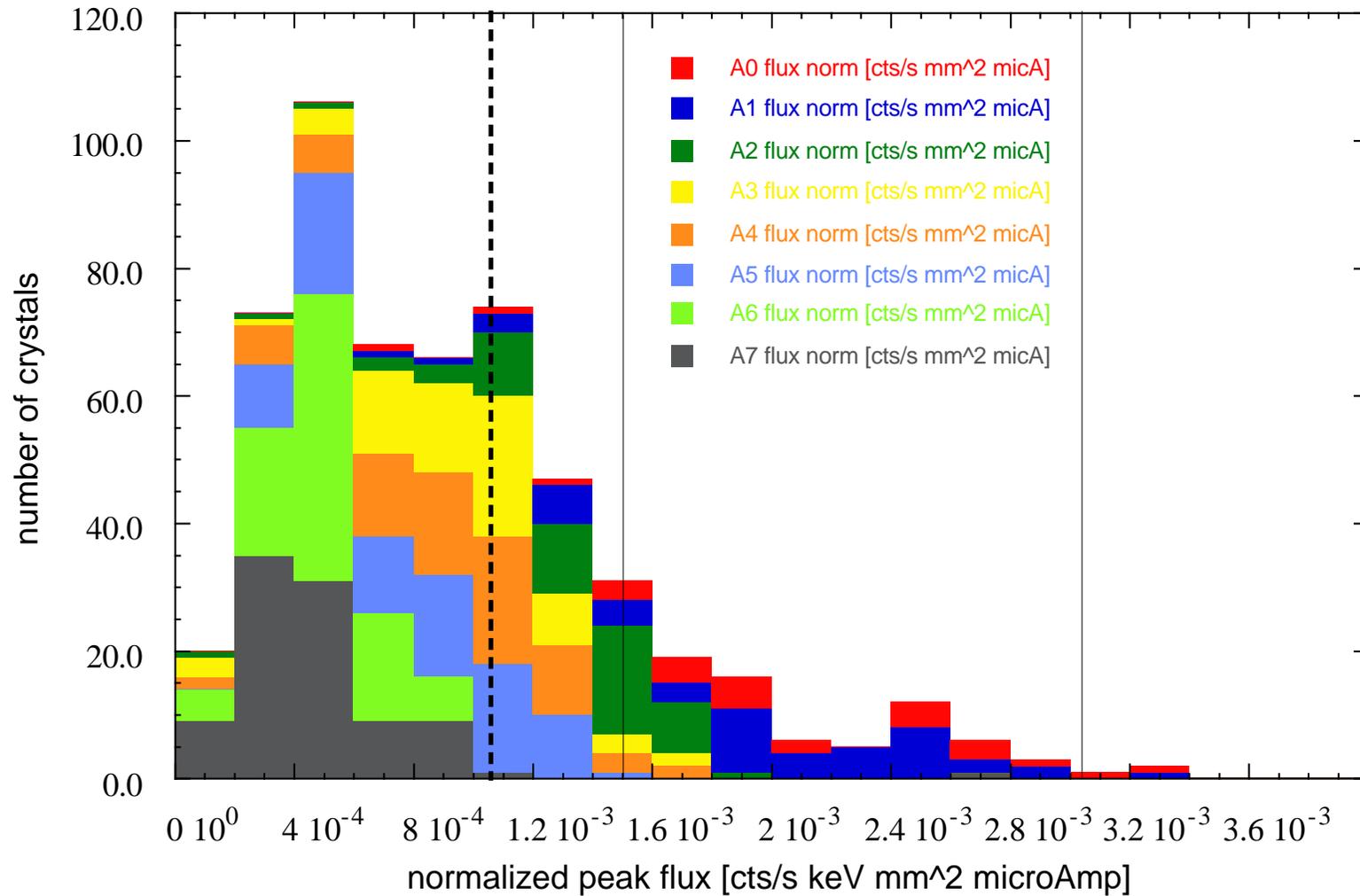
- Compton up scattered  $\gamma$ 's - polarisation ?

l'astronomie gamma  
commence à voir

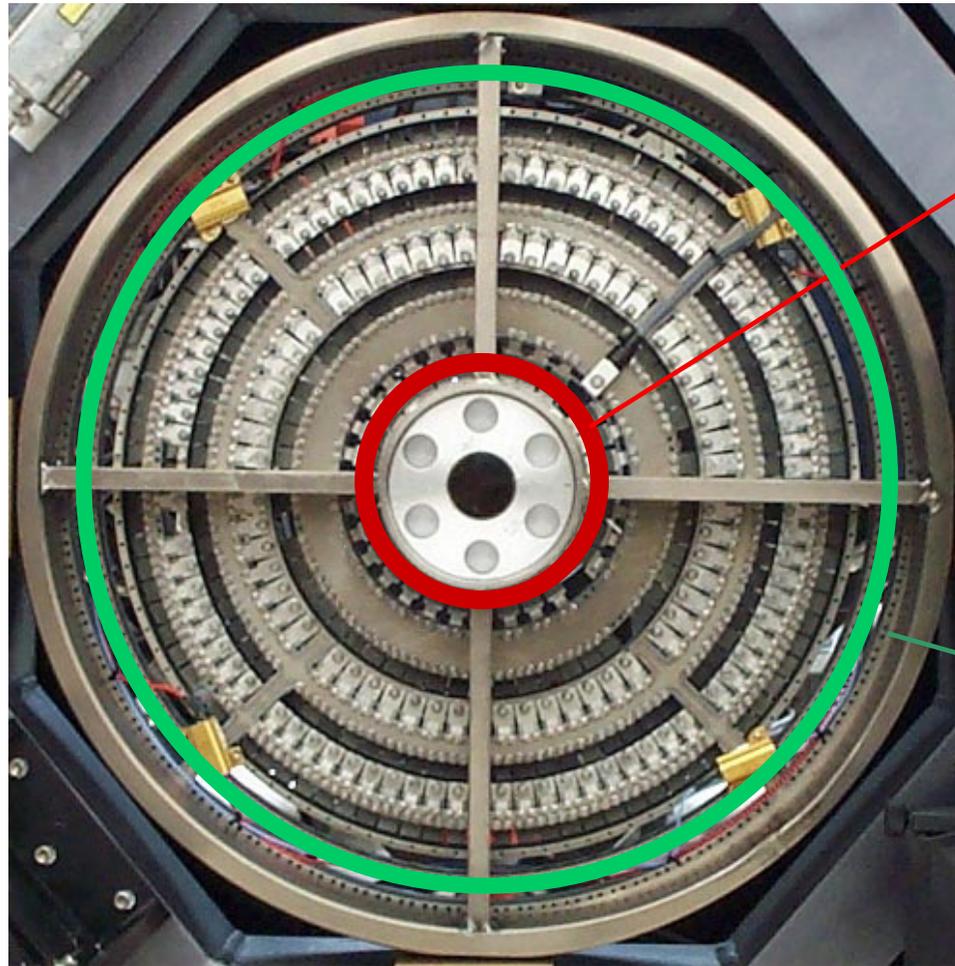
# CLAIRE



# CLAIRE : flux diffracté de 516 cristaux individuels



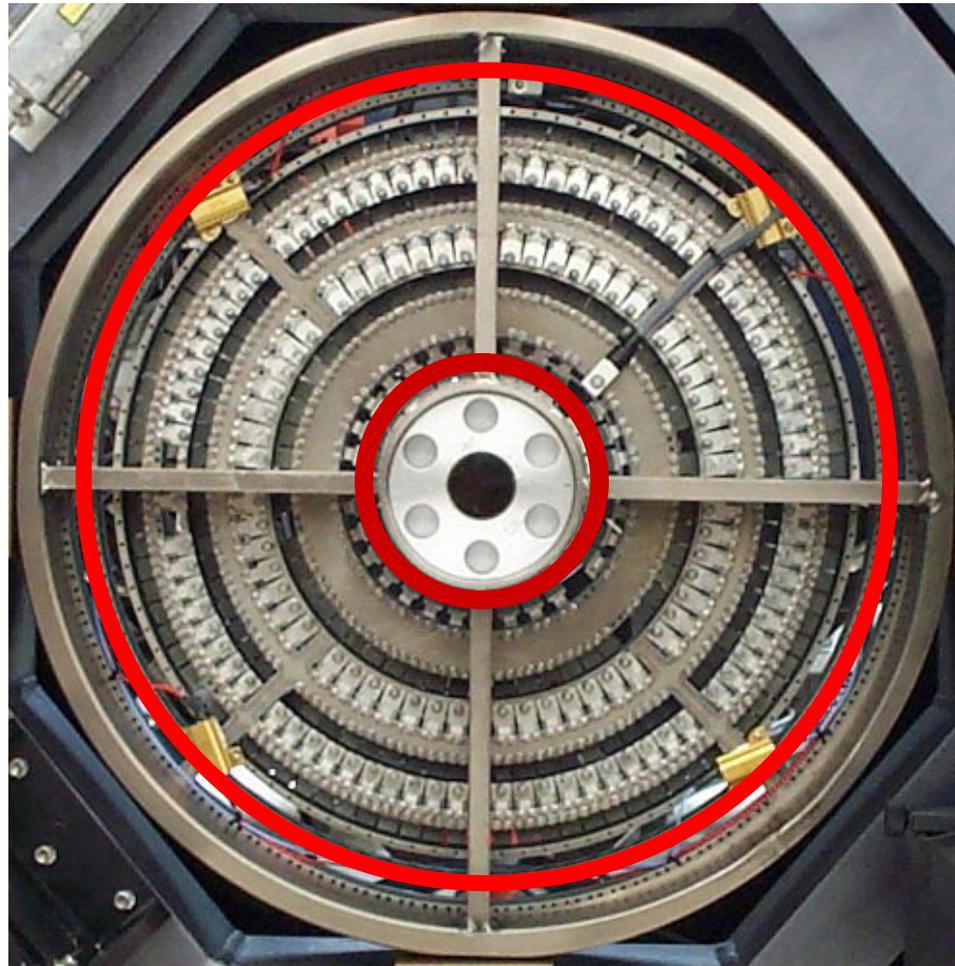
# de CLAIRE à MAX



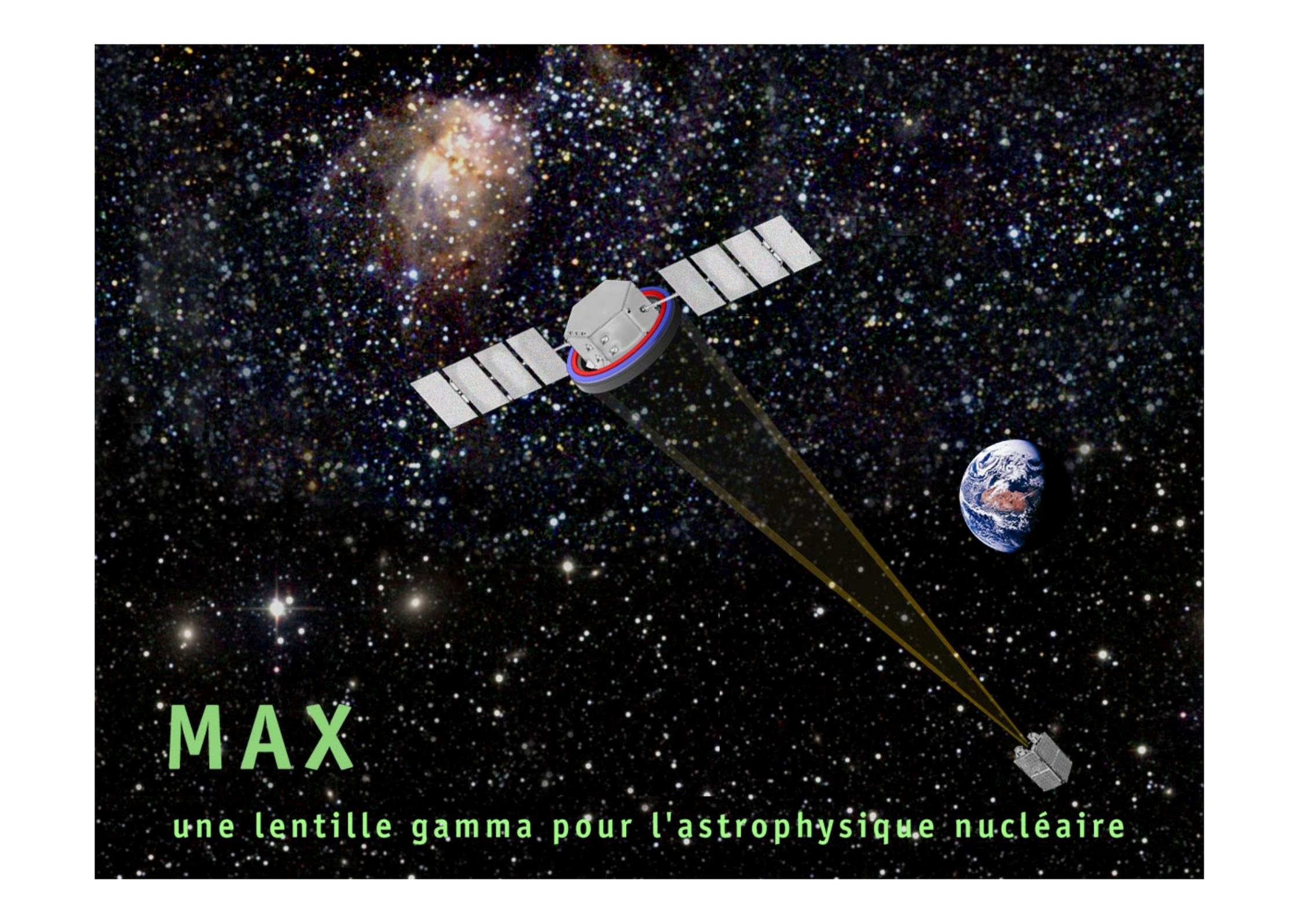
anneau [111]  
 $\epsilon_{\text{diff}} \leq 25 \%$

anneau [440]  
 $\epsilon_{\text{diff}} \leq 7 \%$

## de CLAIRE à MAX



les ordres  
les plus **efficaces**  
Ge[111], Cu[111], etc  
nécessitent des  
**longues focales :**  
**=> vol en formation**

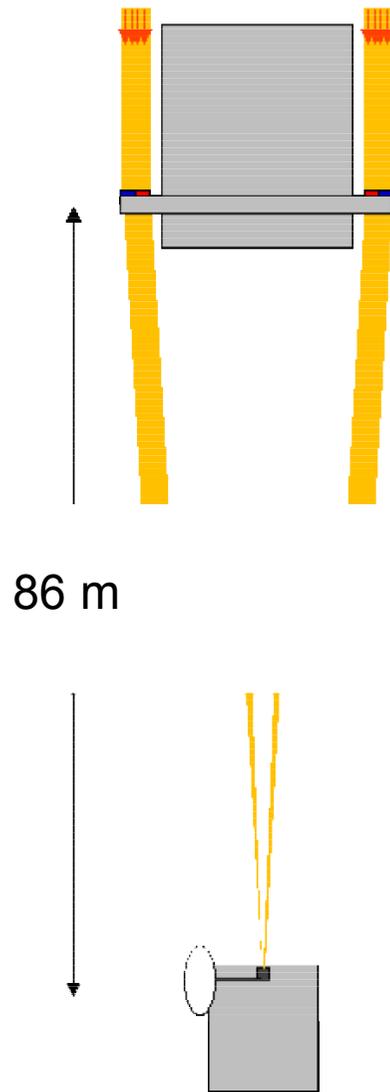
An artistic rendering of the MAX satellite in space. The satellite is a grey, boxy structure with two large, rectangular solar panel arrays extending from its sides. It is positioned in the upper left quadrant of the frame. A large, bright, orange and yellow nebula is visible in the background, along with a dense field of stars. The Earth is shown as a small blue and white sphere in the lower right quadrant. Two yellow lines originate from the satellite and converge on a smaller satellite in the lower right, illustrating the gamma-ray lensing effect. The text 'MAX' is written in large, green, bold letters in the lower left, and the subtitle 'une lentille gamma pour l'astrophysique nucléaire' is written in smaller green letters below it.

**MAX**

une lentille gamma pour l'astrophysique nucléaire

# MAX - exigences scientifiques

	bande 1	bande 2
raies gamma principales	$^{56}\text{Fe}^*$	annihilation $e^+ e^-$ $^7\text{Li}^*(\alpha + \alpha)$
bande passante	800 à 900 keV	450 à 540 keV
sensibilité [photons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ]		$< 10^{-6}$ à 511 keV
résolution spectrale $E/\Delta E$		$\sim 500$
résolution angulaire		1 arcmin
résolution temporelle		$< 1$ microscec
polarisation		



### lentille de diffraction de type Laue

cristaux	1.5x1.5x1 cm, mosaïcité, 30"
bande basse (18)	Ge[111], Cu[111]
bande haute (18)	Cu[111], Cu[200], Ge[311]
diamètre :	114 cm / 220 cm
poids cristaux :	140 kg

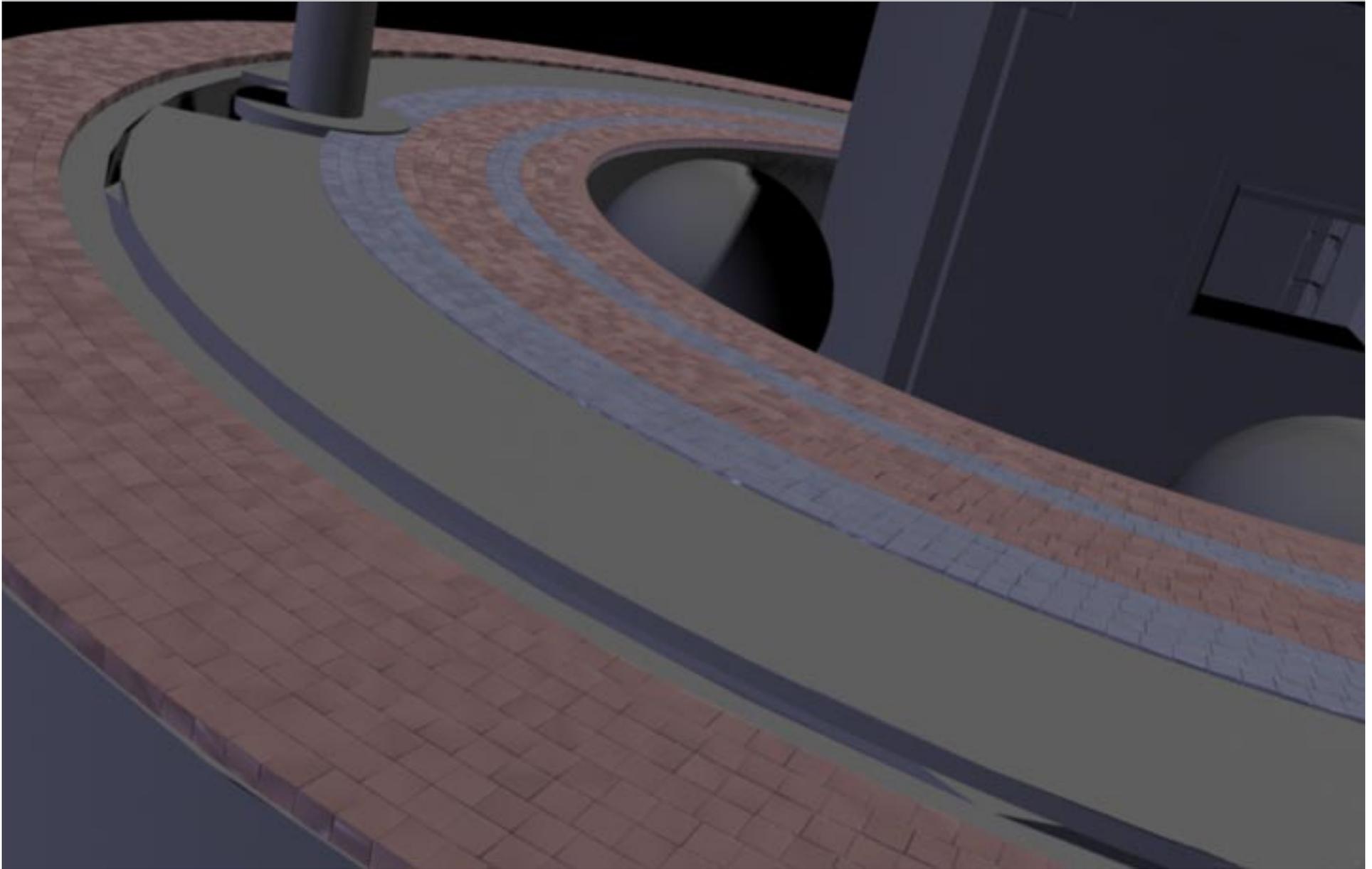
### options detecteur

pile Compton Ge - 4 Ge planar, strippés  
pile Compton CdZTe -  
simple coax Ge, segmenté

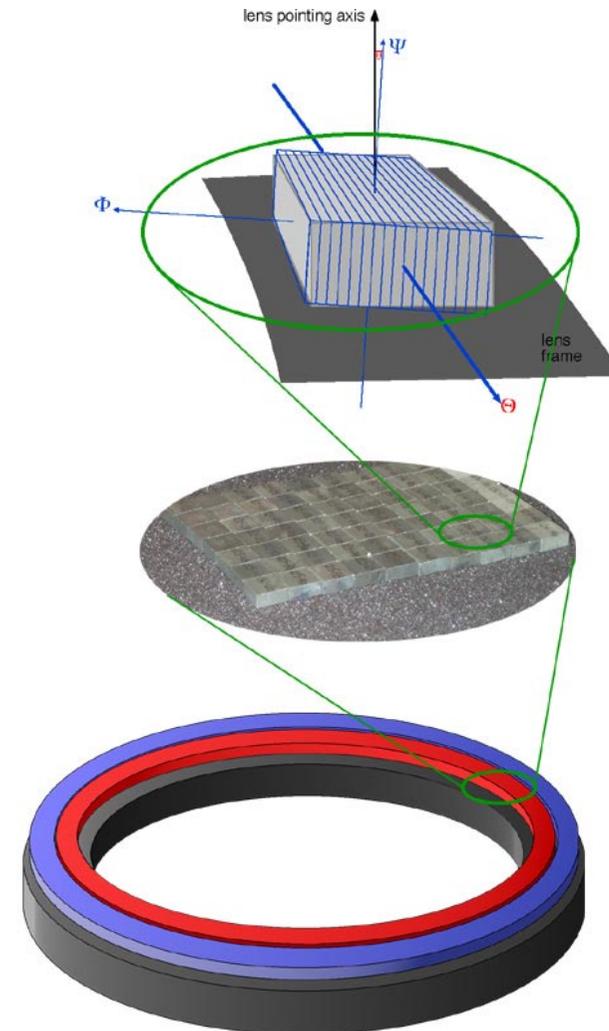
### vol en formation (exigence)

longueur focale	86 m
positionnement	$\pm 1$ cm latéral, $\pm 10$ cm axial
restitution	1 mm latéral, 10 cm axial
orbite	> 80'000 km (circ.) ou L2

# MAX - la lentille de diffraction



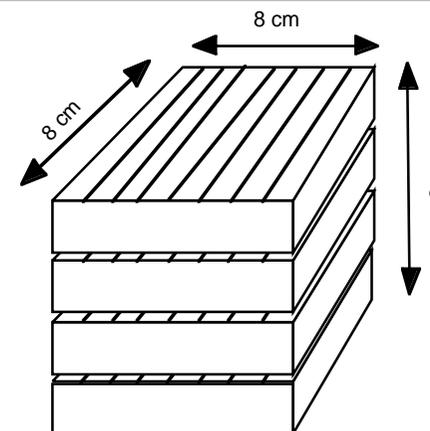
- cristaux mosaïque (type CLAIRE )
- montage haute densité des cristaux
- ordres efficaces uniquement  
anneaux extérieurs [111], [311] Ge  
anneaux intérieurs [111], [200] Cu



# MAX - le plan de détection : options

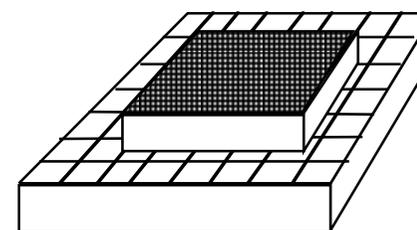
## 1) Compton stack Ge (baseline)

- pile de Ge, 4 planars strippés
- nombre de pistes : 320 à 640 (pitch de 1 à 2 mm)
- les quatre plans dans un seul cryostat
- distance entre deux plans < 4 mm
- refroidi ~ 85 K



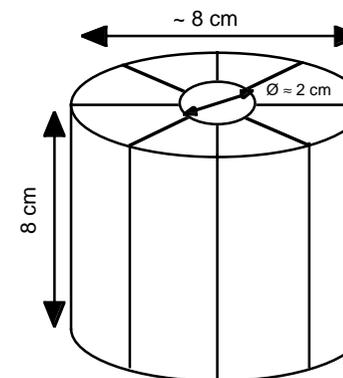
## 2) Compton CZT

- 1er niveau            taille :     50 mm x 50 mm  
                             pixels :     1 mm x 1 mm x 15 mm
- 2eme niveau        taille :     100 mm x 100 mm  
                             pixels :     5 mm x 5 mm  
                             épaisseur : 15 mm
- température ambiante

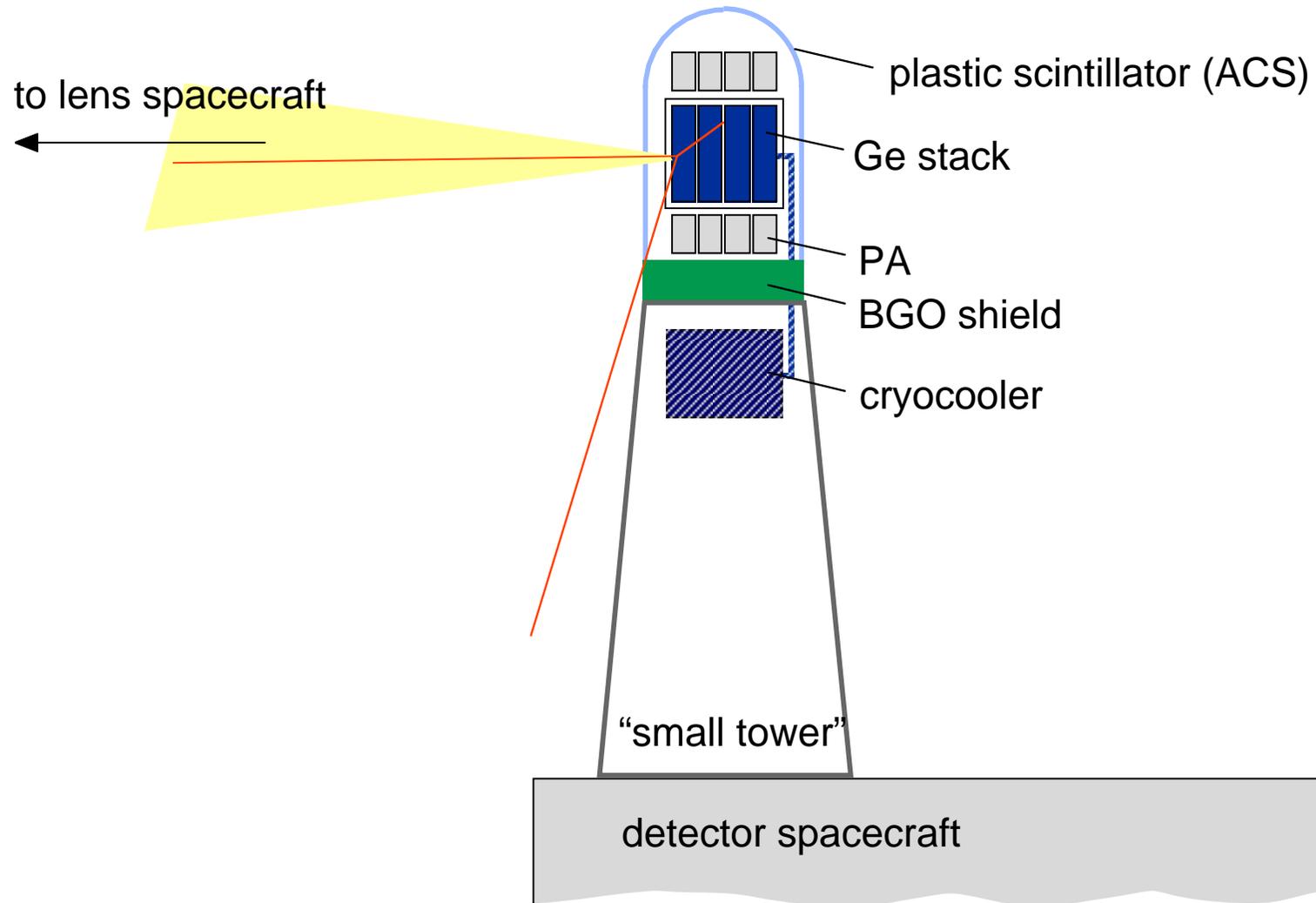


## 3) Ge segmenté

- détecteur Ge simple
- trou central arrive à ~ 2 cm de la surface
- segmentation extérieure : 1 central, 8 latéral
- refroidi à ~ 85 K



# MAX - le plan de détection : situation



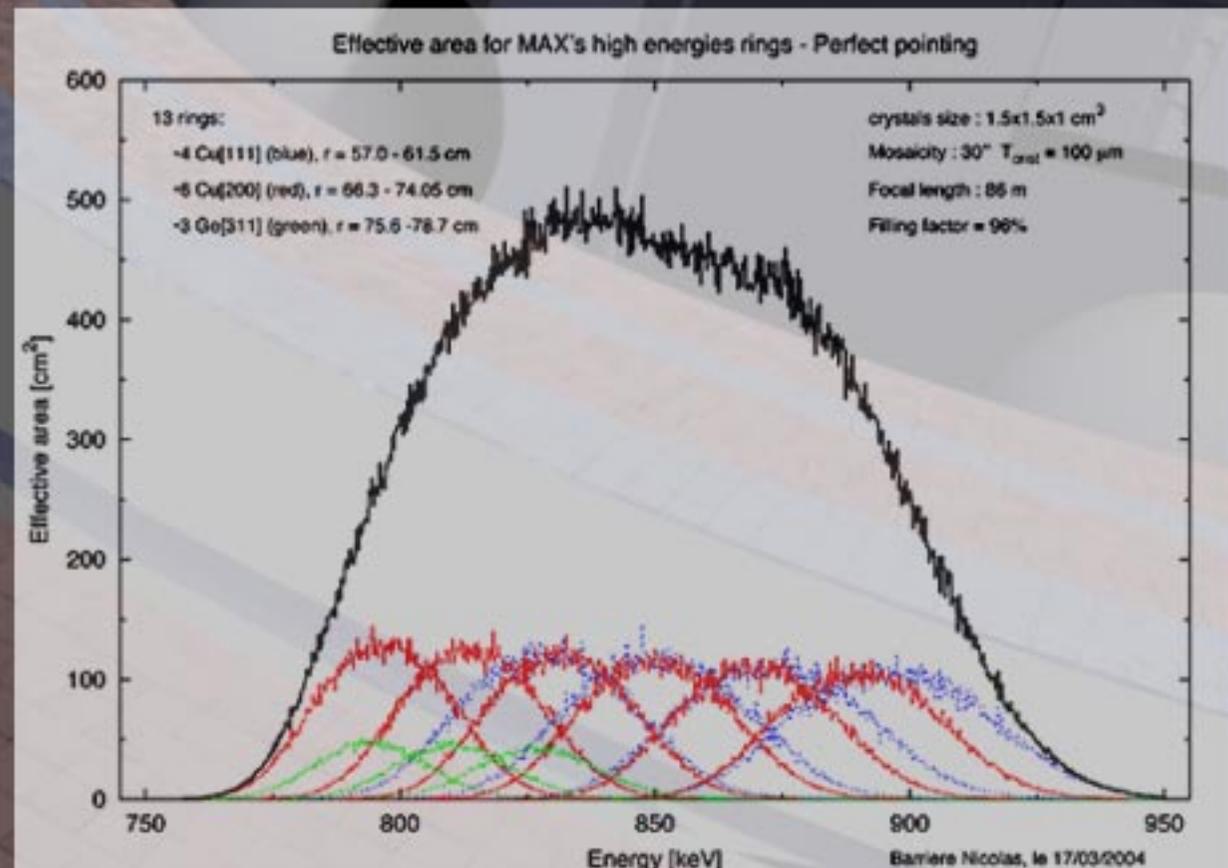
**MAX**

- surface efficace : bande 800-900 keV

Cu - plan [111]  
4 anneaux  
990 cristaux

Cu - plan [200]  
5 anneaux  
1760 cristaux

Ge - plan [311]  
3 anneaux  
1380 cristaux

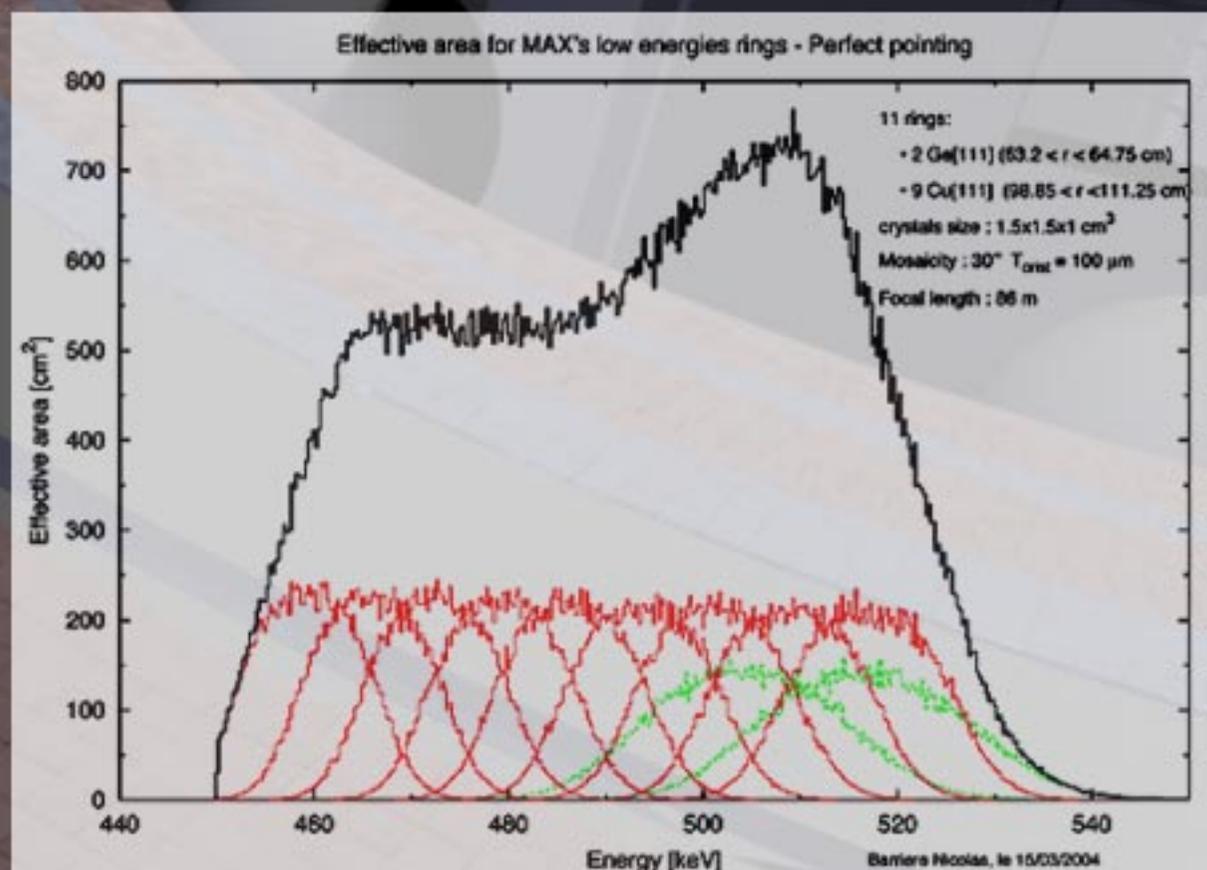


**MAX**

- surface efficace : bande 450-530 keV

Ge - plan [111]  
2 anneaux  
535 cristaux

Cu - plan [111]  
9 anneaux  
3960 cristaux



# MAX - sensibilité $3\sigma$ pour raies fines

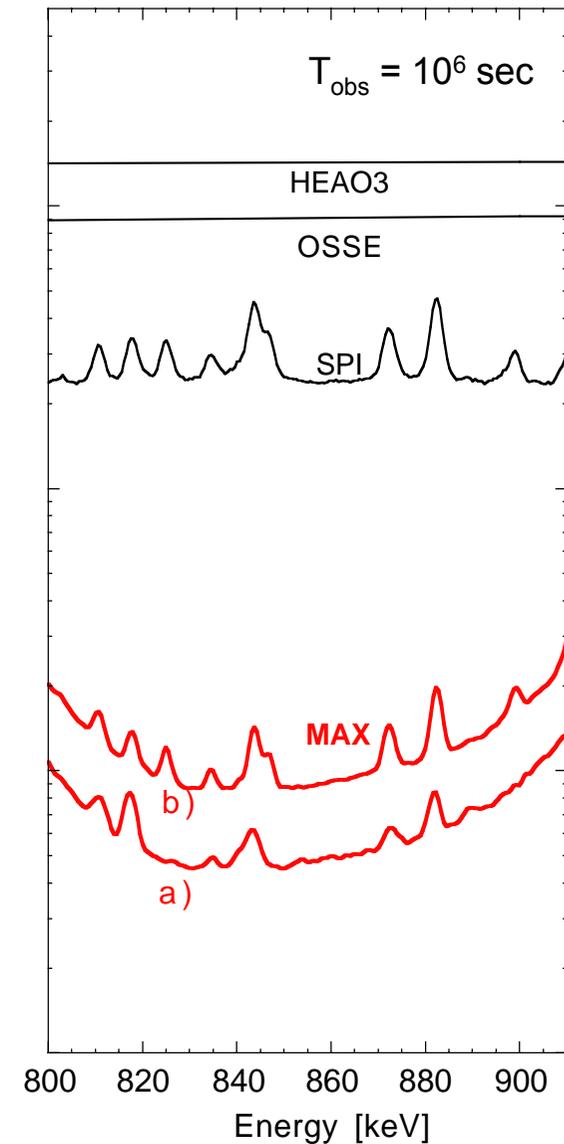
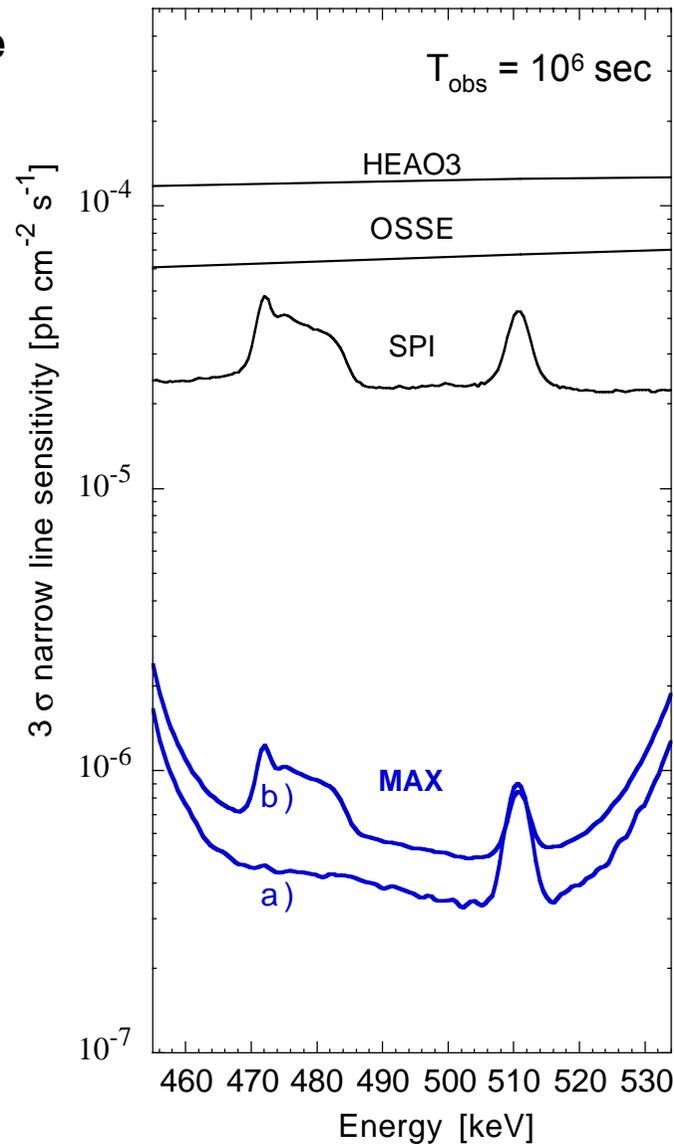
observation simultanée  
dans deux bandes  
passantes larges

$E/dE \sim 500$   
res.ang  $\sim 1'$   
timing  
polarisation

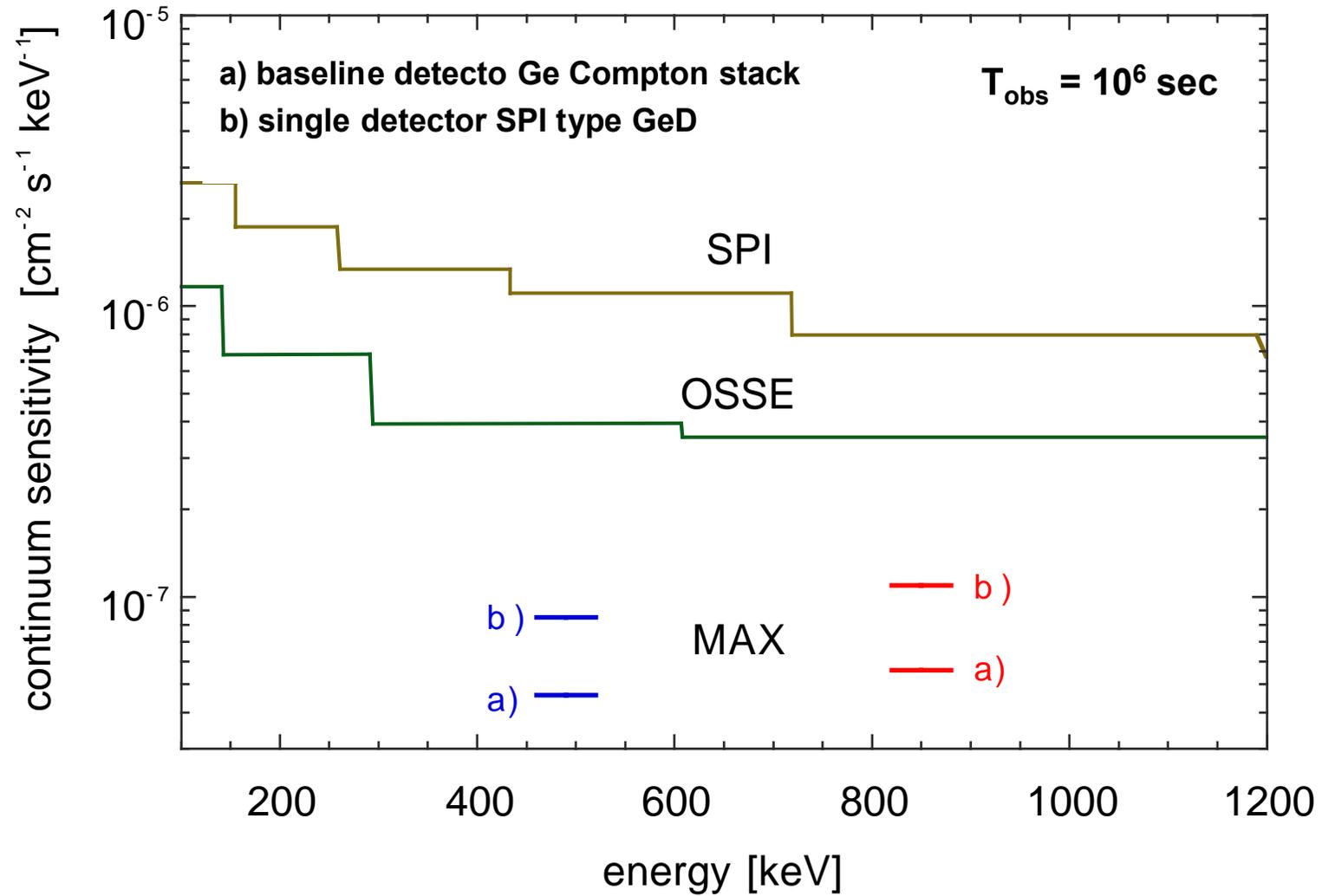
options

a) baseline detector  
Ge Compton stack

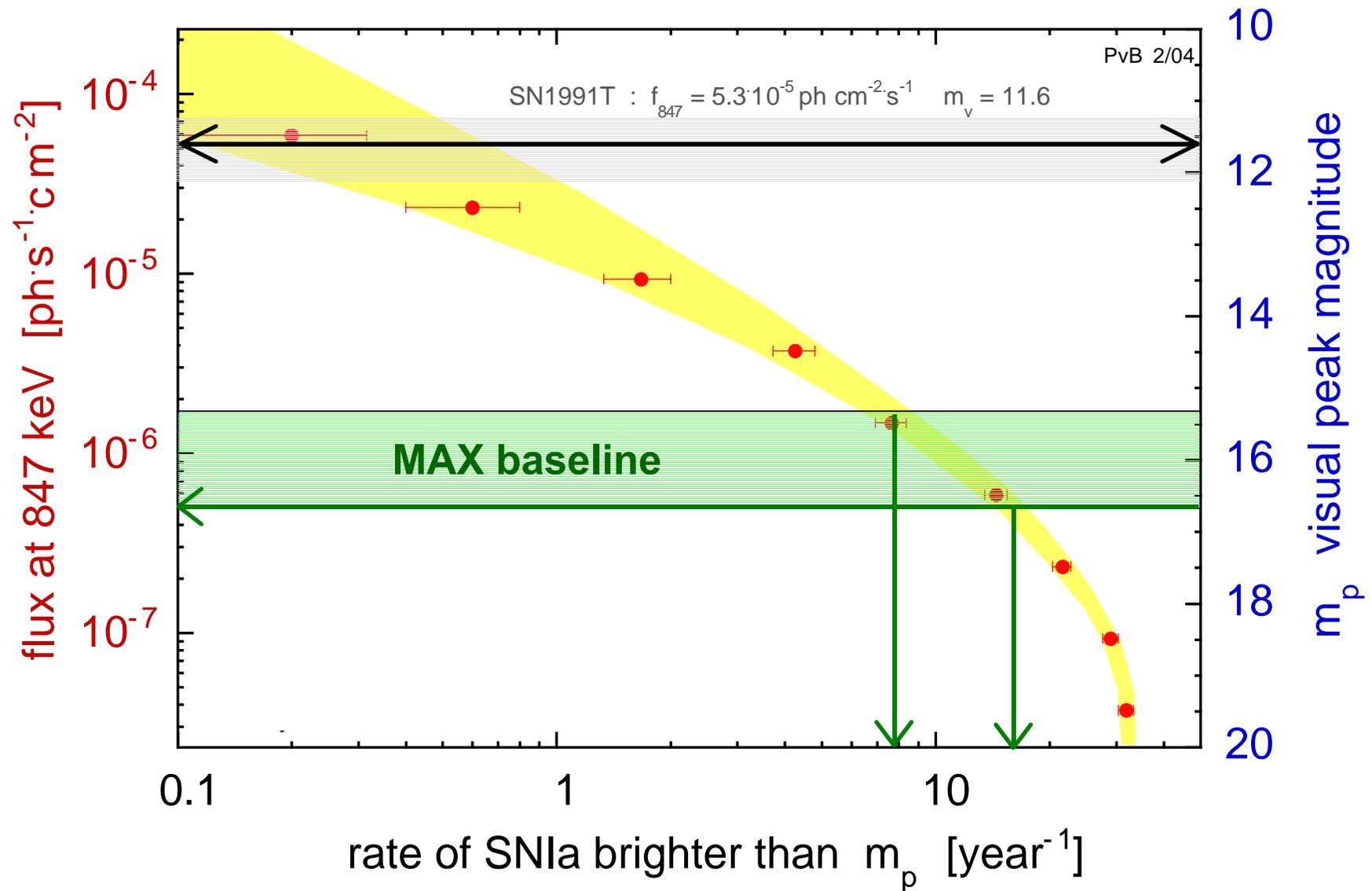
b) single detector  
SPI type GeD



# MAX - sensibilité continuum



# le taux des SNIa , magnitude au pic et flux à 847 keV



instrument-team : *CEA Saclay*

*IN2P3 (CPPM Marseille, LPNHE Paris)*

*ILL, ESRF et UJF Grenoble*

*IAP Paris*

*LAM Marseille*

*CESR - OMP Toulouse*

co-I's

*IEEC Barcelona*

*IKZ Berlin*

*IASF Rome*

*Observatoire de Genève*

*ANL Chicago*

partenaires :

*Science Payloads and Advanced Concepts Group, ESTEC*

*ALCATEL SPACE, Cannes*

# MAX - une lentille gamma pour l'astrophysique nucléaire

