

# CLAIRE - premières lumières



# CLAIRE - premières lumières

---

<b>L'objectif</b>	<b>PvB</b>
<b>CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Calculs astronomiques</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Analyse des données CLAIRE 2001</b>	<b>Hubert Halloin</b>
<b>CLAIRE TGD</b>	<b>PvB</b>
<b>Les perspectives</b>	<b>PvB</b>

# CLAIRE - premières lumières

---

L'objectif	PvB
CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA	BA/NA
Calculs astronomiques	BA/NA
Analyse des données CLAIRE 2001	Hubert Halloin
CLAIRE TGD	PvB
Les perspectives	PvB

# Focaliser les rayons gamma - quels objectifs ?

---

## Supernovae de type Ia

conditions initiales et dynamique des explosions de SN,  
raies  $^{56}\text{Ni}$  and  $^{56}\text{Co}$

## Novae classiques

radioactivité  $^7\text{Be} \rightarrow ^7\text{Li}$   
annihilation électron-positron

## Microquasars

annihilation électron-positron,  
cartographie de l'annihilation dans les jets

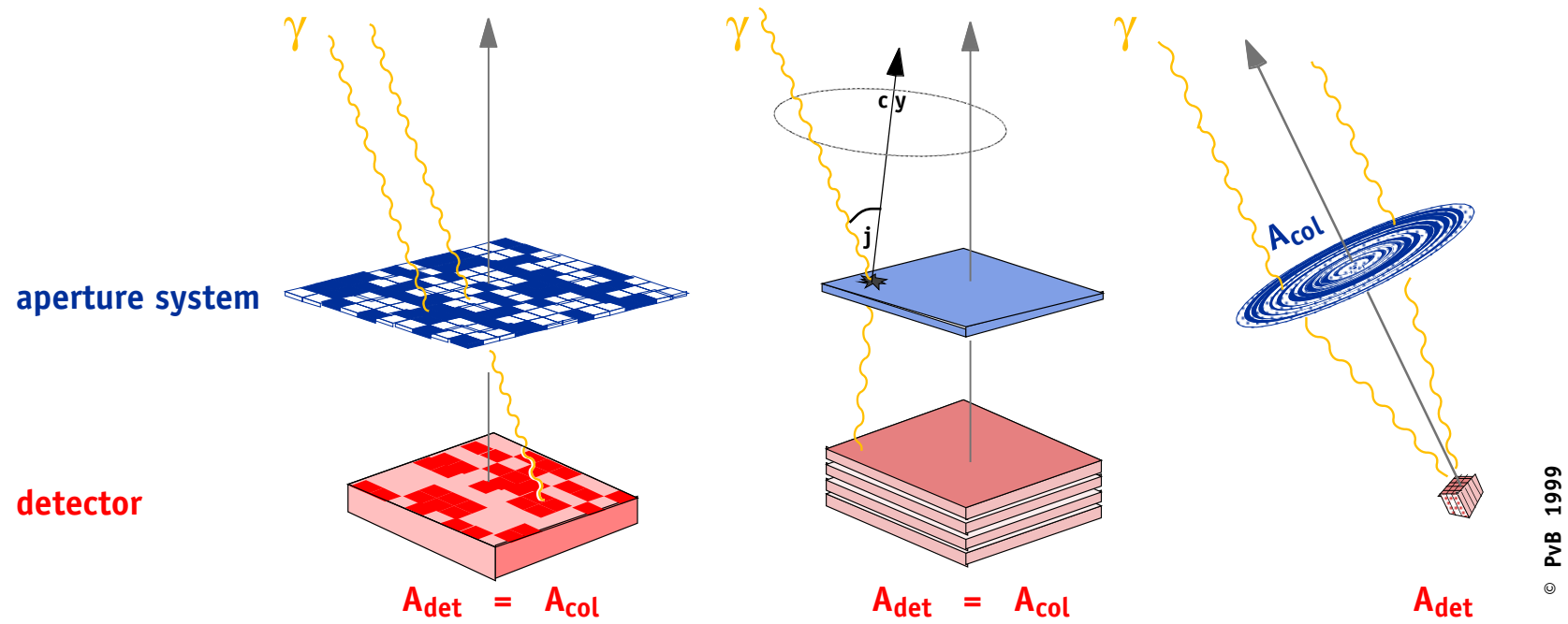
## Novae X

observation de la bande 460 - 511 keV

étoiles à neutrons, pulsars, binaires X, NAG, sursauts solaires, et  
afterglow de sursauts gamma ...

# Focaliser les rayons gamma - pourquoi ?

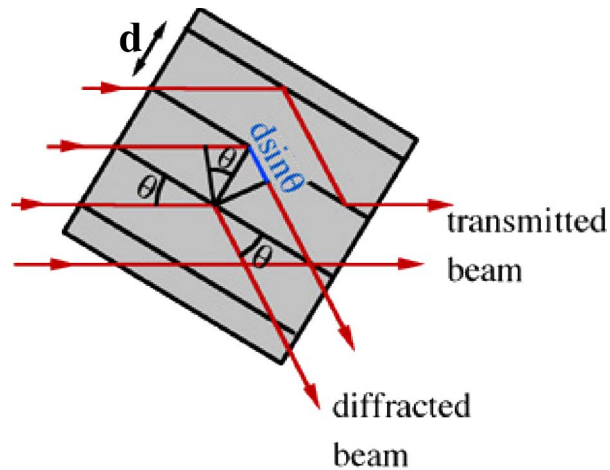
	modulating aperture systems	Compton telescopes	crystal lens telescopes
aperture / effect	geometric optics absorption	quantum optics incoherent scattering	wave optics coherent scattering



© PVB 1999

signal S	$\sim$	$A_{col}$	$A_{col}$	$A_{col}$
background B	$\sim$	$V_{det} \sim A_{det} = A_{col}$	$V_{det} \sim A_{det} = A_{col}$	$V_{det} \sim A_{det} \ll A_{col}$
S/B	$\approx$	const (A)	const(A)	$A_{col}/A_{det}$

# Focaliser les rayons gamma - comment ?



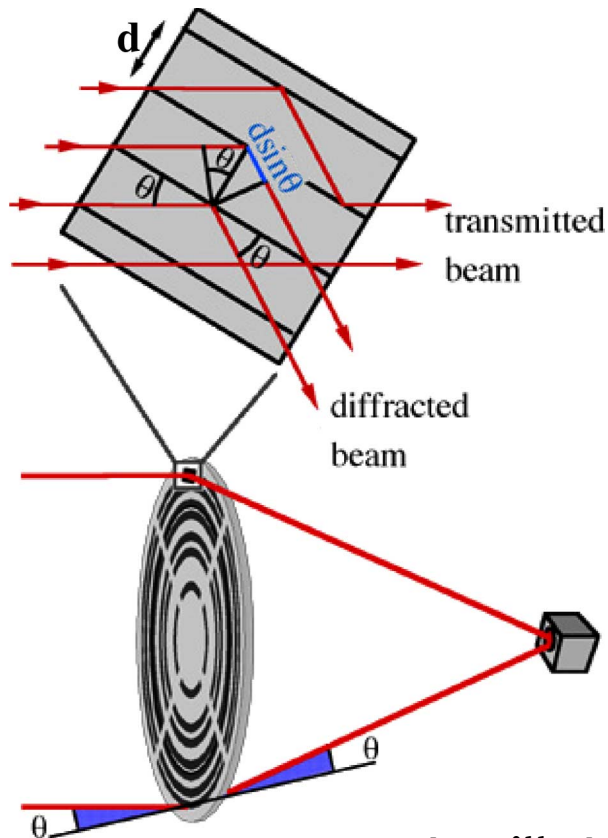
$$\lambda(511 \text{ keV}) = 2.42632 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$$

condition de Bragg

$$2d \sin \theta = n \lambda$$

$$d[220] = 2.0004 \text{ \AA}$$
$$\arcsin(\lambda/2d) = 0.347^\circ$$

# Focaliser les rayons gamma - comment ?



$$\lambda(511 \text{ keV}) = 2.42632 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$$

condition de Bragg

$$2d \sin \theta = n \lambda$$

$$d[220] = 2.0004 \text{ \AA}$$

$$\arcsin(\lambda/2d) = 0.347^\circ$$

**Lentille Gamma de type Laue**

$$2\theta = 0.695^\circ$$

$$\text{ex. radius [220]} = 10.1 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \text{longueur focale} = 8.2 \text{ m}$$

Lentille Laue à bande étroite : ordre(n) ~ rayon (CLAIRE)  
 Lentille Laue à bande large : ordre le plus efficace (MAX)

# Focaliser les rayons gamma - le défi :

une sensibilité de  
 $\sim 10^{-7} \text{ ph s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$

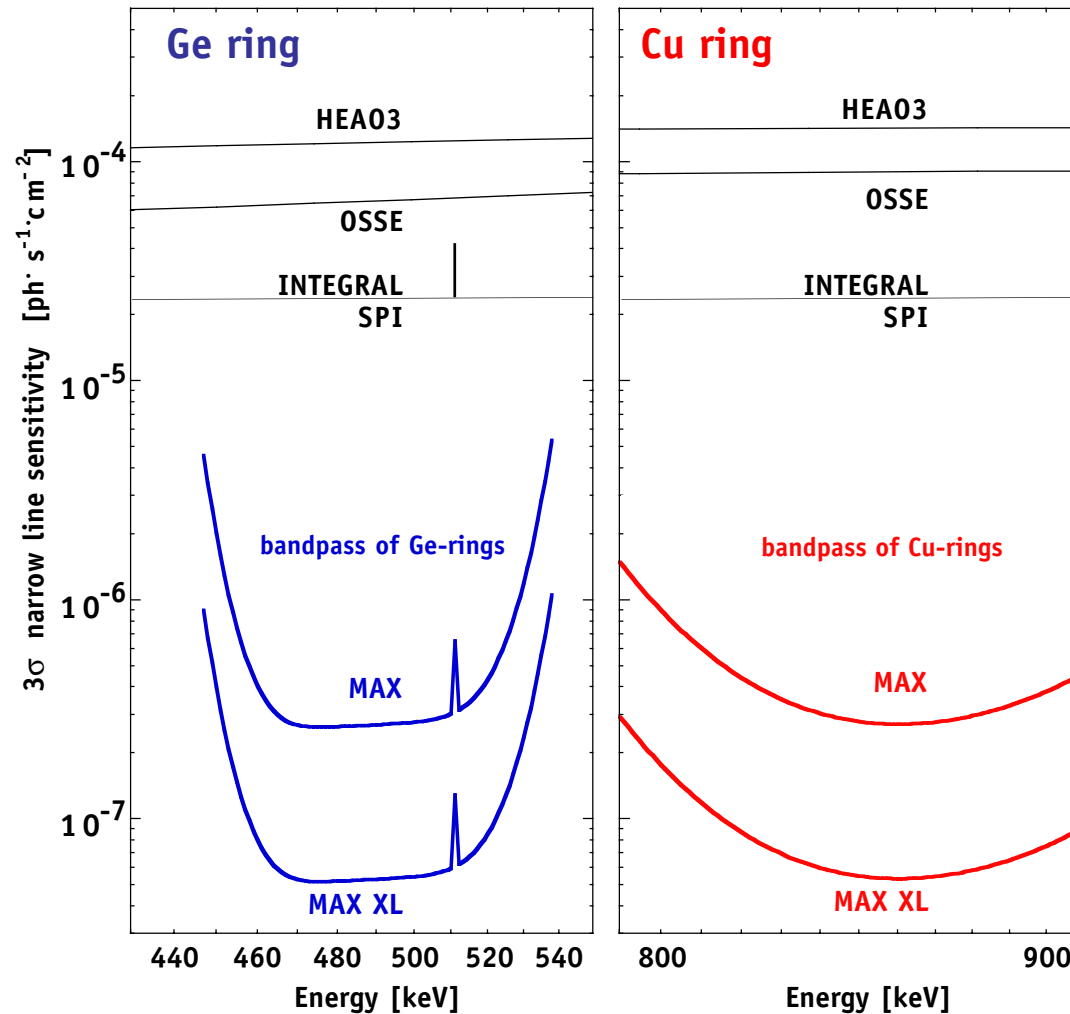
dans deux bandes  
larges de 100 keV  
qui diffractent  
simultanément

## MAX

rayon intérieur 86 cm  
rayon extérieur 111 cm  
longueur focale 133 m

## MAX XL

rayon intérieur 193 cm  
rayon extérieur 250 cm  
longueur focale 300 m



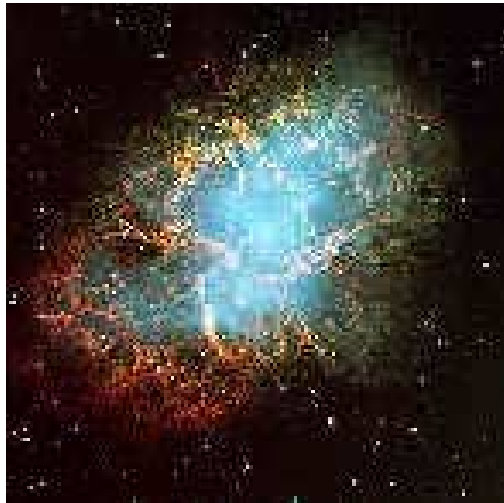


# CLAIRE 2001

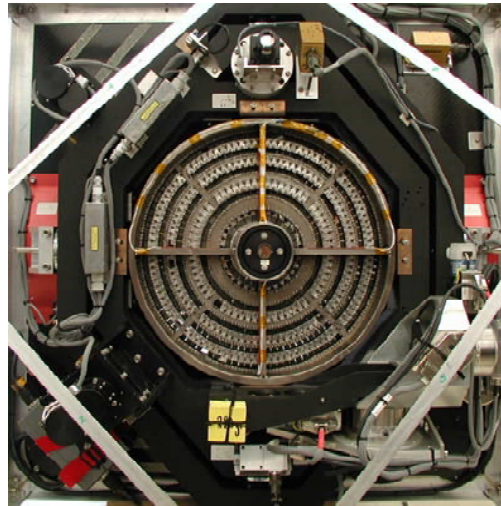


# CLAIRE 2001 : les protagonistes

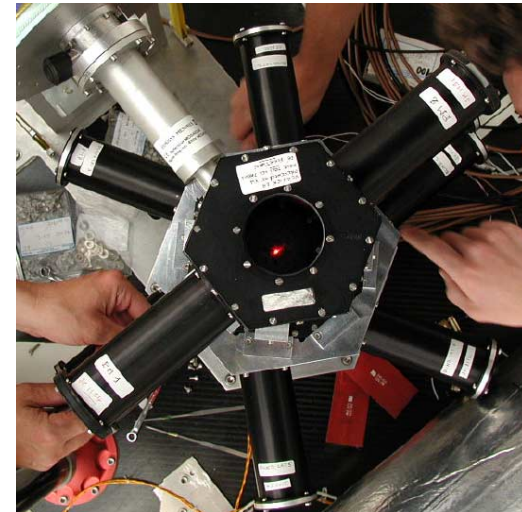
---



**Crabe**

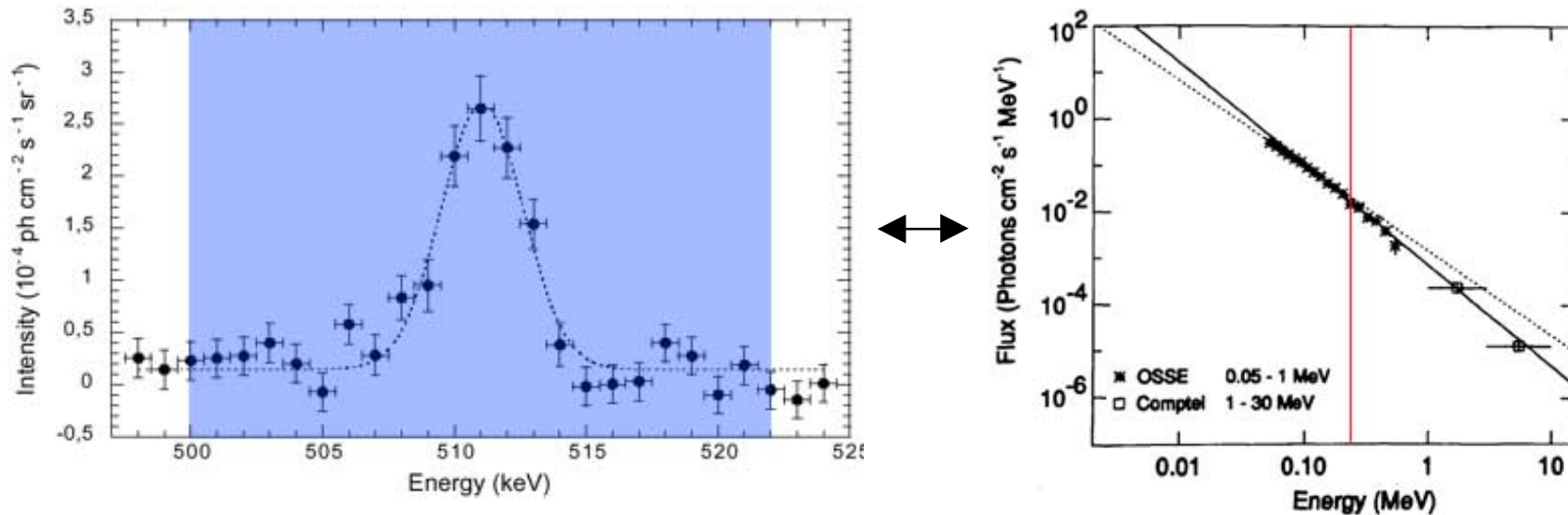


**Lentille Laue**



**Matrice Germanium**

## CLAIRE 2001 : pourquoi le Crabe ?



le principe de la lentille Laue étant idéalement adapté à l'observation des raies gamma-nucléaires (400 - 1200 keV) - c.à.d :

"les raies astrophysiques fines dans une bande instrumentale large"

n'est-ce pas un contresens de vouloir observer le Crabe ? c.à.d :

"un continuum dans une bande instrumentale étroite" ( $\Delta E \approx 3 \text{ keV}$  à 170 keV)

# CLAIRE 2001 : pourquoi le Crabe ?

---

objectif :

démontrer le principe de la Lenille  
en situation astrophysique.

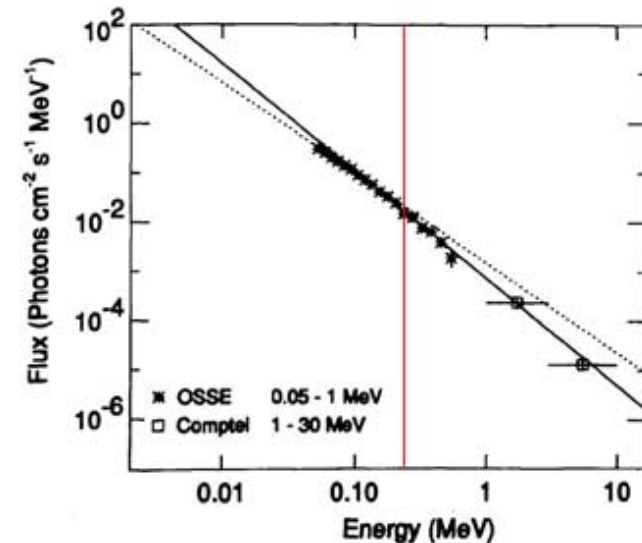
critère pour le choix de la cible :

meilleure chance pour une détection

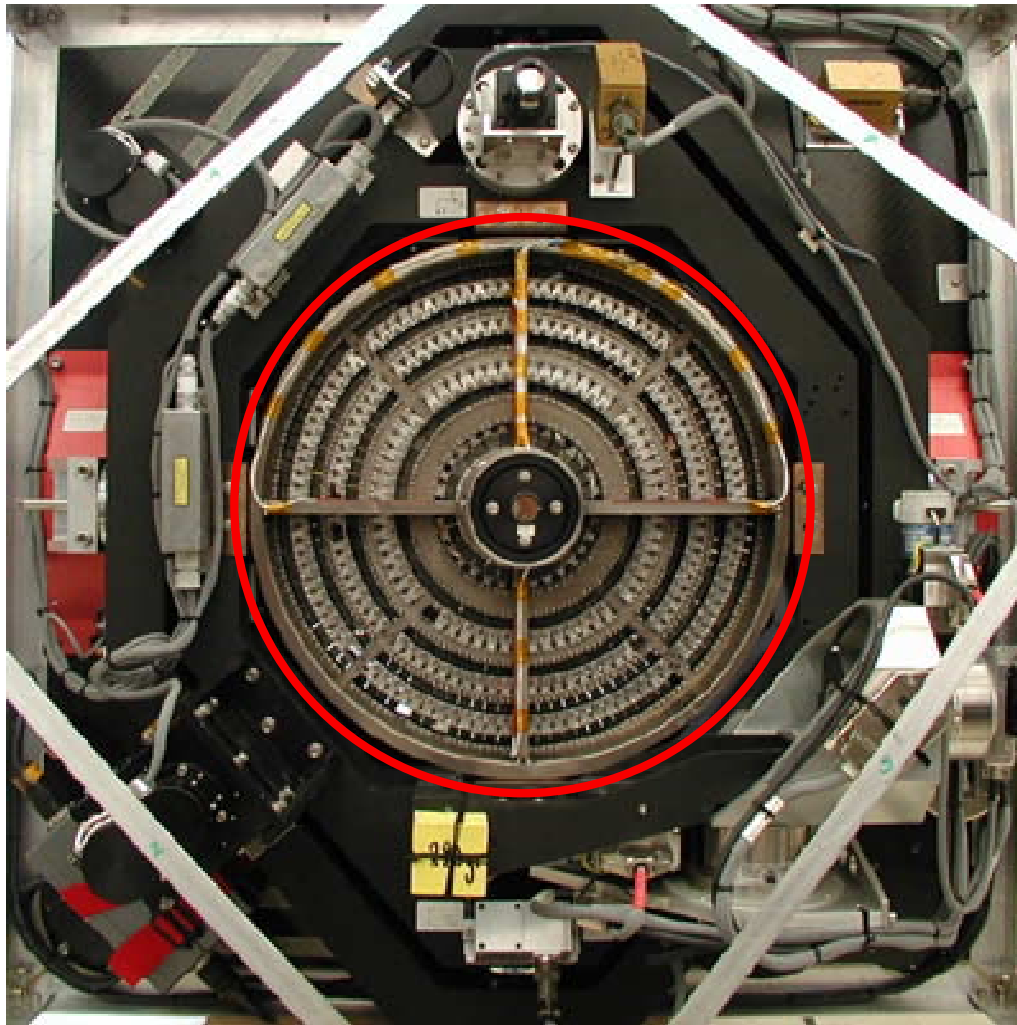
contraintes => conséquences

---

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| - Vol ballon                     | => focale courte (qq mètres max.)       |
| - Focale courte                  | => bande passante étroite (ordres sup.) |
|                                  | => énergie diffractée basse (< 200 keV) |
| - Source compacte, persistante   | => <b>Crabe</b>                         |
| - Crabe, pendant 5 h             | => en France, seulement Gap             |
| - Gap, vol diurne                | => soleil = étoile guide                |
| - Pointage à 15" (rot. de champ) | => <b>lancement 14/15 juin</b>          |



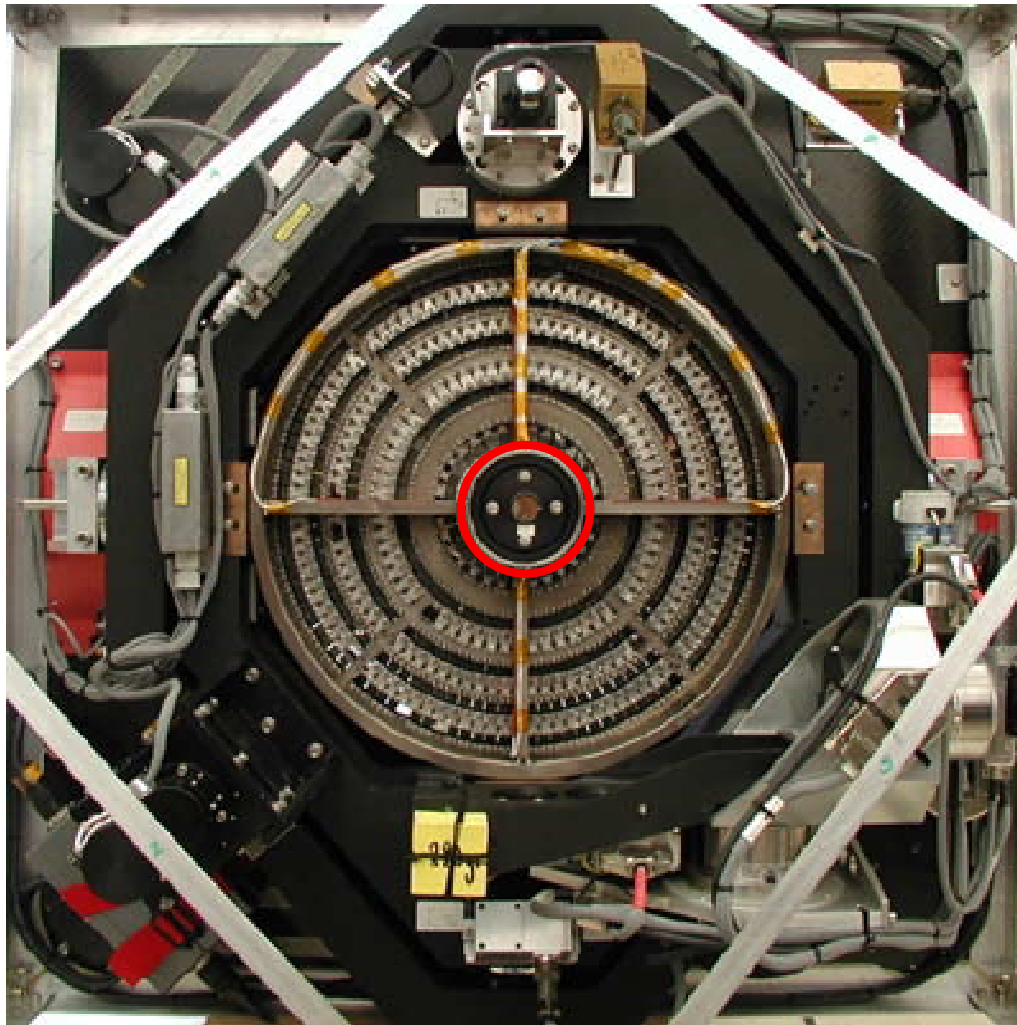
## CLAIRE 2001 : la Lentille Laue



### lentille

- 576 cristaux Ge
- $A_{\text{geo}} = 511 \text{ cm}^2$
- $E_{\text{diff}} = 170 \text{ keV}$ ,
- $\Delta E \approx 3 \text{ keV}$
- $\text{FOV} \approx 90 \text{ arcsec}$

## CLAIRE 2001 : la Lentille Laue, son axe optique ...



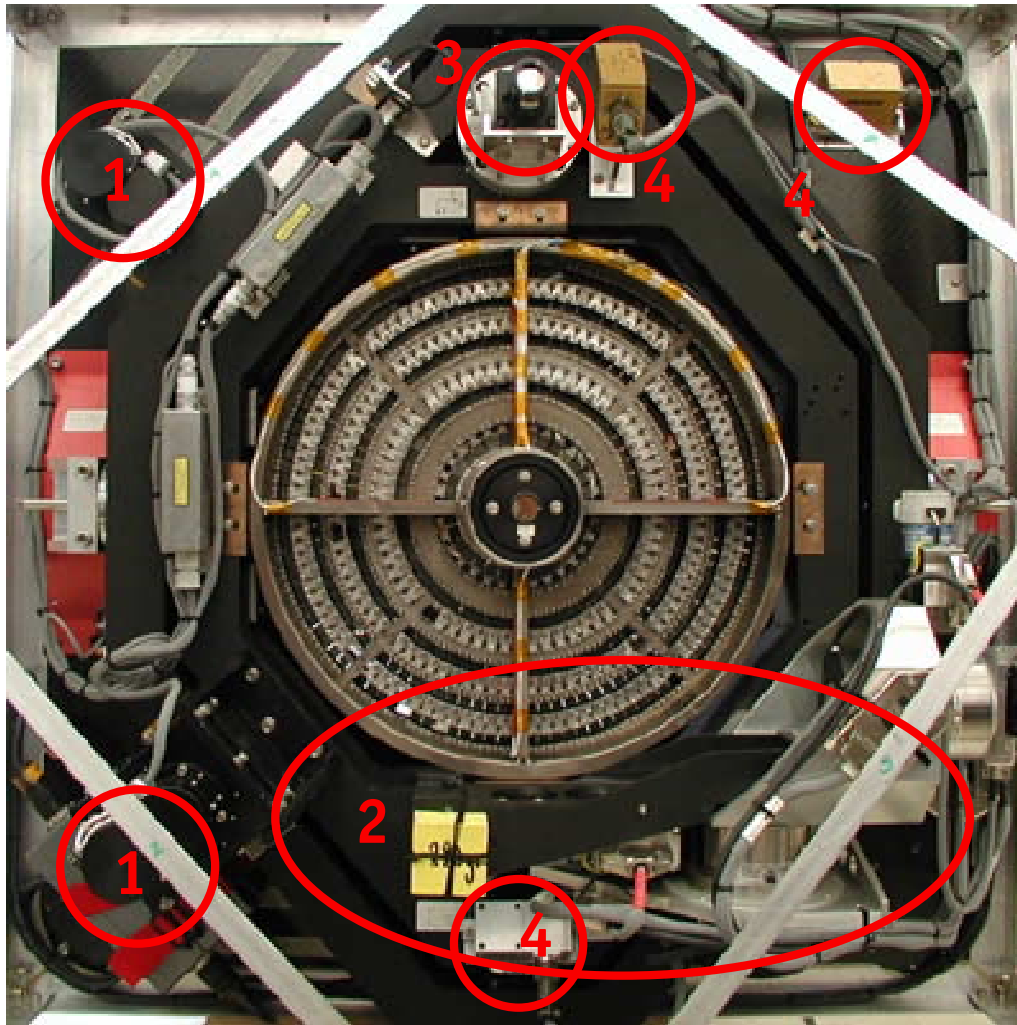
### lentille

- 576 cristaux Ge
- $A_{\text{geo}} = 511 \text{ cm}^2$
- $E_{\text{diff}} = 170 \text{ keV}$ ,
- $\Delta E \approx 3 \text{ keV}$
- $\text{FOV} \approx 90 \text{ arcsec}$

### axe optique

- pixel invar. de la CCD

# CLAIRE 2001 : ... et le système de pointage fin



## lentille

- 576 cristaux Ge
- $A_{\text{geo}} = 511 \text{ cm}^2$
- $E_{\text{diff}} = 170 \text{ keV}$ ,
- $\Delta E \approx 3 \text{ keV}$
- $\text{FOV} \approx 90 \text{ arcsec}$

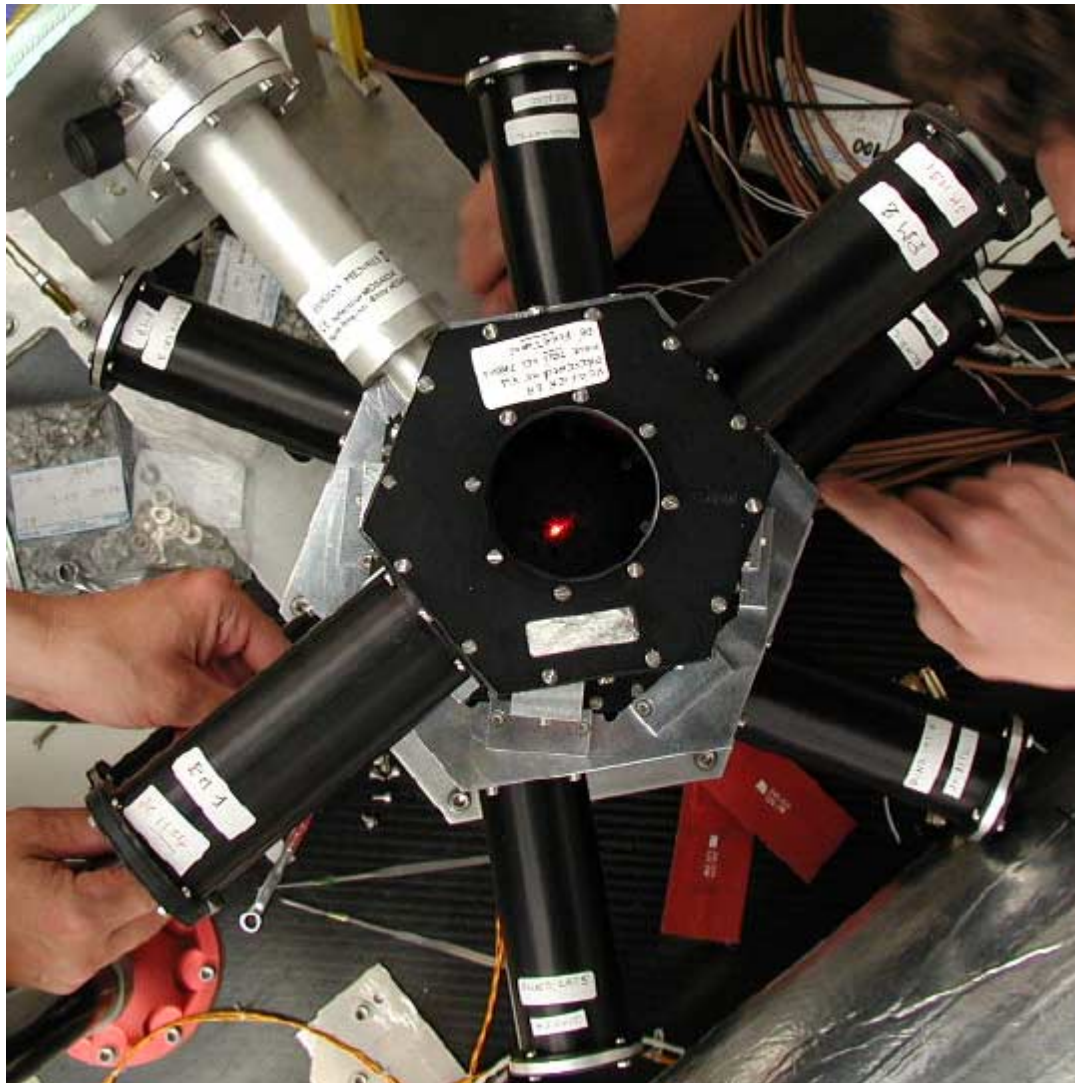
## axe optique

- pixel invar. de la CCD

## pointage fin

- vérins de Genève **1**
- senseur solaire **2**
- camera grand champ **3**
- inclinomètres **4**

# CLAIRE 2001 : matrice Ge et blindage AC



## détecteur

- matrice 3x3
- Ge haute pureté
- 1.5\*1.5\*4cm

## refroidissement

- dewar pressurisé

## système d'anticoïncidence

- blindage CsI
- blindage BGO



# CLAIRE 2001

---

**Lancement** : 14 juin, 6h 15 UT  
depuis Gap Tallard

**Ballon** : Zodiac 600'000 m<sup>3</sup>

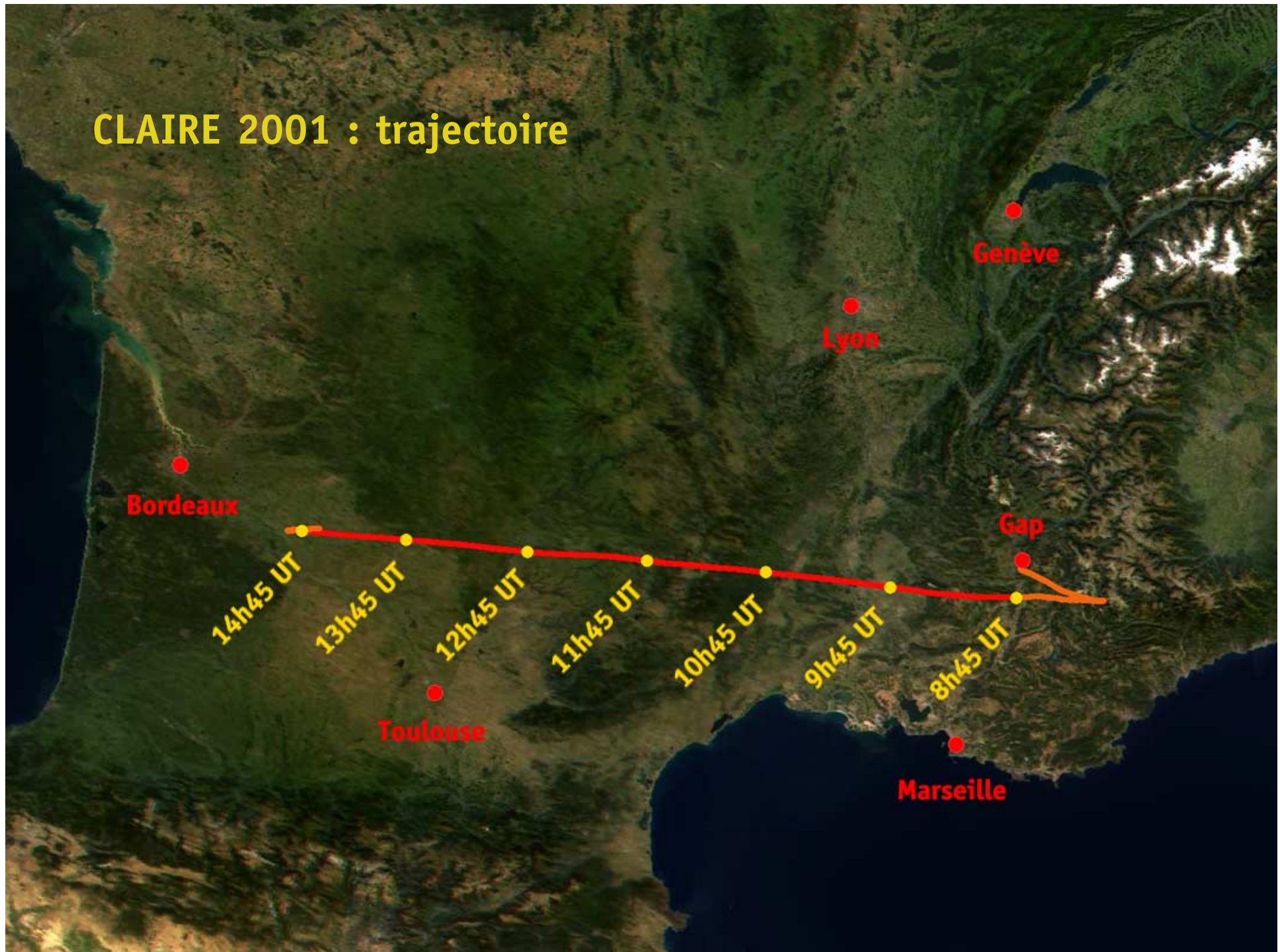
**Ascension** : 2h 15'

**Plafond** : 5h 30'  
h  $\approx$  41 km

**Séparation** : 14h 50' UT  
région de Bergerac



# CLAIRE 2001 : trajectoire



# CLAIRE - premières lumières

---

**L'objectif**

**PvB**

**CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA**

**BA/NA**

**Calculs astronomiques**

**BA/NA**

**Analyse des données CLAIRE 2001**

**Hubert Halloin**

**CLAIRE TGD**

**PvB**

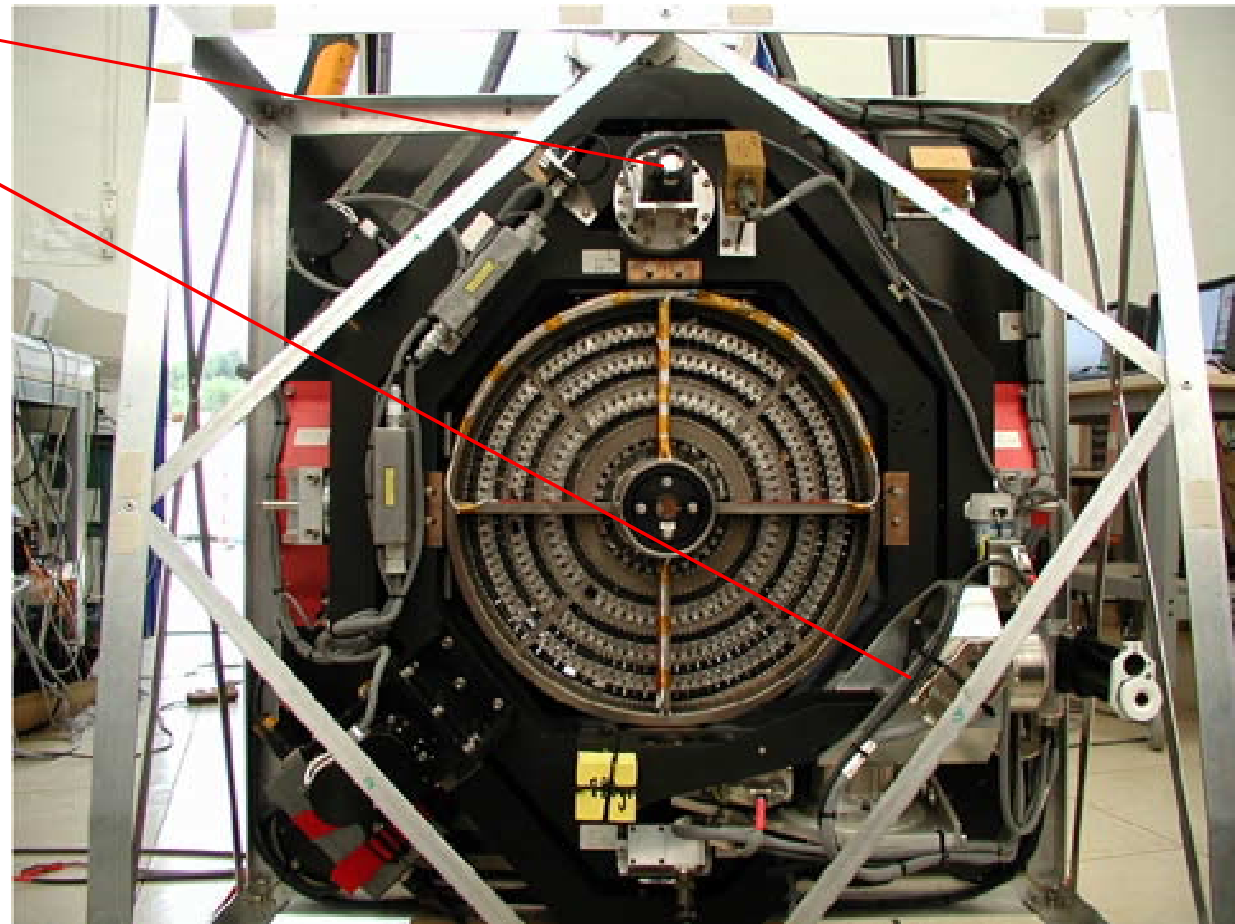
**Les perspectives**

**PvB**

# CLAIRE 2001 : Amélioration & Modifications

Caméra de champ

Tourelle d'offsets



# CLAIRE 2001 : Amélioration & Modifications

---

nouveau verrou



# CLAIRE 2001 : Amélioration & Modifications

---

nouvelle lunette



# CLAIRE 2001 : Amélioration & Modifications

---

Nouveau pentagone



# CLAIRE 2001 : Préparations finales

---

- Fin février à mi mars : IASI 1 à Kiruna, vol le 13/03/01**
- Fin mars : matériel prêt pour alignements au soleil**
- Avril : pas de soleil, rotation de champ réglée au fil à plomb**
- Début mai : livraison tourelle d'offset**
- 15 mai : départ pour Gap**
- 21 mai : début des essais de pointage**
- 7 juin : vérif. des problèmes de rotation de champ aux étoiles**
- 14 juin : vol**



# CLAIRE 2001 : Le vol

---

**TU**

- 1h30**      **Briefing météo**
- 5h39**      **Tallard : début de gonflage du ballon principal**
- 6h29**      **Tallard : lancement**
- 9h02**      **2.8 hPa : arrivée au plafond : 41 Km  
première acquisition du soleil**
- 9h10**      **Report du pixel invariant**
- 9h28**      **Premier pointage du Crabe**
- 14h20**     **Arrêt du pointage, séquence de repli et d'arrêt avant séparation**
  
- 14h50**     **Séparation**
- 15h12**     **Atterrissage dans la région de Bergerac**

## CLAIRE 2001 : Utilisation du temps de vol

---

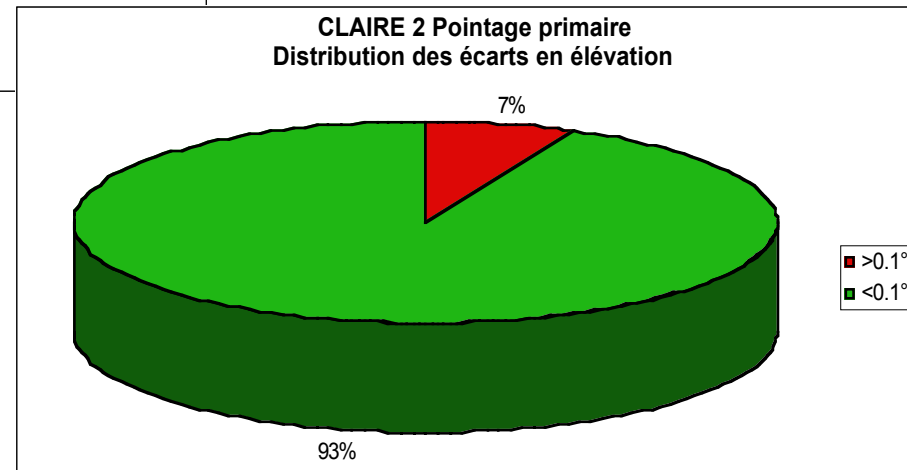
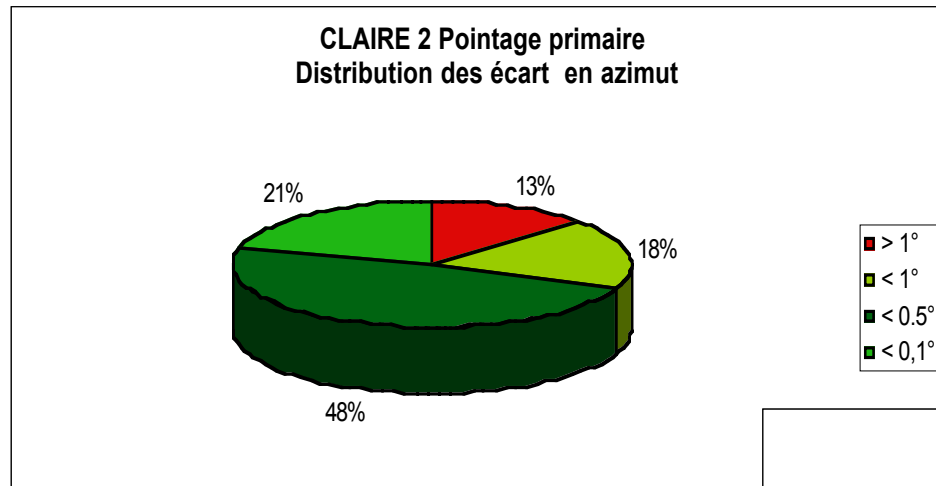
<b>Durée de vol</b>	<b>:</b>	<b>8H43M</b>	
<b>Durée de plafond</b>	<b>:</b>	<b>5H48M</b>	<b>100%</b>
<b>Pointage fin en route</b>	<b>:</b>	<b>5H18M</b>	<b>91%</b>
<b>Pointage du Crabe</b>	<b>:</b>	<b>3H39M</b>	<b>62%</b>
<b>Pointage tache solaire</b>	<b>:</b>	<b>0H17M</b>	<b>5%</b>
<b>Réglage en vol</b>	<b>:</b>	<b>0H45M</b>	<b>13%</b>
<b>Problèmes divers</b>	<b>:</b>	<b>0H22M</b>	<b>6%</b>

### Récupération nacelle

**Atterrissage : sous 1 parachute au lieu de 3** => **Gros dommages sur Plate-forme 1**  
**Récupération : prise en compte hasardeuse** => **Dommages sur la parties haute nacelle**

# CLAIRE 2001 : Performances de pointage

## Pointage primaire

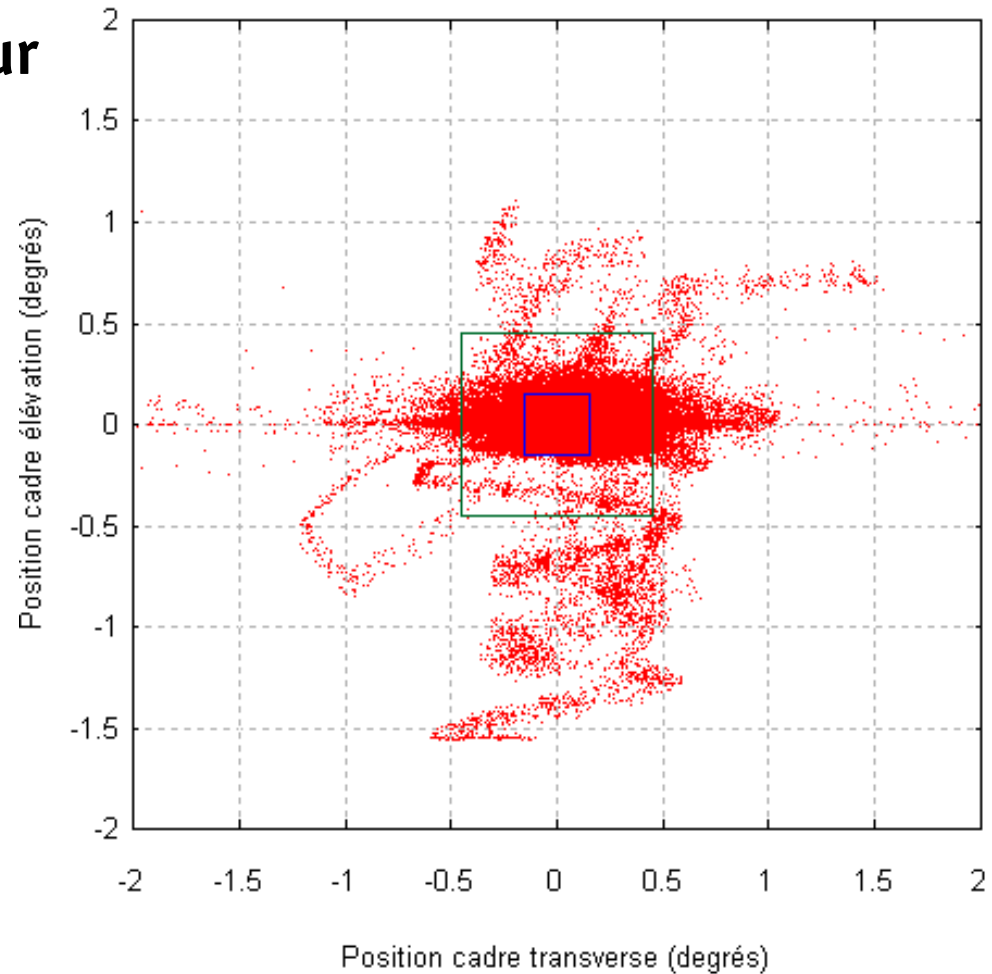


# CLAIRE 2001 : Performances de pointage

## Eclairement du détecteur

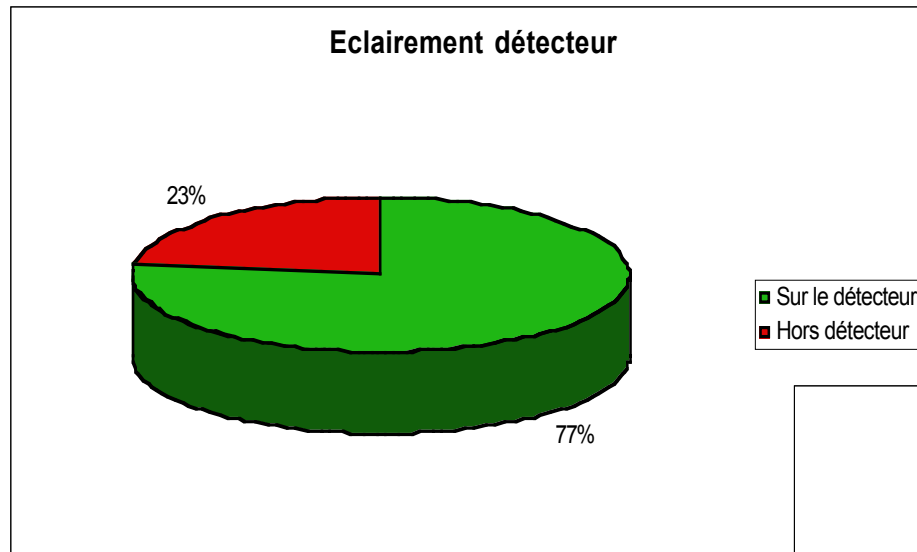
Rappel :  
Seule la lentille est asservie  
en pointage fin

Tous les déplacements  
nacelle télescope  
=> excursion sur détecteur

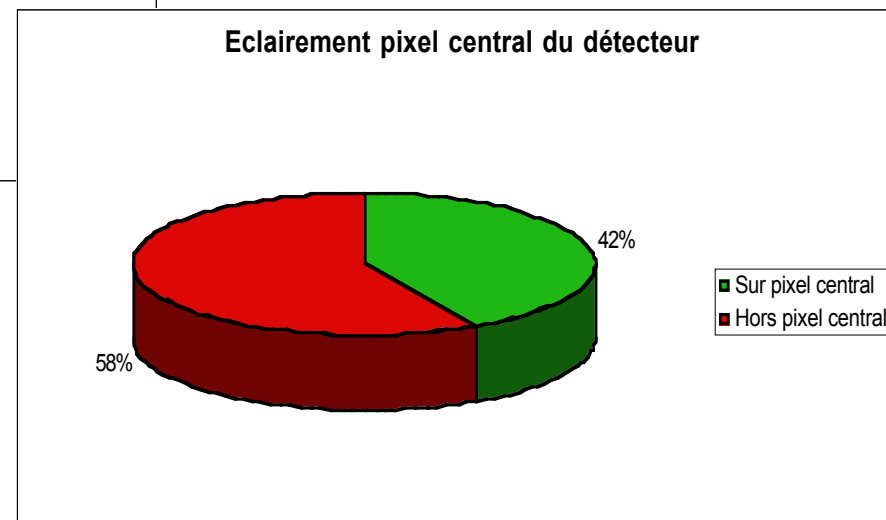


# CLAIRE 2001 : Performances de pointage

---

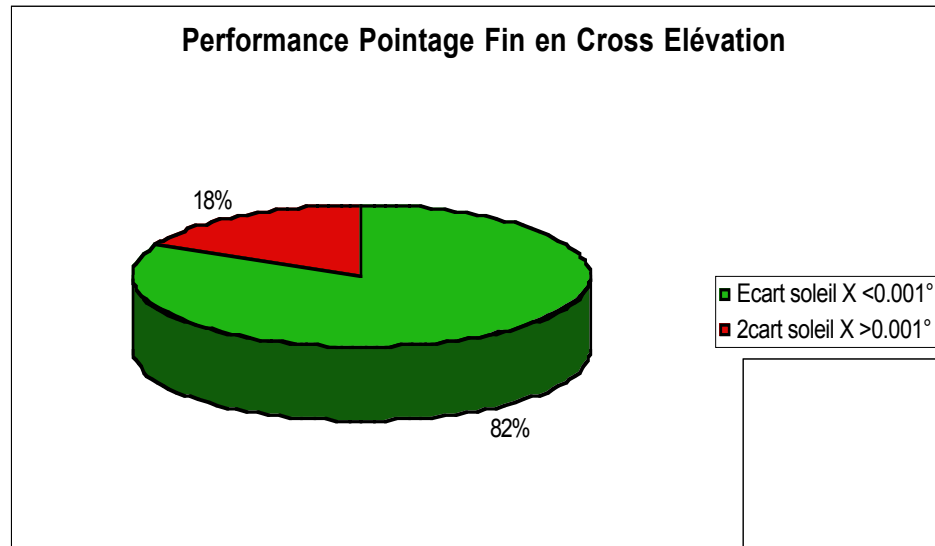


## Eclairage détecteur

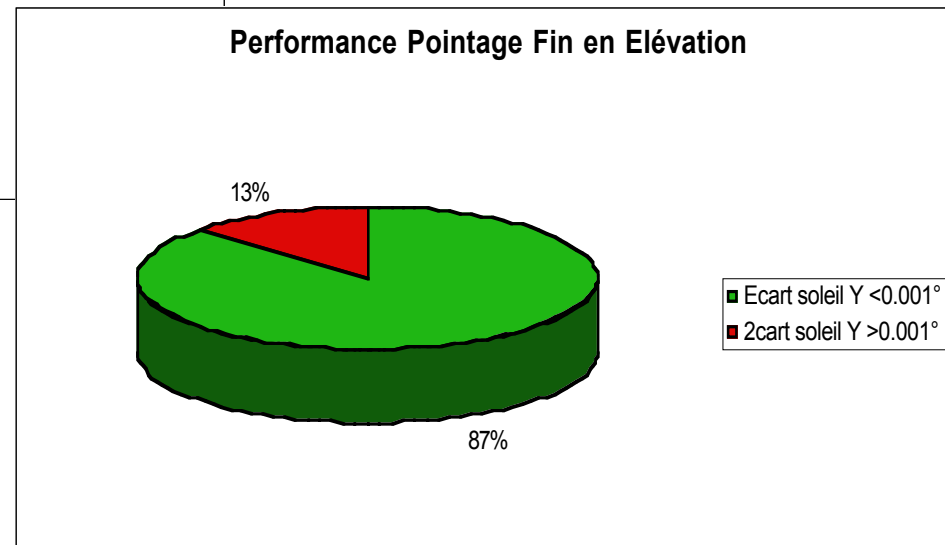


# CLAIRE 2001 : Performances de pointage

---



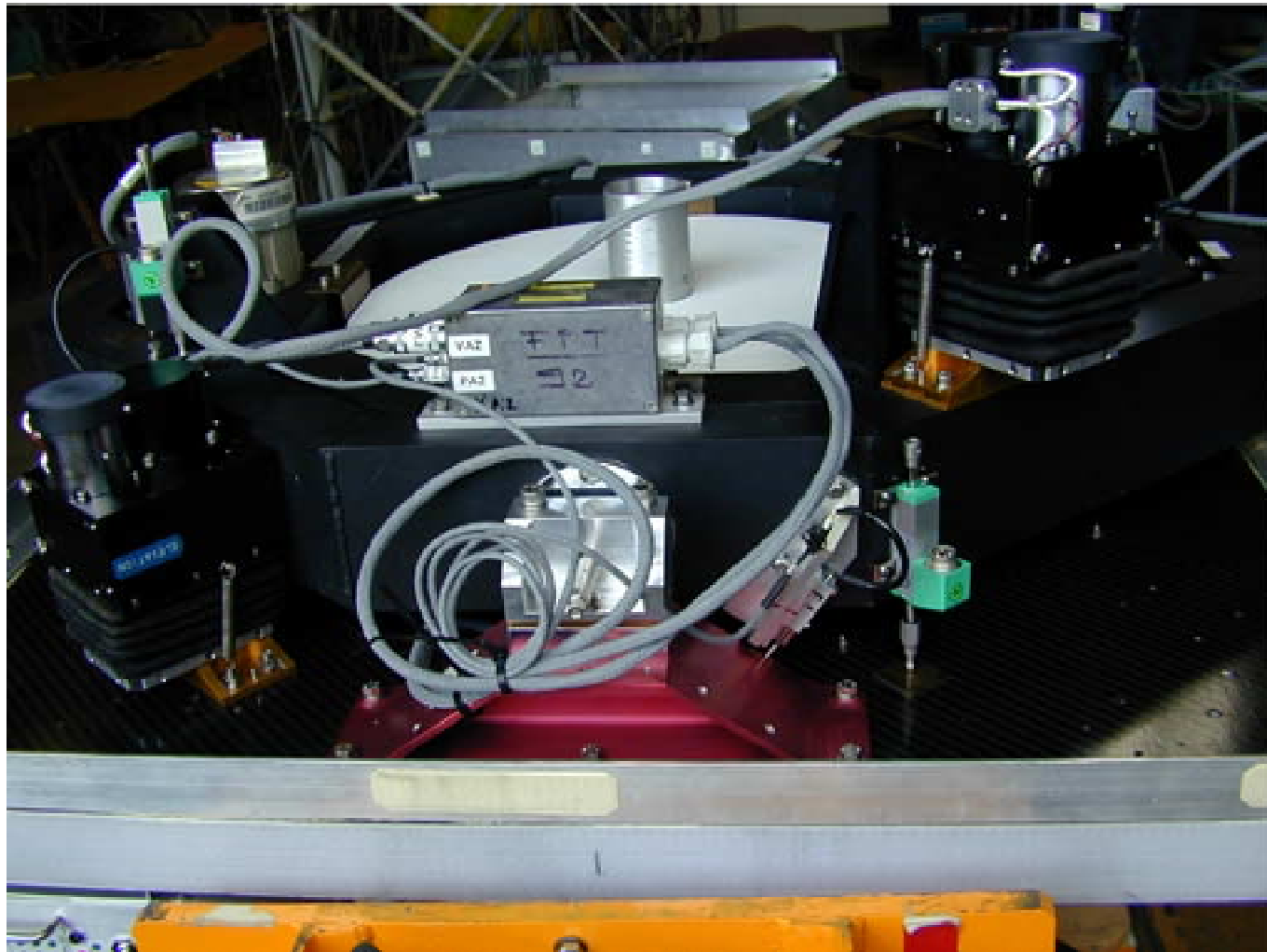
## Pointage Fin Ecart sensor solaire





## CLAIRE 2001 : Déplacement du point focal ?

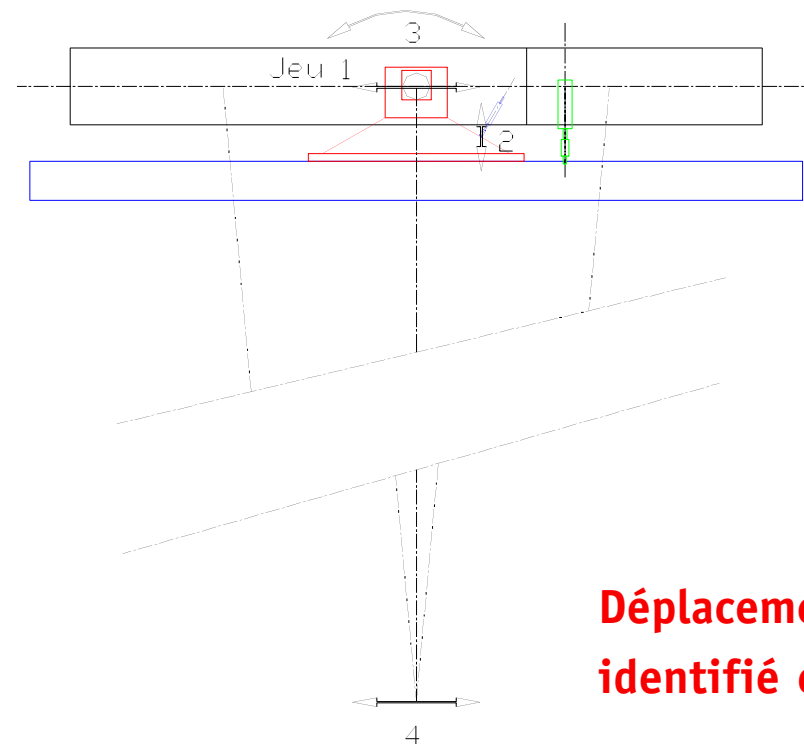
---





# CLAIRE 2001 : Déplacement du point focal ?

Plate forme 3 Vue de coté (polier d'élévation)  
cadre d'élévation et potentiomètre  
1 (0.2mm) => 2, Poursuite OFF, 2 => 3, 3 => 4 (4.5 à 6 mm)



**Déplacement en Y  
identifié et reproduit**

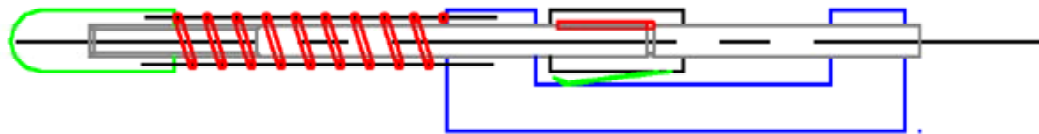
Déplacement du point focal

# CLAIRE 2001 : Déplacement du point focal ?

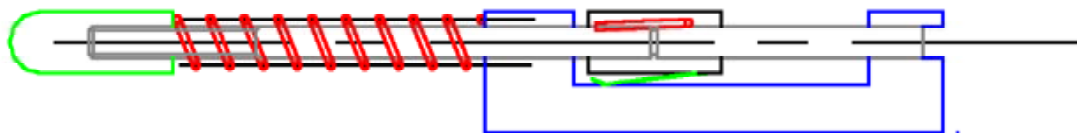
---

problème de glissement dans le potentiomètre

Clip dans la gorge de la tige



Clip hors de la gorge de la tige



**Déplacement en X constaté  
mais non reproduit sans glissement dans le potentiomètre**

# CLAIRE - premières lumières

---

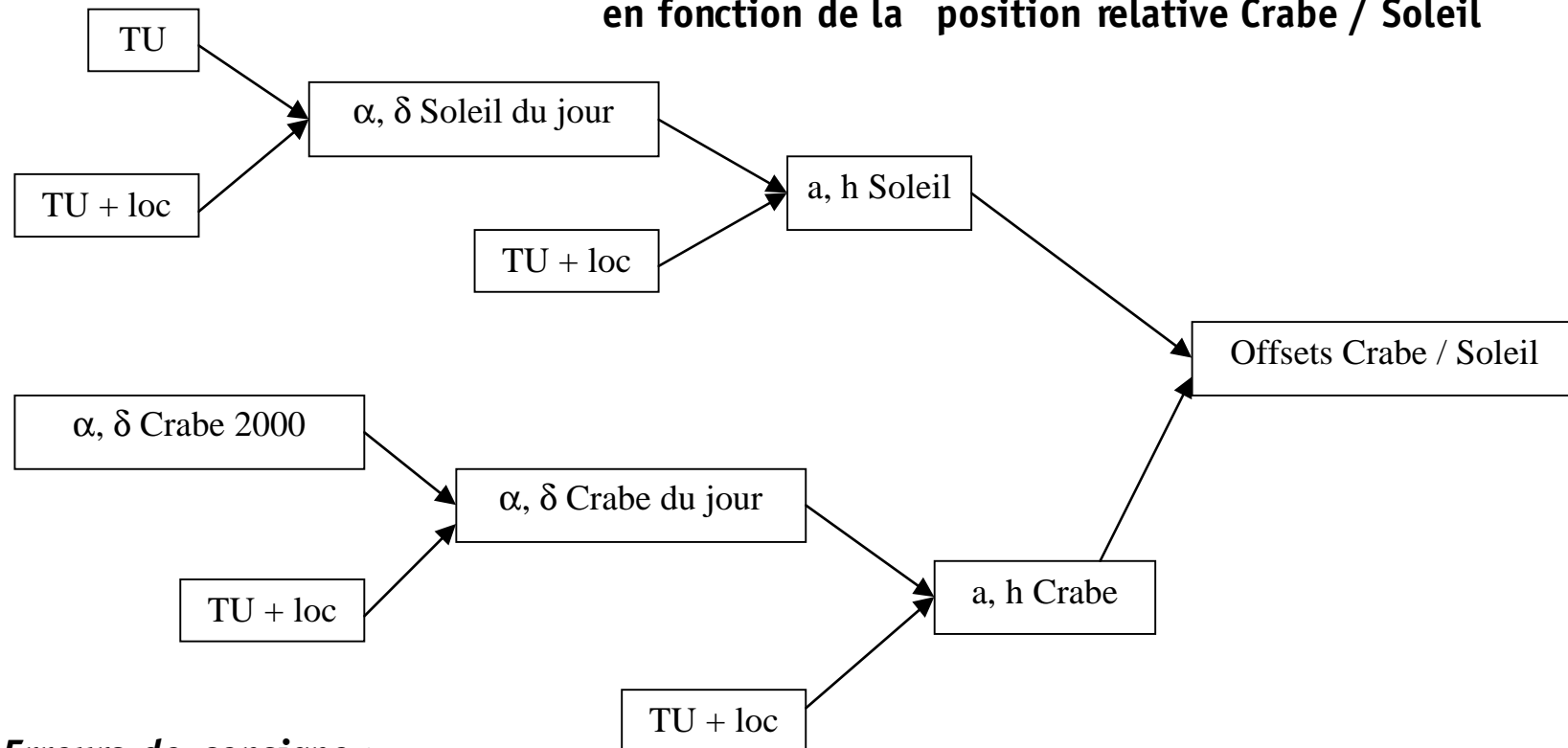
<b>L'objectif</b>	<b>PvB</b>
<b>CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Calculs astronomiques</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Analyse des données CLAIRE 2001</b>	<b>Hubert Halloin</b>
<b>Le test CLAIRE TGD</b>	<b>PvB</b>
<b>Les perspectives</b>	<b>PvB</b>

# Calculs astronomiques

## Fonction Guidage

→ générer la consigne à la tourelle

en fonction de la position relative Crabe / Soleil



### Erreurs de consigne :

- Erreur sur l'échelle de temps ( $TGPS \neq TE$ ) : plus sensible sur le soleil (astre "proche")
- Approximations dans les calculs (sources Meeus et CT 1988)

# Calculs astronomiques (suite)

---

## Ordre de grandeurs des erreurs :

- Erreurs absolues : jusqu'à 30' – dépend de l'heure, analogue pour Soleil et Crabe
- Erreurs relatives < 25", moyenne 13" : source et guide proches, heureusement!

## Reprise globale des calculs (Ph. Laporte)

- Difficulté de trouver une référence : CNES (source des coefficients?), BdL (système solaire uniquement)
- Pas souhaitable de passer aux polynômes de Tchebychev : mise à jour...
- Sources supplémentaires : Parisot, Intro BdL
- Validation : serveur web BdL
- Etat actuel : précision < 5" pour le soleil,  $\approx 1''$  pour les étoiles
  - Outillage généraliste sans équivalent connu au CNES
  - Utilisé depuis pour la génération des consignes au pointage primaire des nacelles

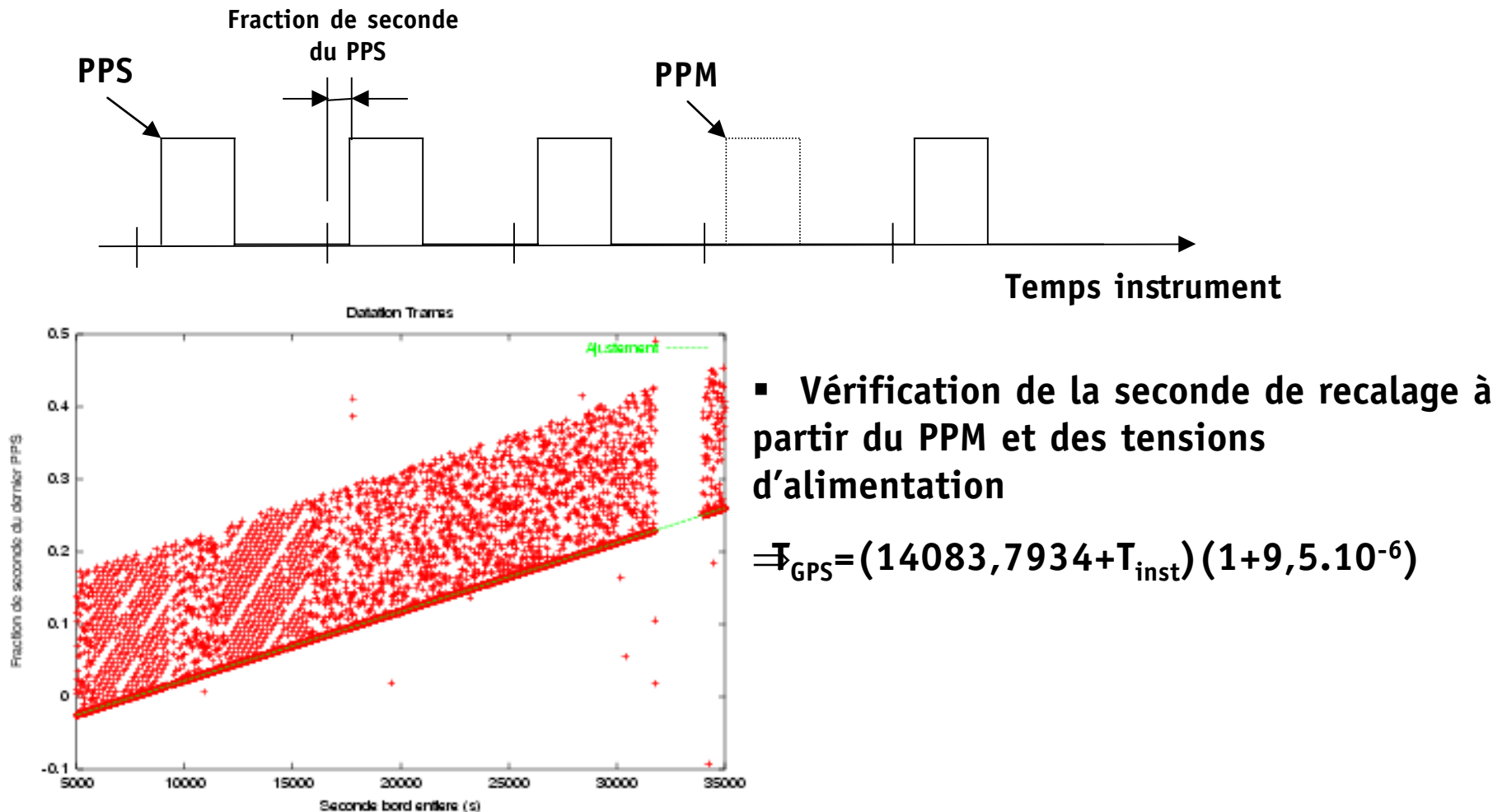
# CLAIRE - premières lumières

---

<b>L'objectif</b>	<b>PvB</b>
<b>CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Calculs astronomiques</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Analyse des données CLAIRE 2001</b>	<b>Hubert Halloin</b>
<b>CLAIRE TGD</b>	<b>PvB</b>
<b>Les perspectives</b>	<b>PvB</b>

# Recalage Temps instrument / Temps bord (GPS)

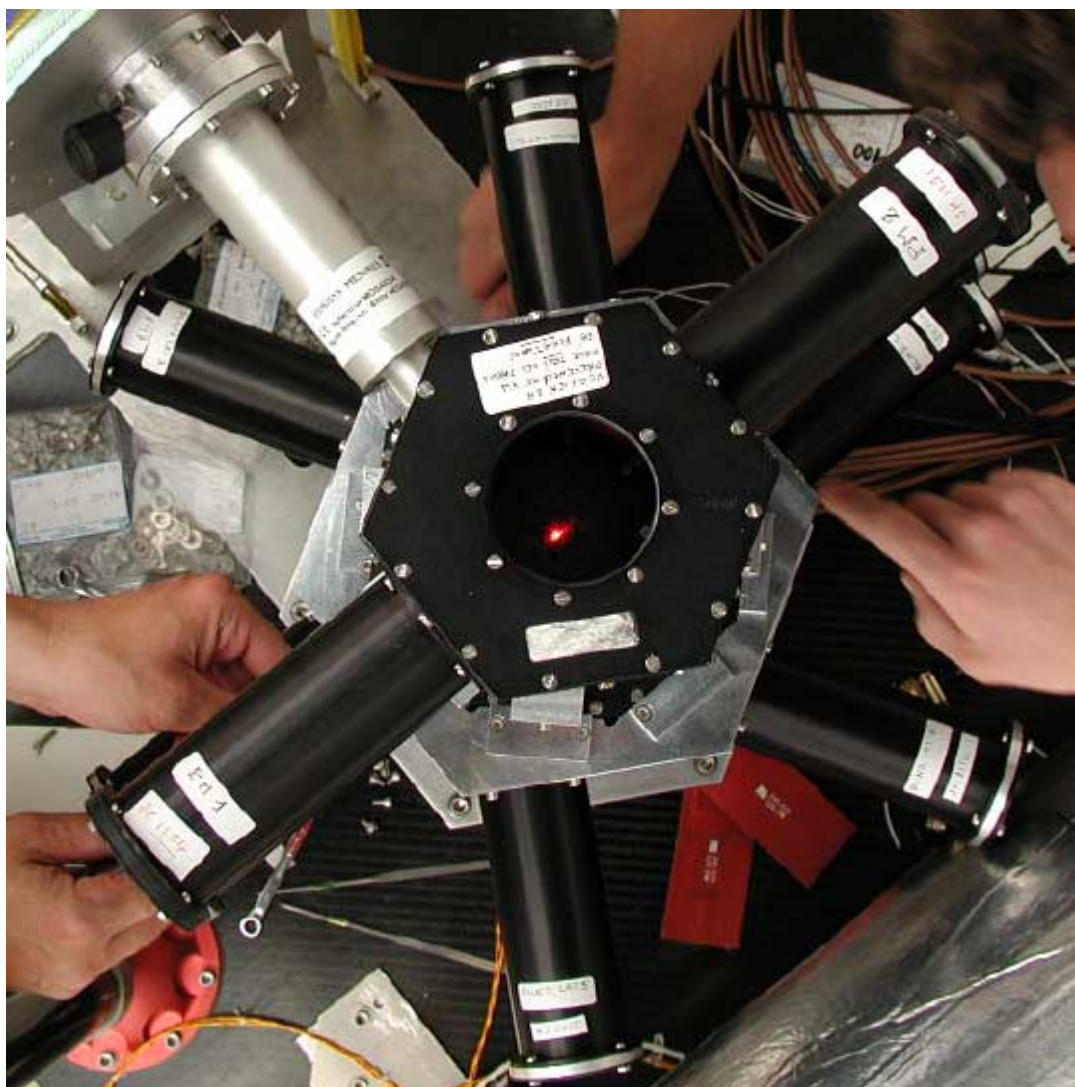
- Méthode : datation en temps instrument d'un pulse GPS par seconde



▪ Vérification de la seconde de recalage à partir du PPM et des tensions d'alimentation

$$\Rightarrow T_{GPS} = (14083,7934 + T_{inst}) (1 + 9,5 \cdot 10^{-6})$$

# CLAIRE 2001 : matrice Ge et blindage AC



debriefing CLAIRE, 4 juillet 2003, CESR

## détecteur

- matrice 3x3
- Ge haute pureté
- 1.5\*1.5\*4cm

1	2	3
4	5	6
7	8	9

## refroidissement

- dewar pressurisé

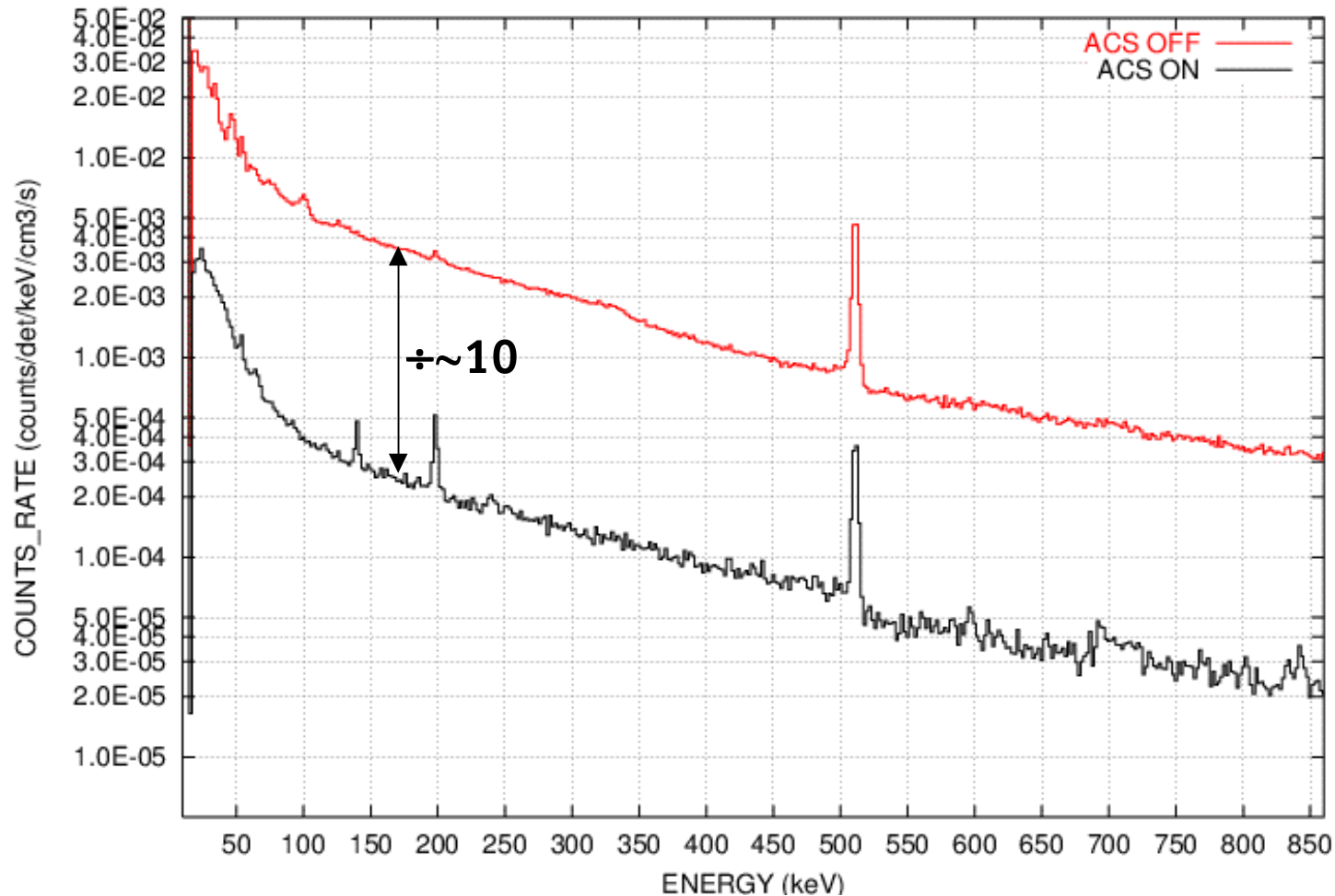
## système d'anticoïncidence

- blindage CsI
- blindage BGO

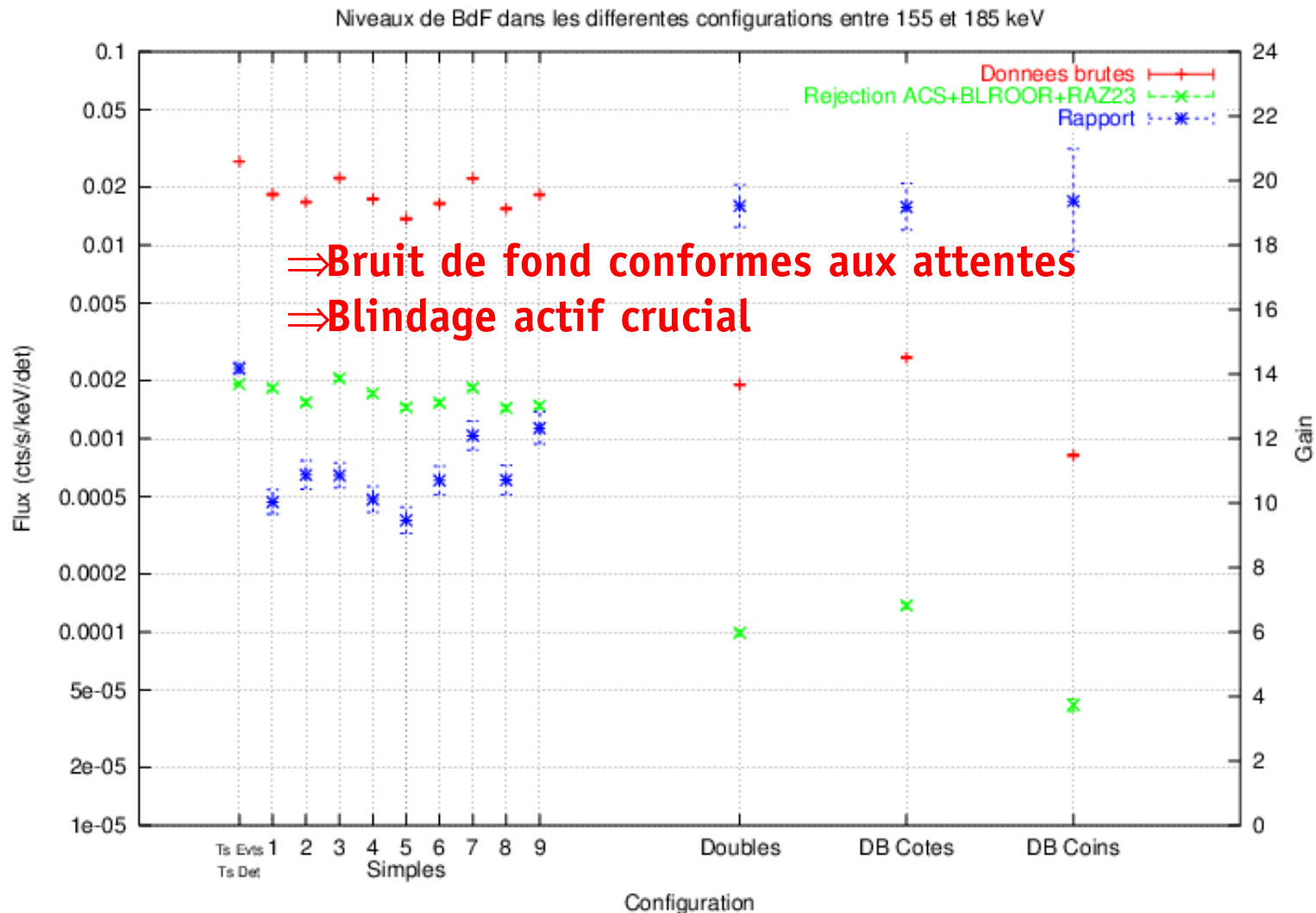


# CLAIRE 2001 : Bruit de fond instrumental (I)

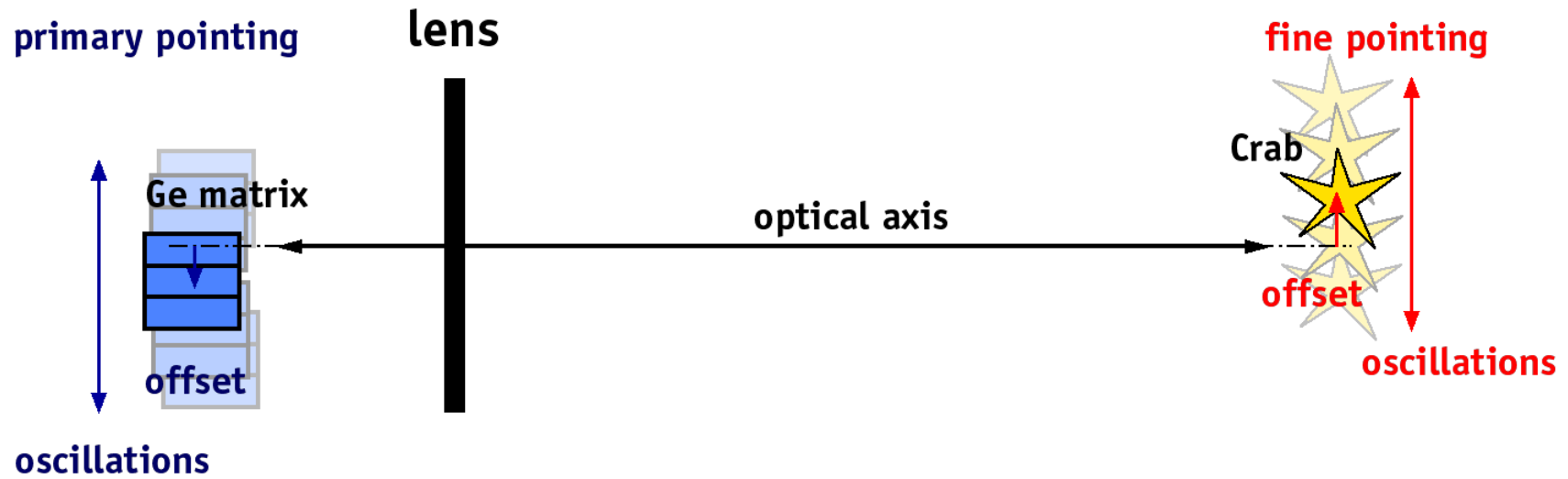
## Influence du blindage actif sur le niveau de bruit de fond



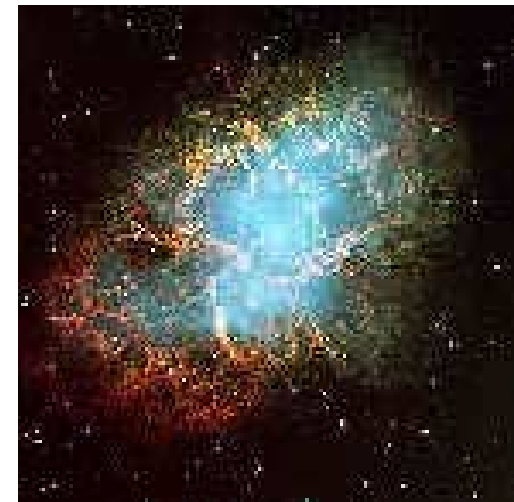
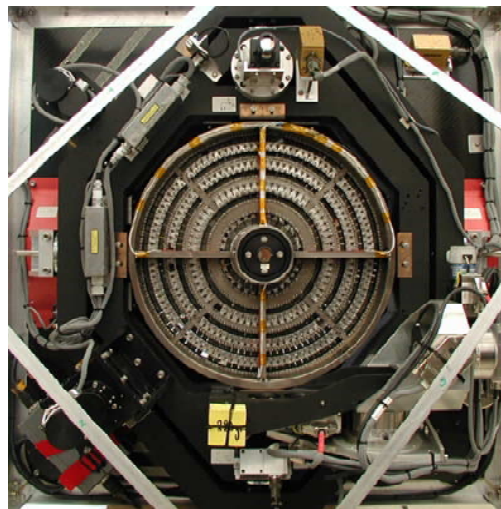
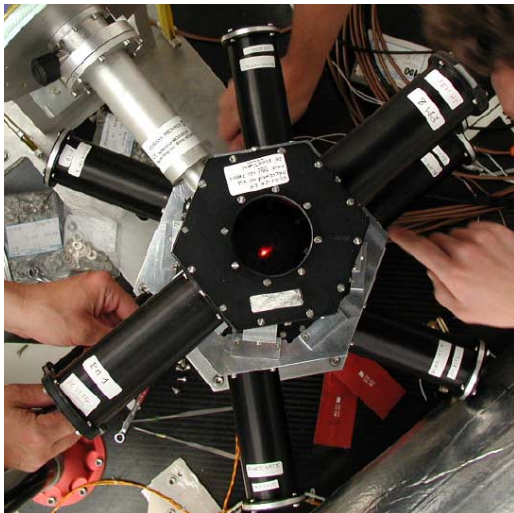
# CLAIRE 2001 : Bruit de fond instrumental (II)



# CLAIRE 2001 : pointage primaire et pointage fin



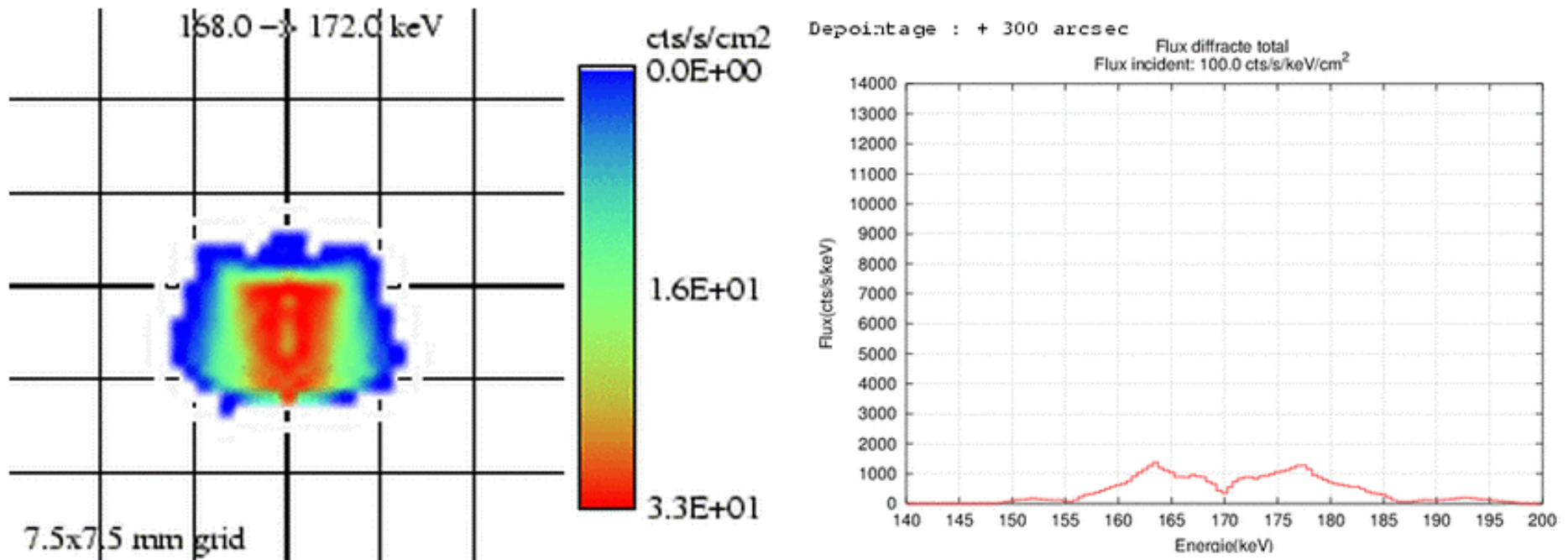
oscillations



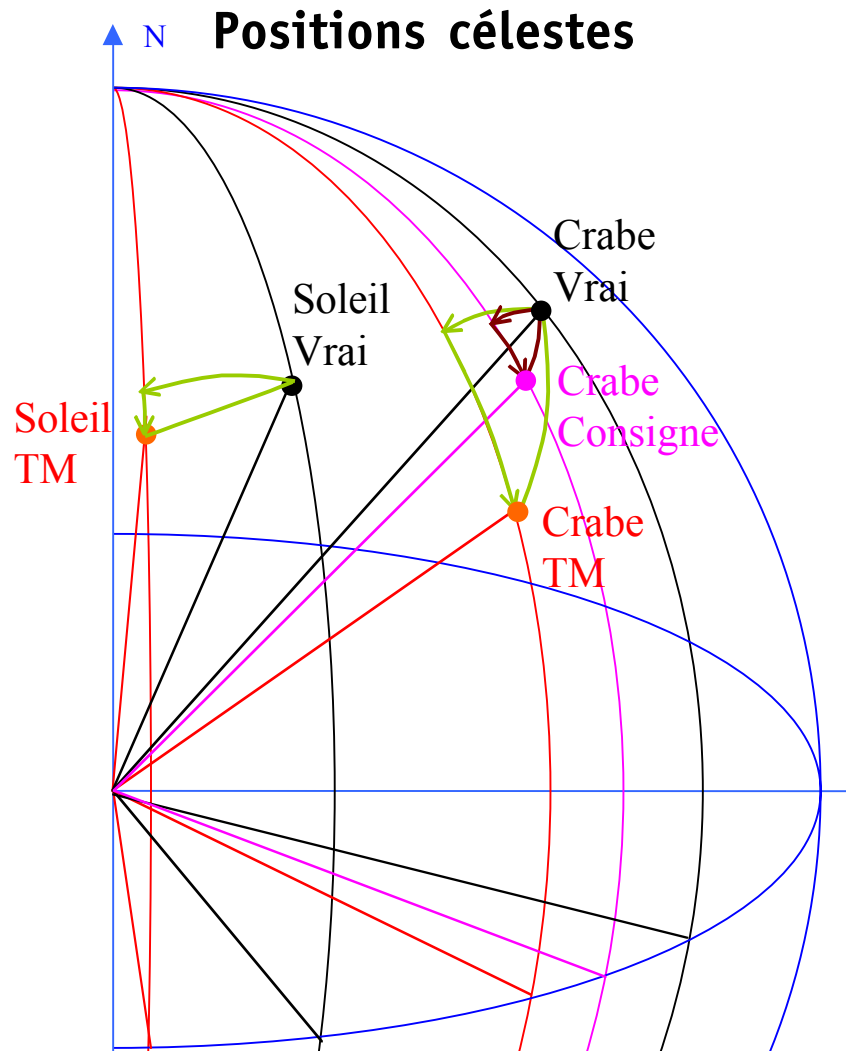
debriefing CLAIRE, 4 juillet 2003, CESR

# CLAIRE 2001 : Importance du pointage absolu

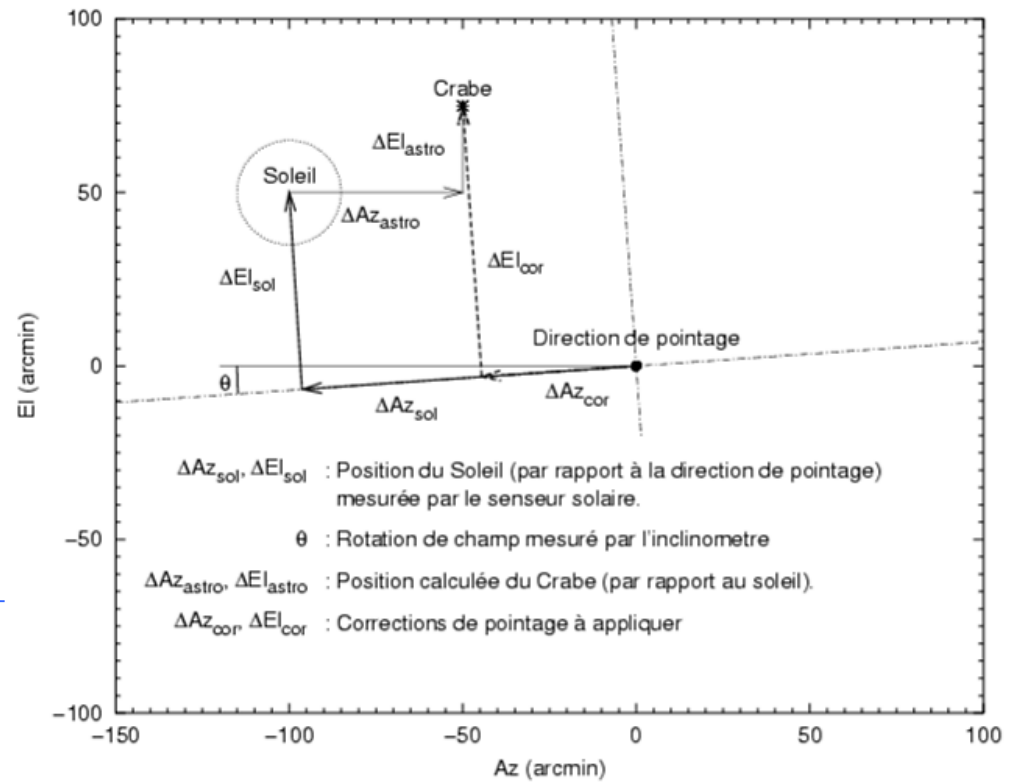
Variation de la tâche focale et du spectre diffracté en fonction du dépointage



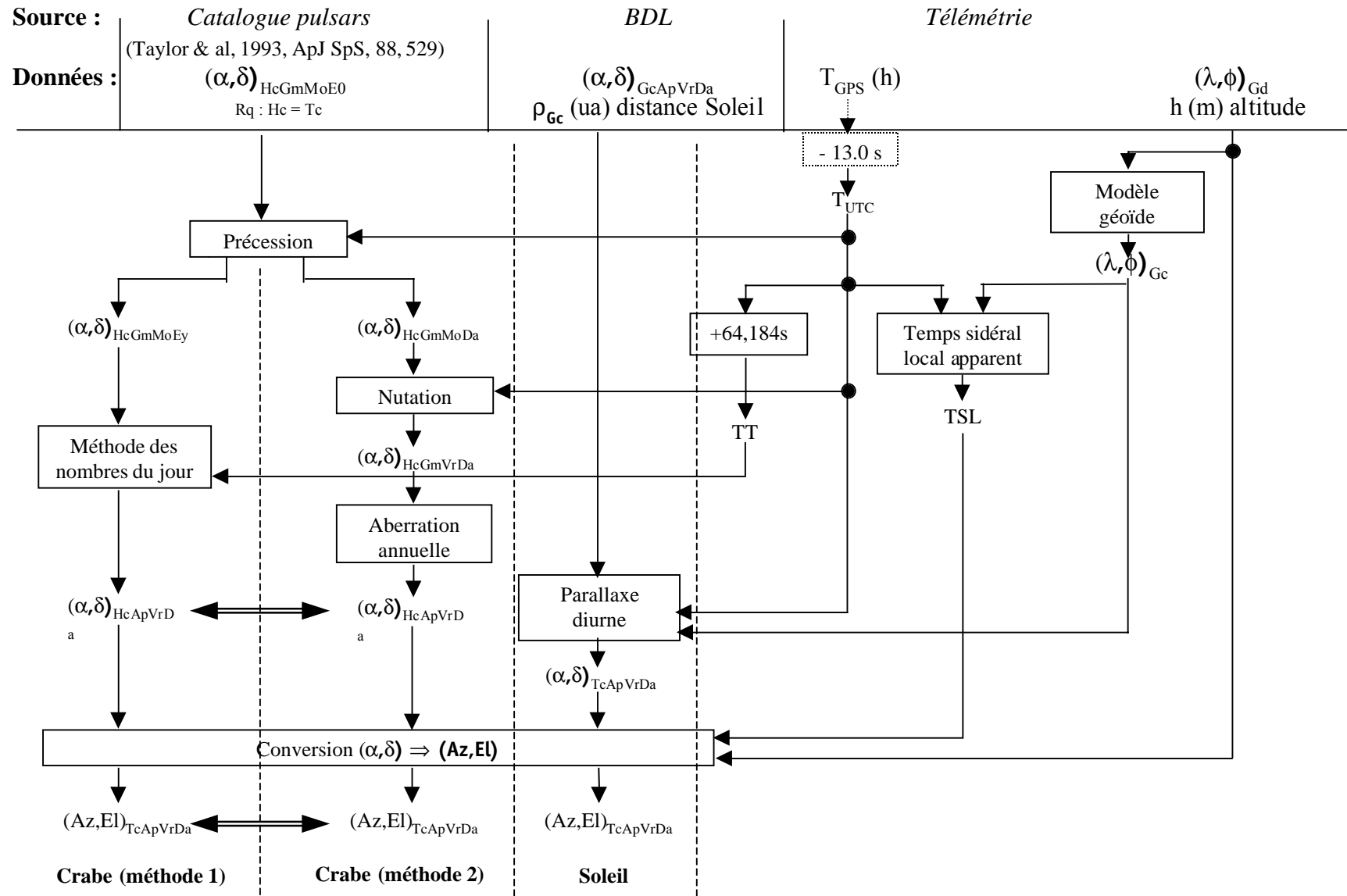
# CLAIRE 2001 : Pointage absolu



## Performances de pointage

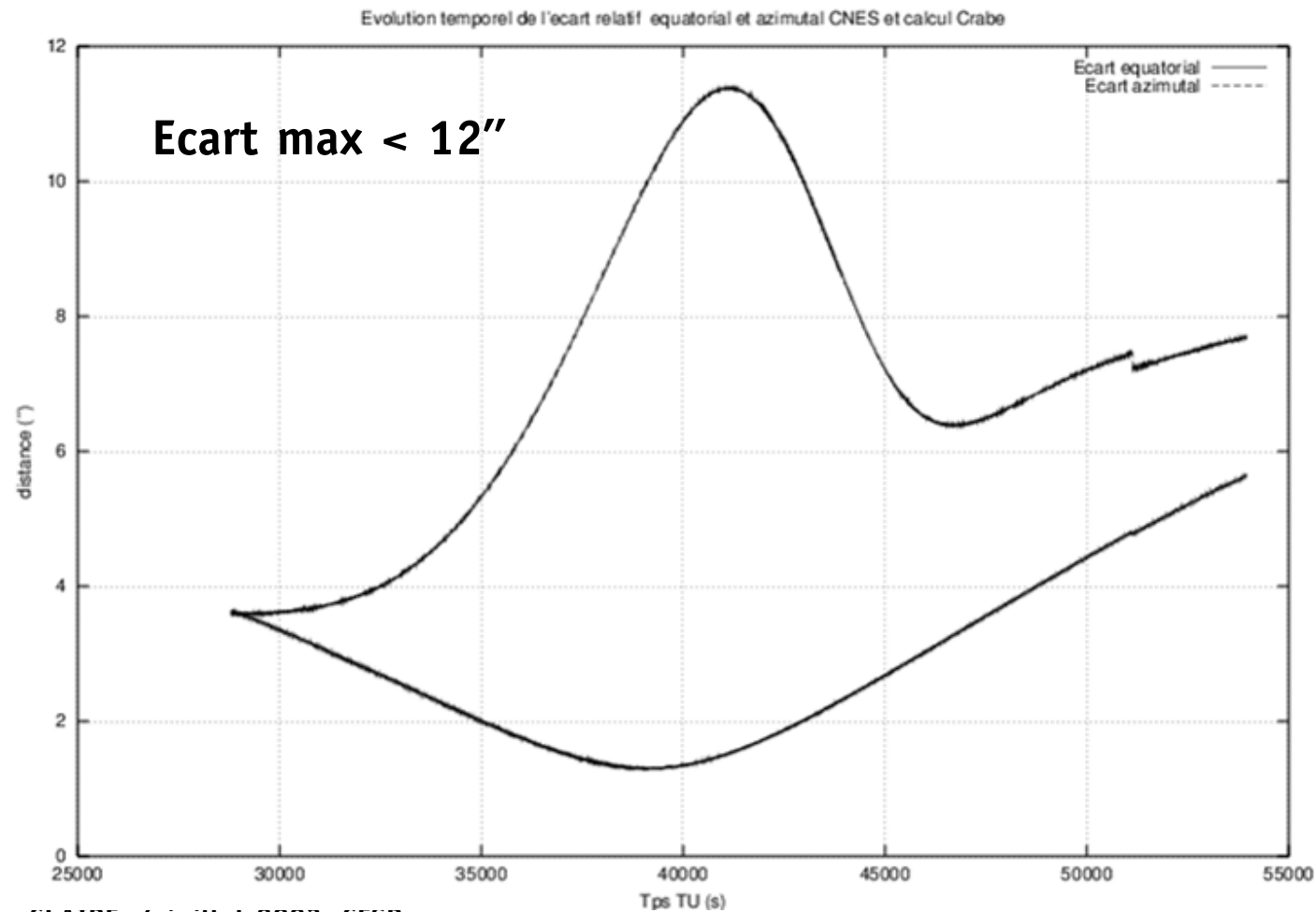


# CLAIRE 2001 : Positions Astronomiques (I)

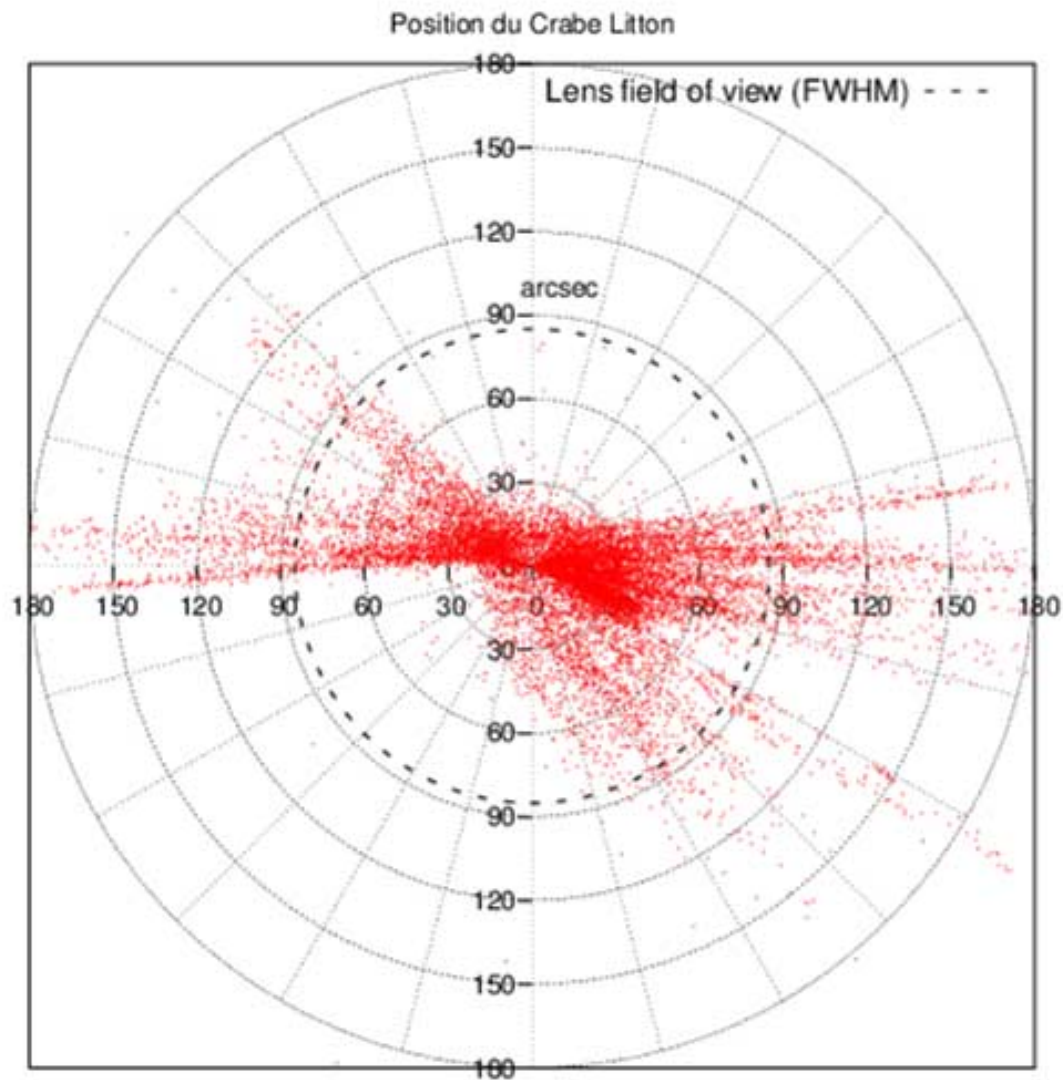


# CLAIRE 2001 : Positions Astronomiques (II)

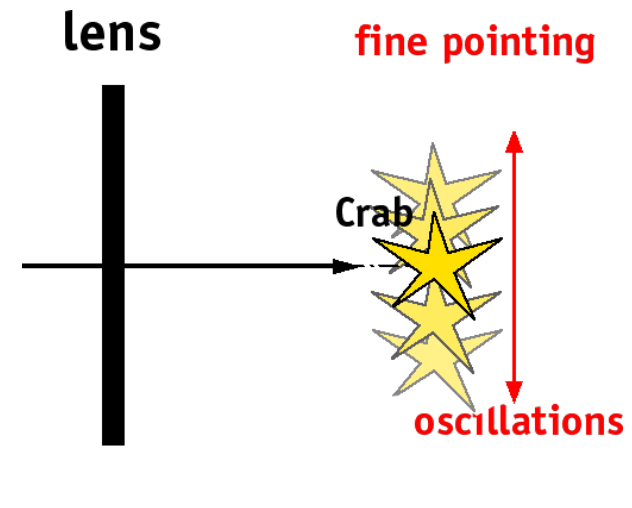
## Ecarts relatifs locaux position TM / position vraie du Crabe



# CLAIRE 2001 : Performances de pointage (I)



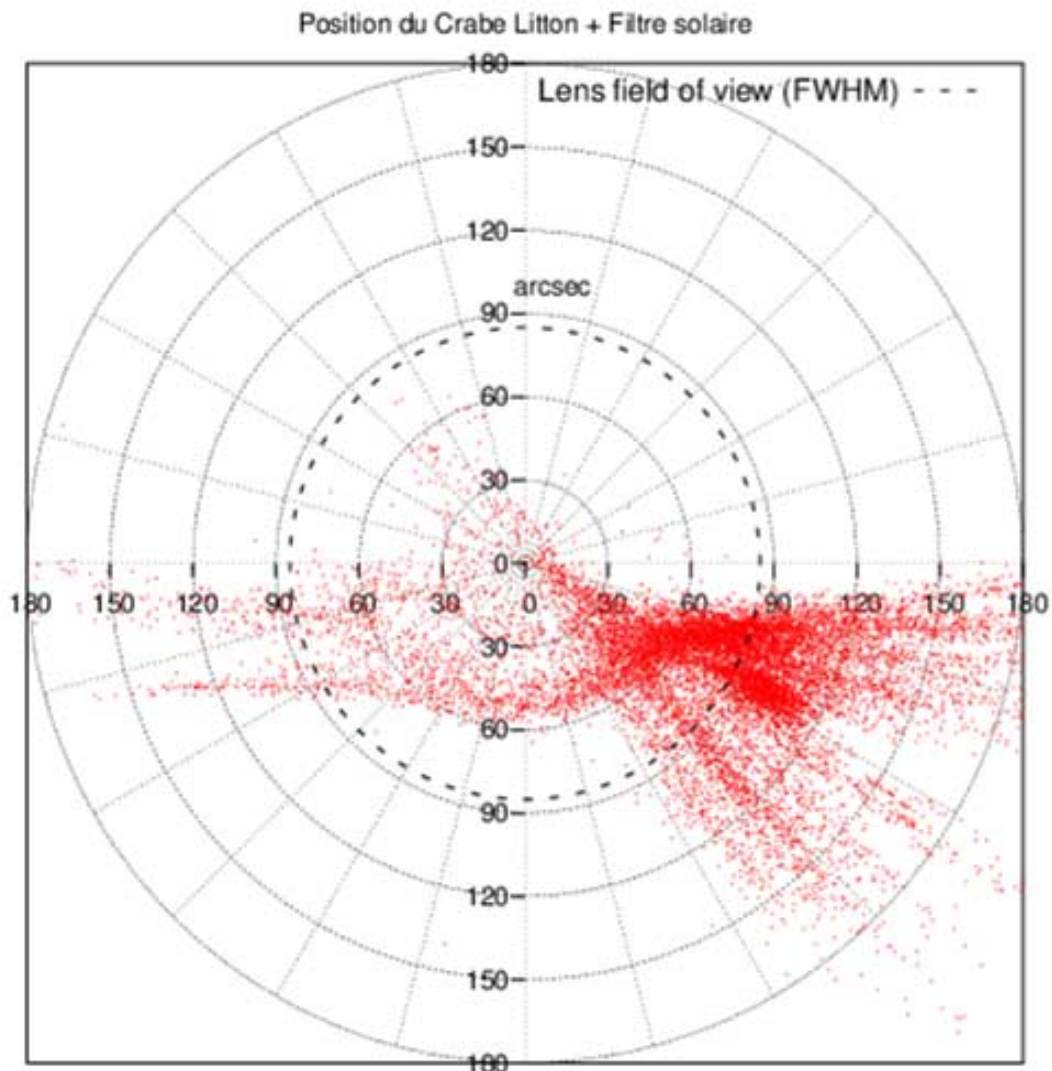
dednring CLAIKE, 4 juillet 2003, CESK



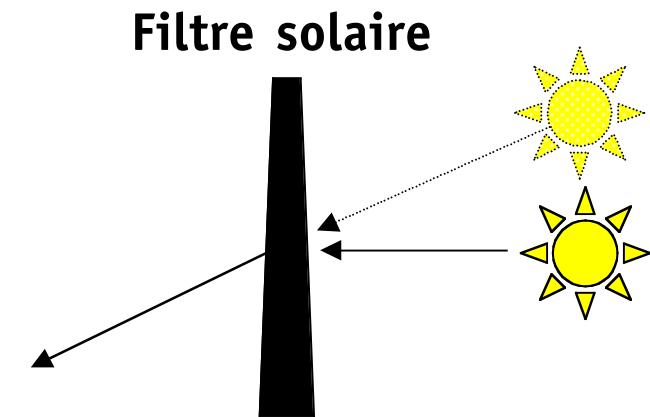
**problème :**  
**offset par les filtres solaires**



# CLAIRE 2001 : Performances de pointage (II)



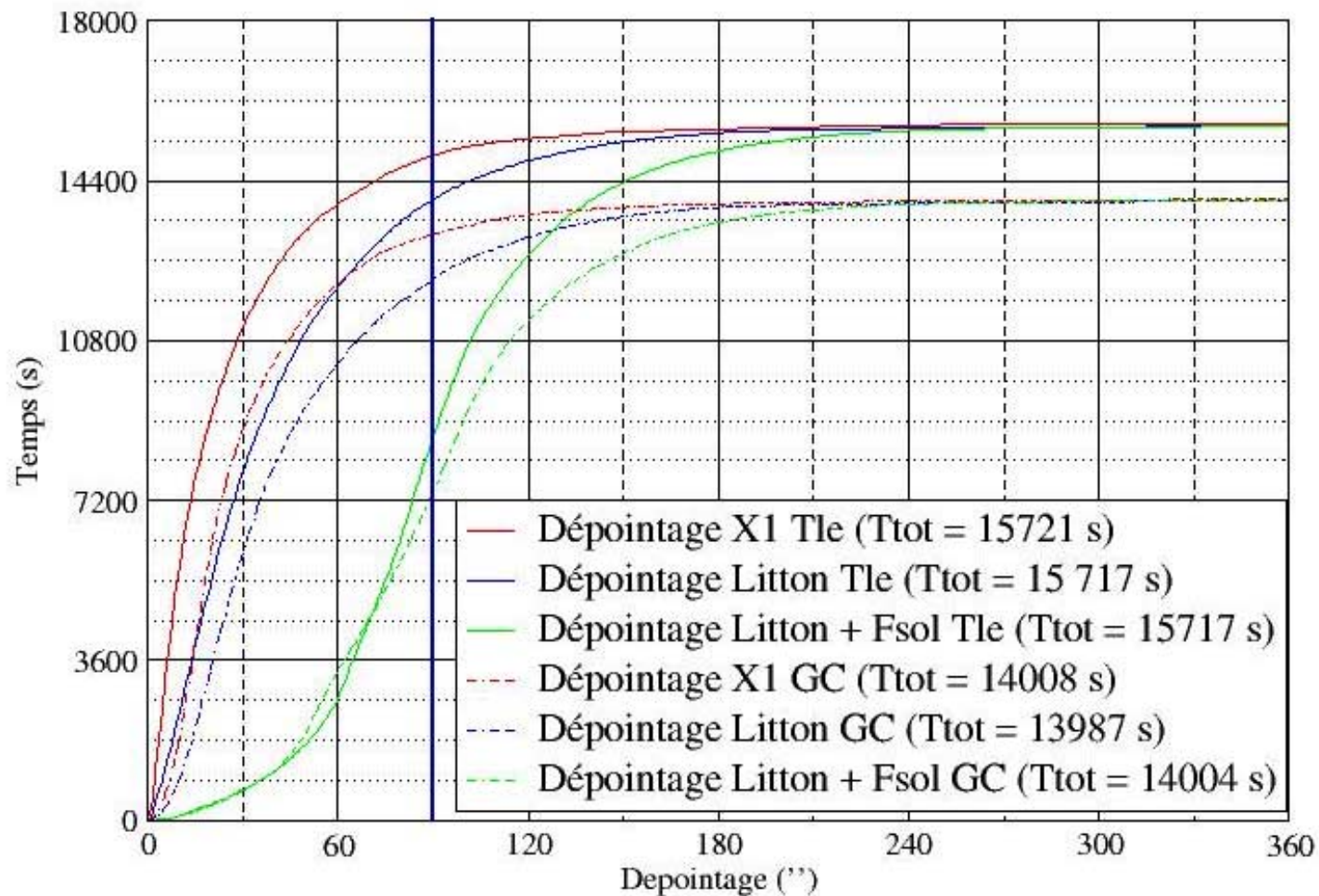
subroutine CLMIR, 4 June 2003, CLM



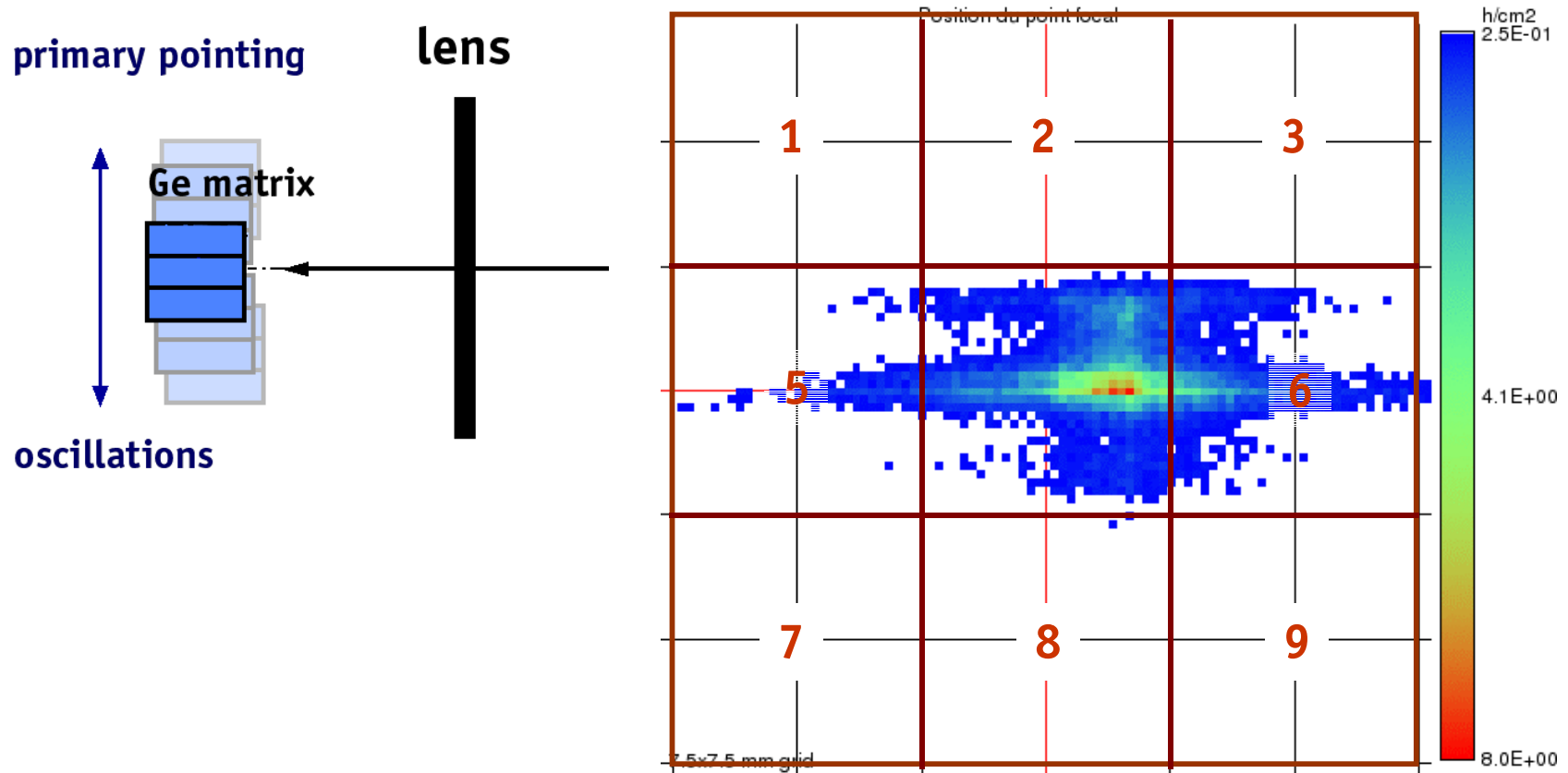
correction de l'offset : ~70''

# CLAIRE 2001 : Performances de pointage (III)

## Comparaison temps de pointage Crabe

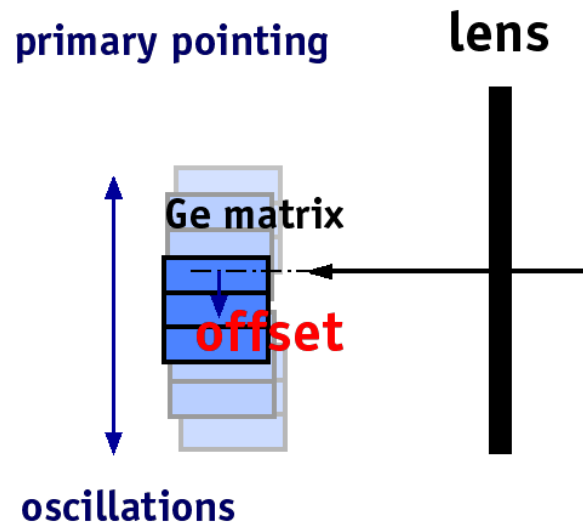


# CLAIRE 2001 : pointage primaire

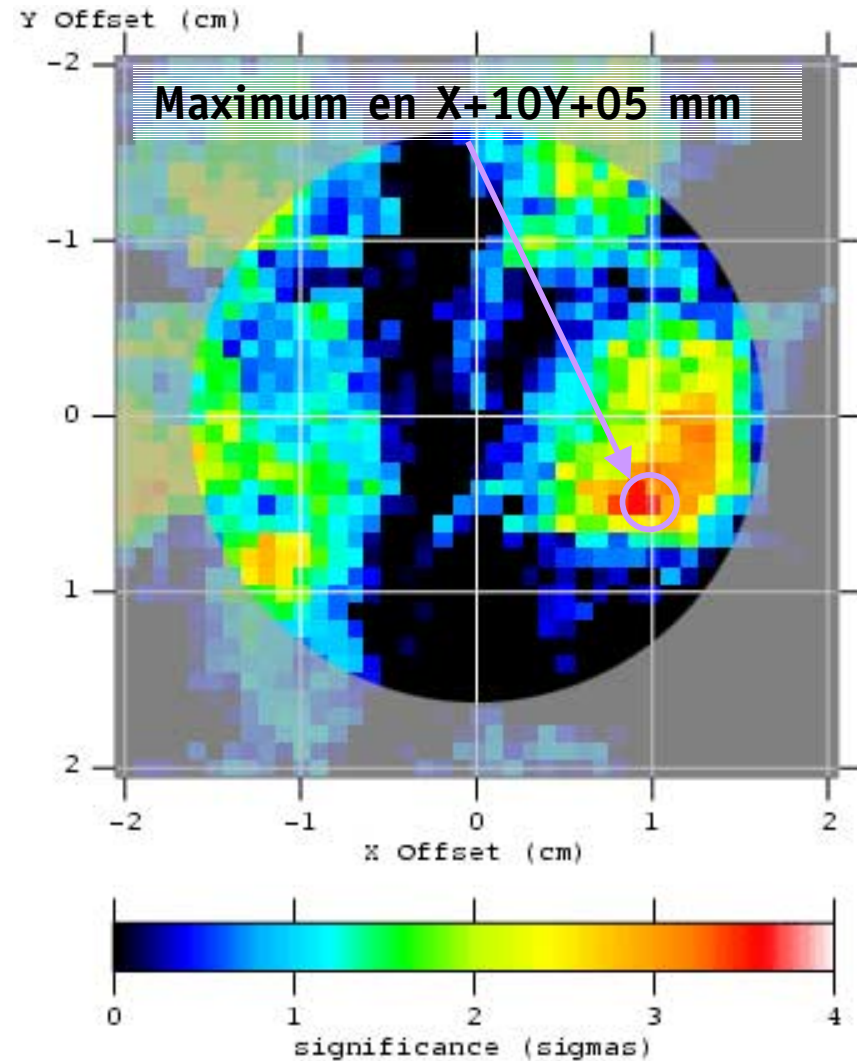


**Histogramme des temps de pointage détecteur en poursuite**

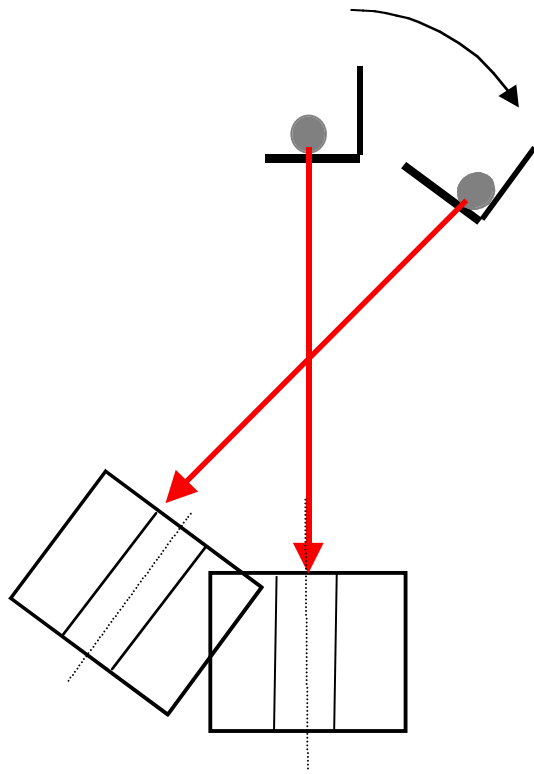
# CLAIRE 2001 : pointage primaire



recherche du signal dans le plan focal en supposant des offsets de la position du détecteur par rapport à l'axe lentille ... ("fishing expedition")

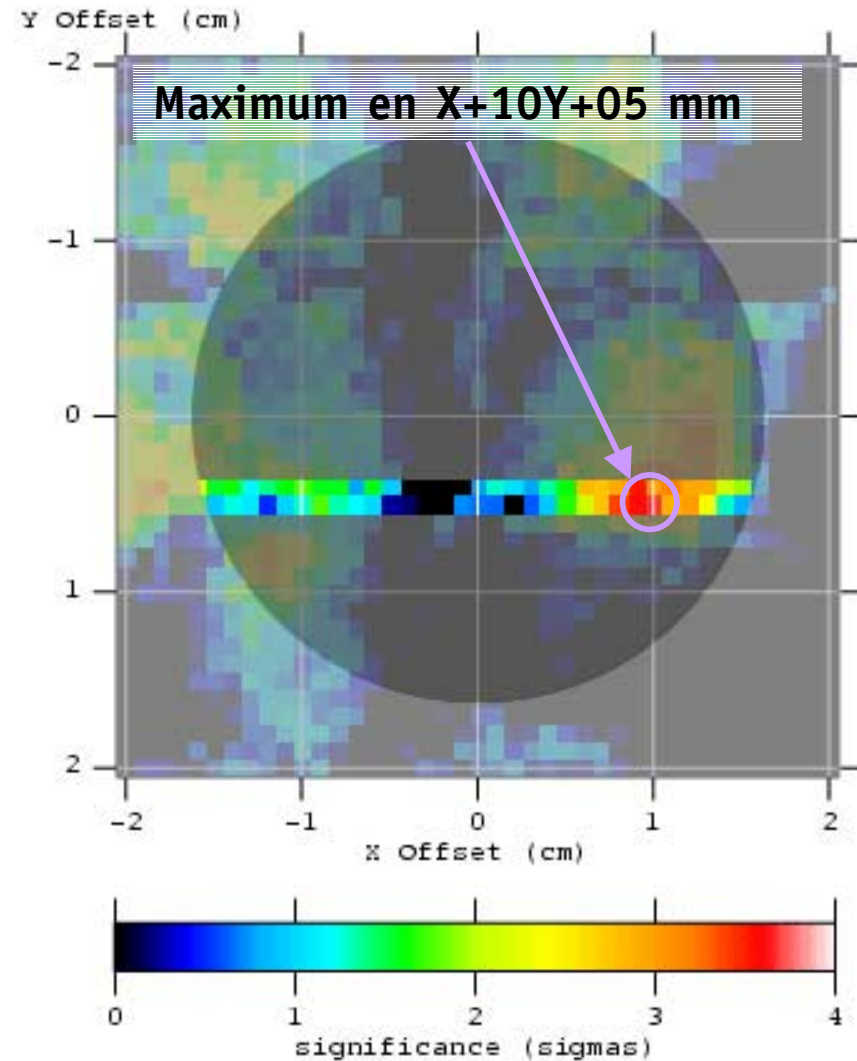


# CLAIRE 2001 : pointage primaire



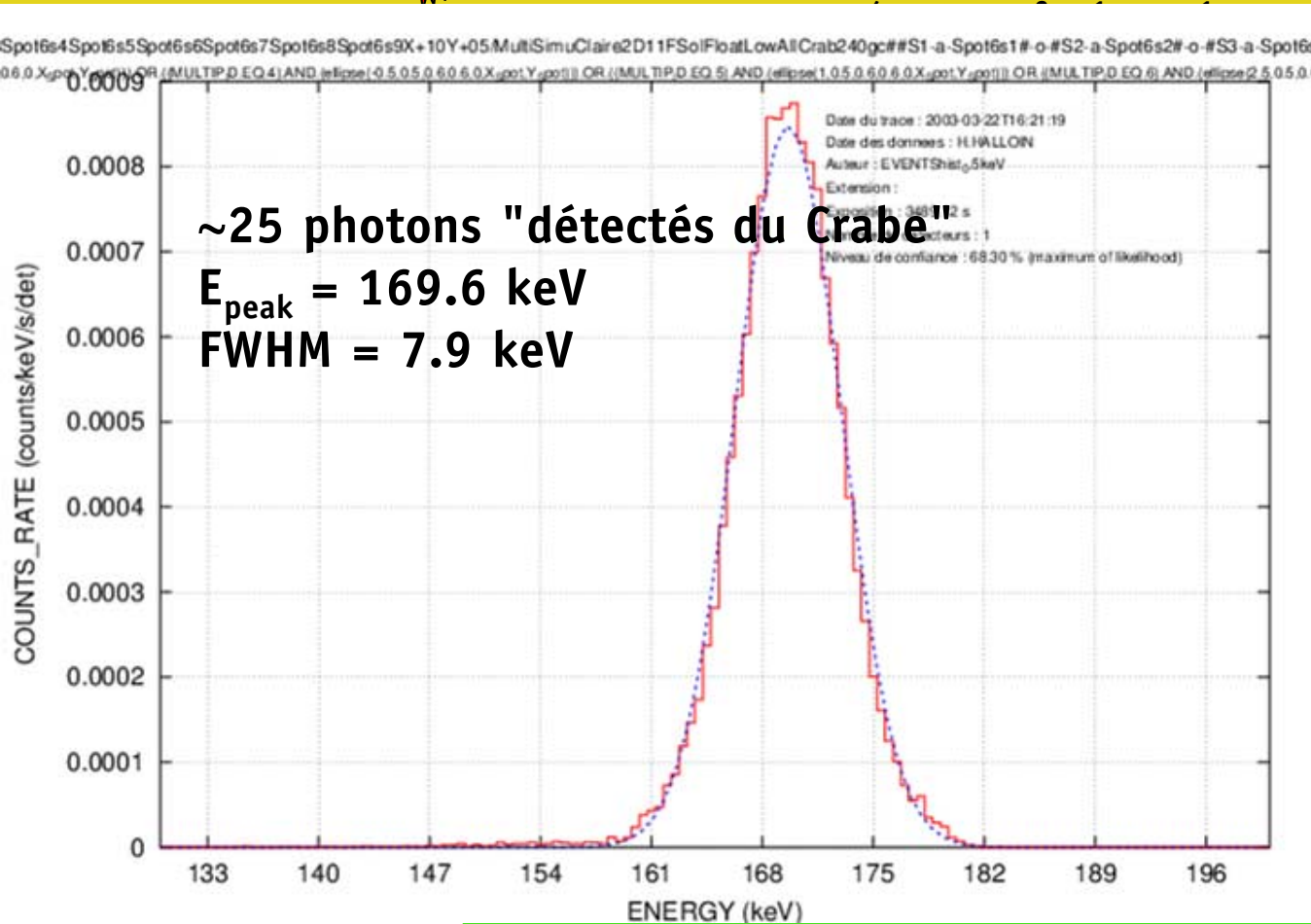
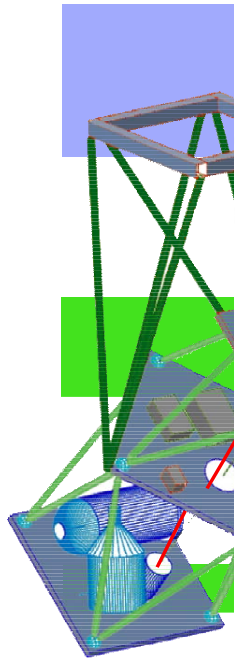
- Contraintes observées lors du rassemblement de la nacelle
- Décalage de l'axe lentille entre nacelle verticale (mise en place du détecteur) et nacelle en pointage Crabe

debriefing CLAIRE, 4 juillet 2003, CESR



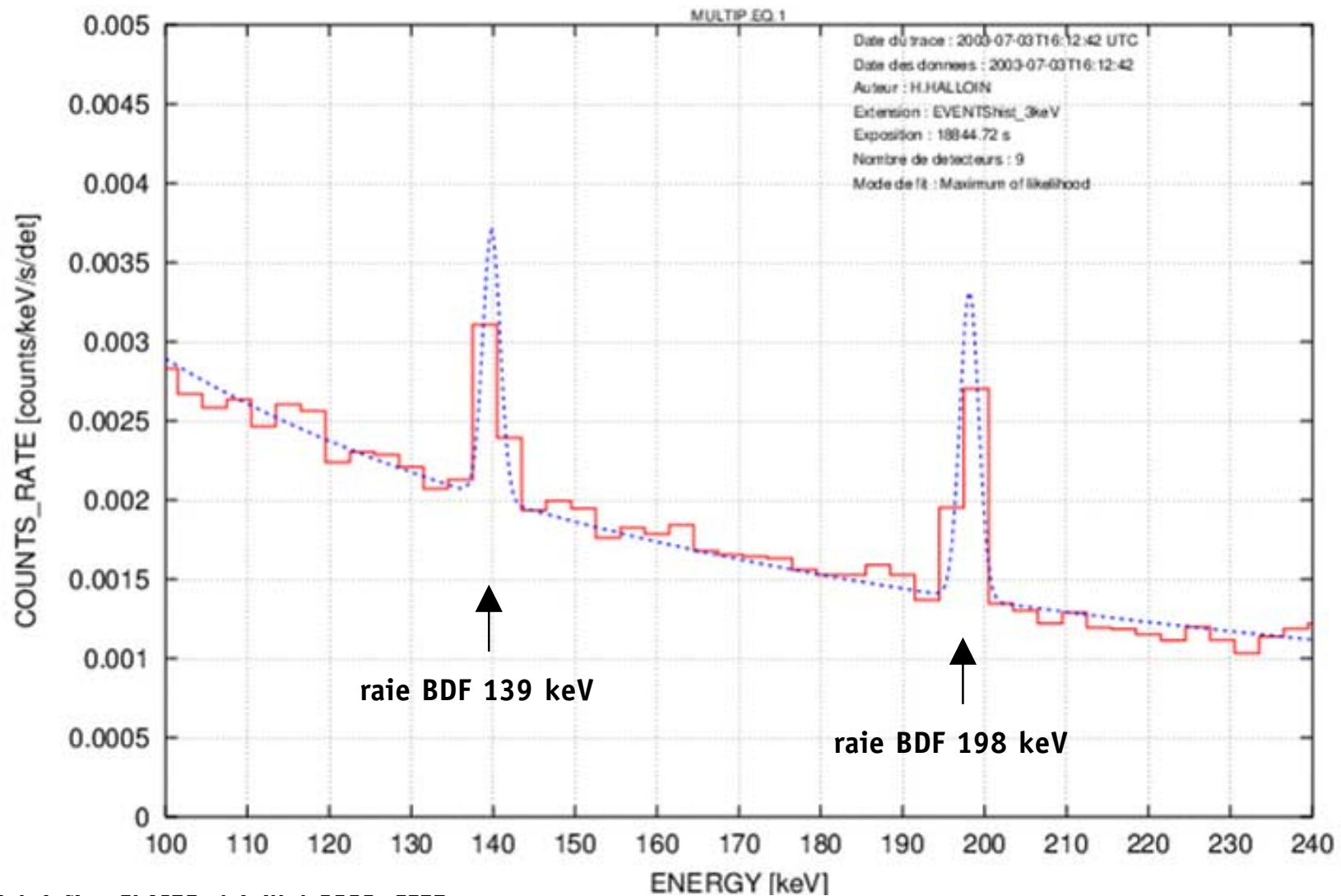
# CLAIRE 2001 : vol simulé (Monte-Carlo)

 Nébuleuse du Crabe (Pelling et al. 1987)

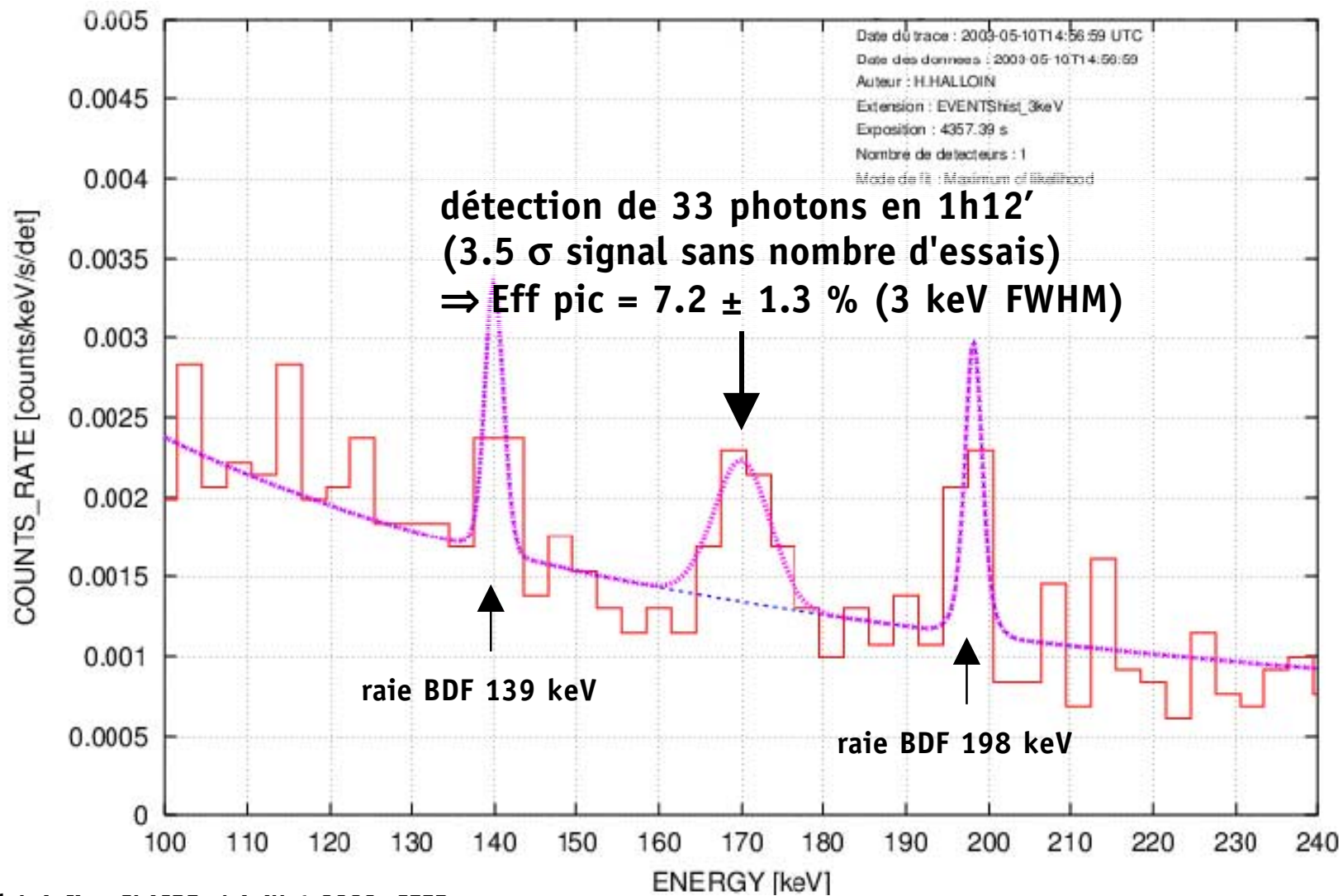


Résolutions énergétiques

# CLAIRE 2001 : Bruit de fond évènements simples



# CLAIRE 2001 : détection du Crabe (I)

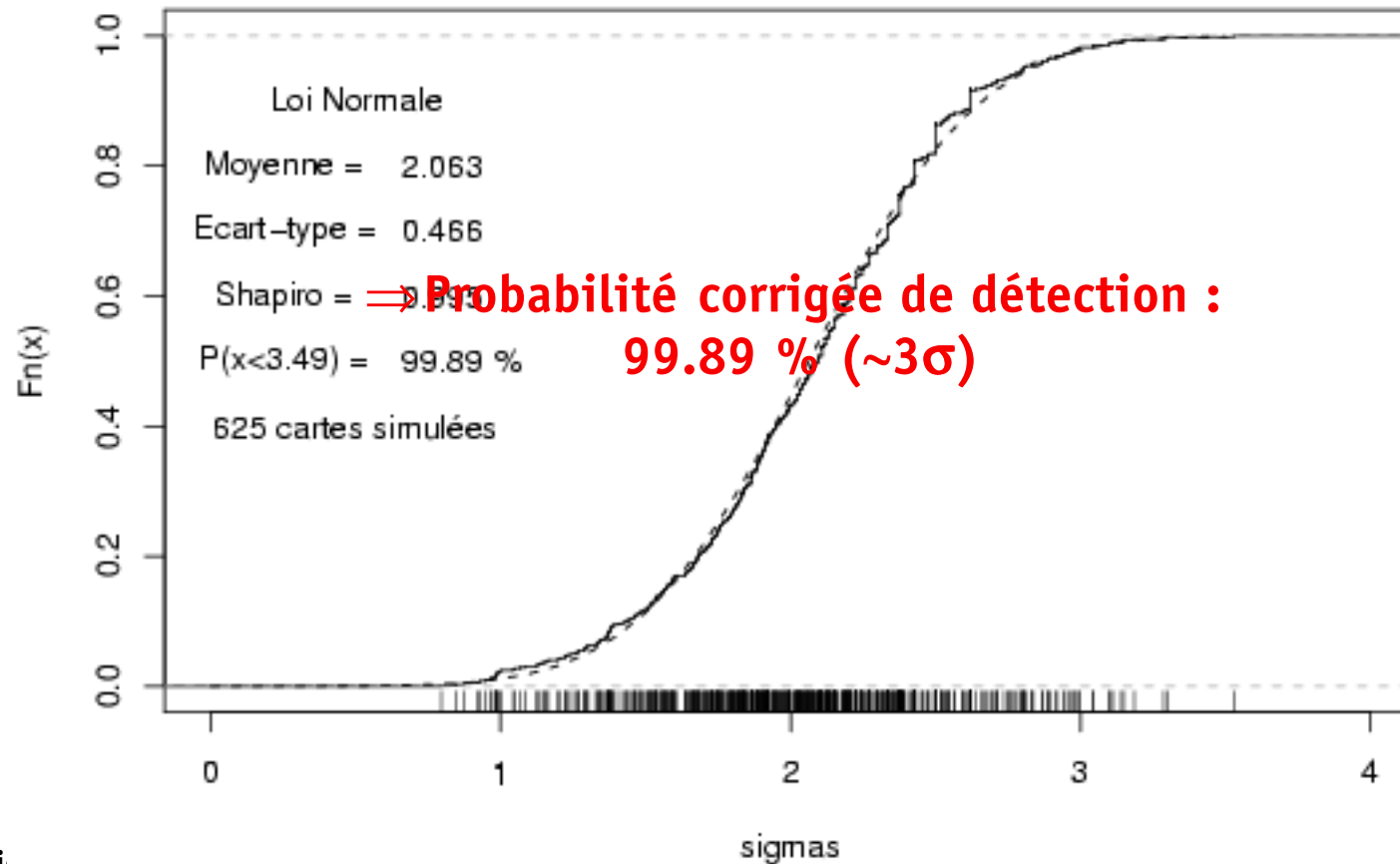




# CLAIRE 2001 : détection du Crabe (II)

Prise en compte du nombre d'essais : probabilité empirique (simulations) de fausse détection à partir d'un bruit de fond synthétique dans une carte de recherche.

Fonctions de partitlon emplrque et ajustée



# CLAIRE - premières lumières

---

<b>L'objectif</b>	<b>PvB</b>
<b>CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Calculs astronomiques</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Analyse des données CLAIRE 2001</b>	<b>Hubert Halloin</b>
<b>CLAIRE TGD</b>	<b>PvB</b>
<b>Les perspectives</b>	<b>PvB</b>

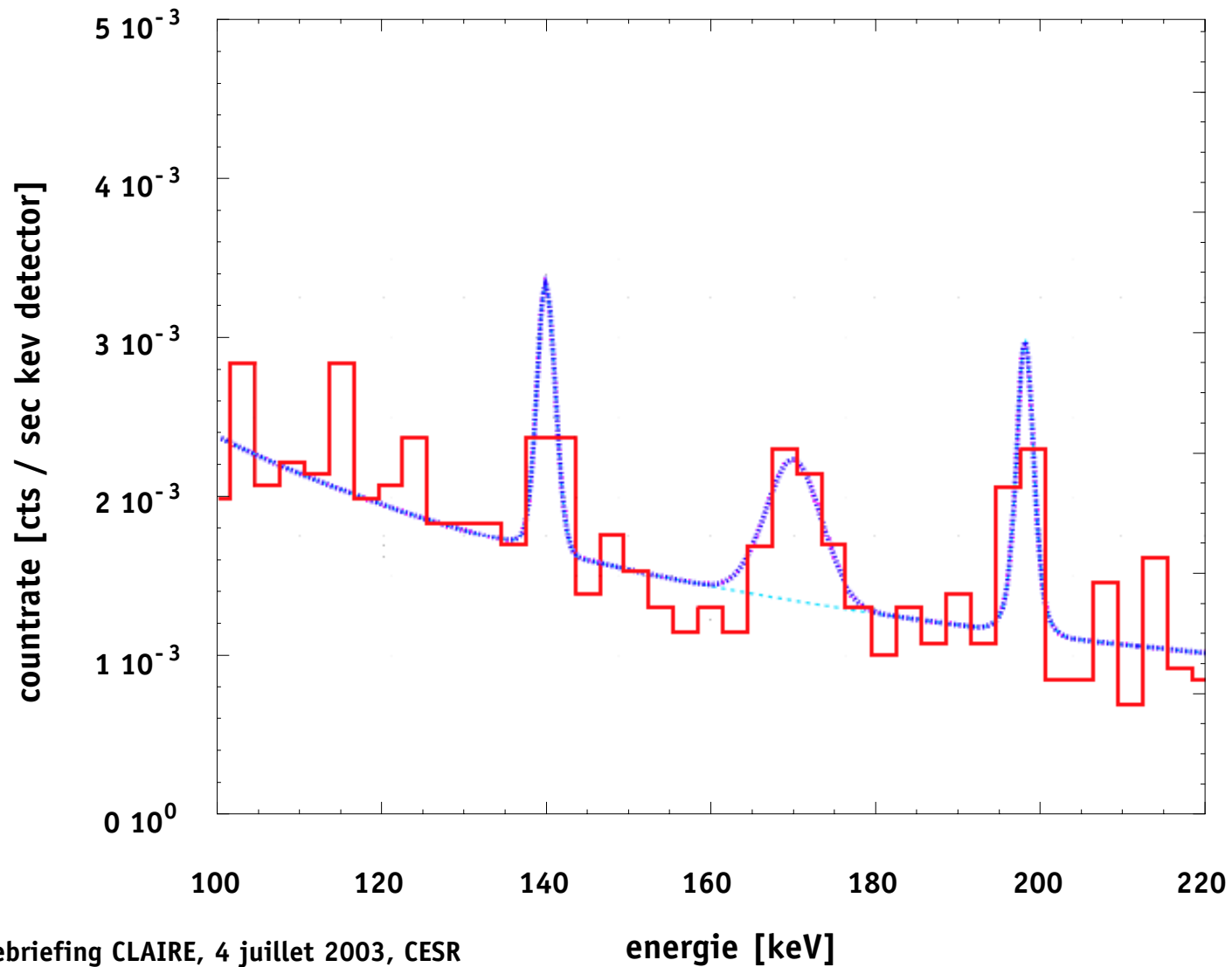
# CLAIRE TGD (Test Grande Distance)

---

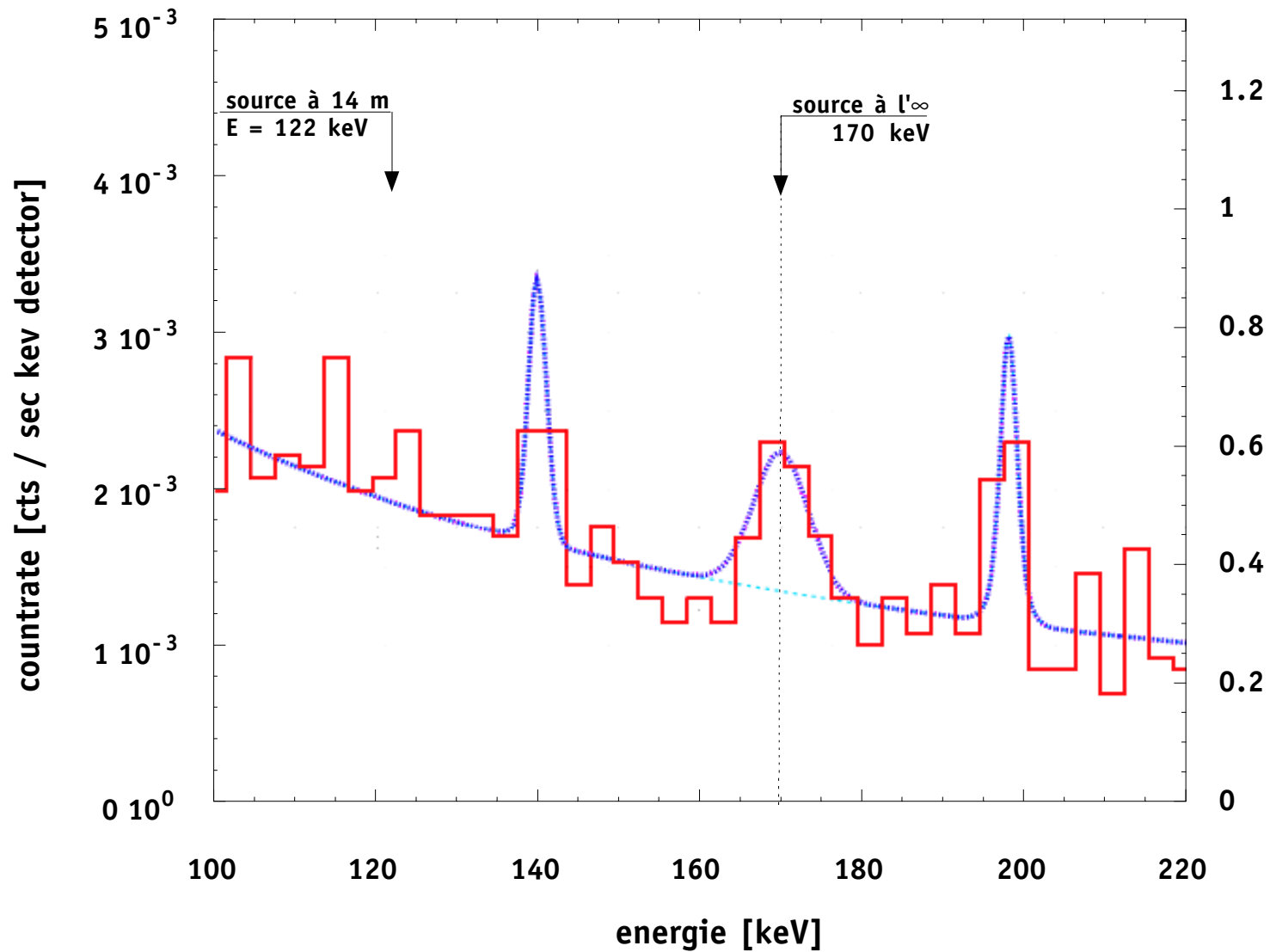
## objectif :

- validation du principe de la lentille -  $E_{\text{diff}}$ (distance)
- évaluation de la qualité du regalge proche de  $E_{\infty}$  (170 keV)
- vérification de l'axe optique (pixel invariant) au quasi-infini
- évaluation des effets du dépointage
- mesure de l'efficacité sans effet de parallaxe

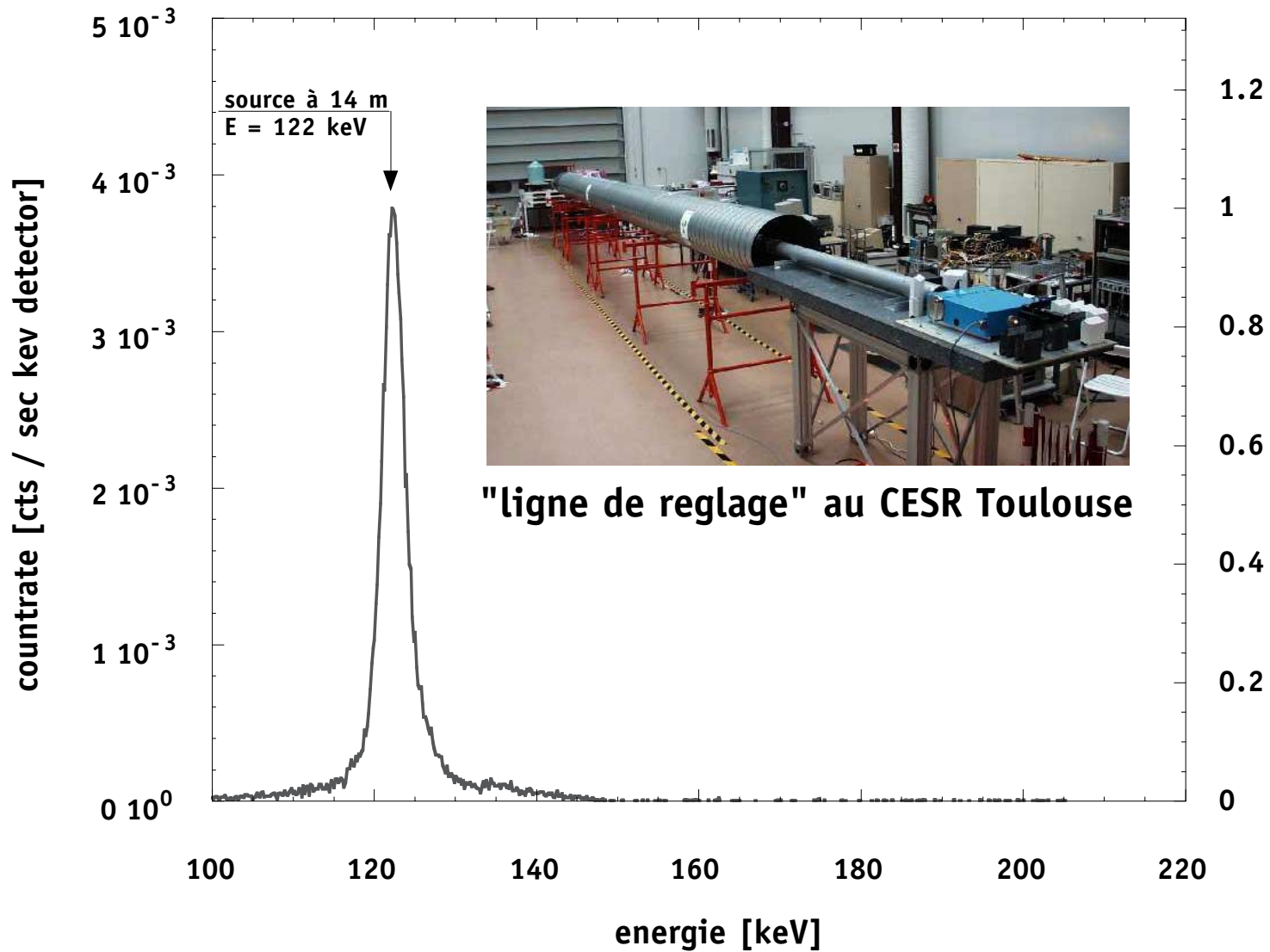
## CLAIRE TGD : les trente-trois photons du Crabe ... peut-on les croire ?



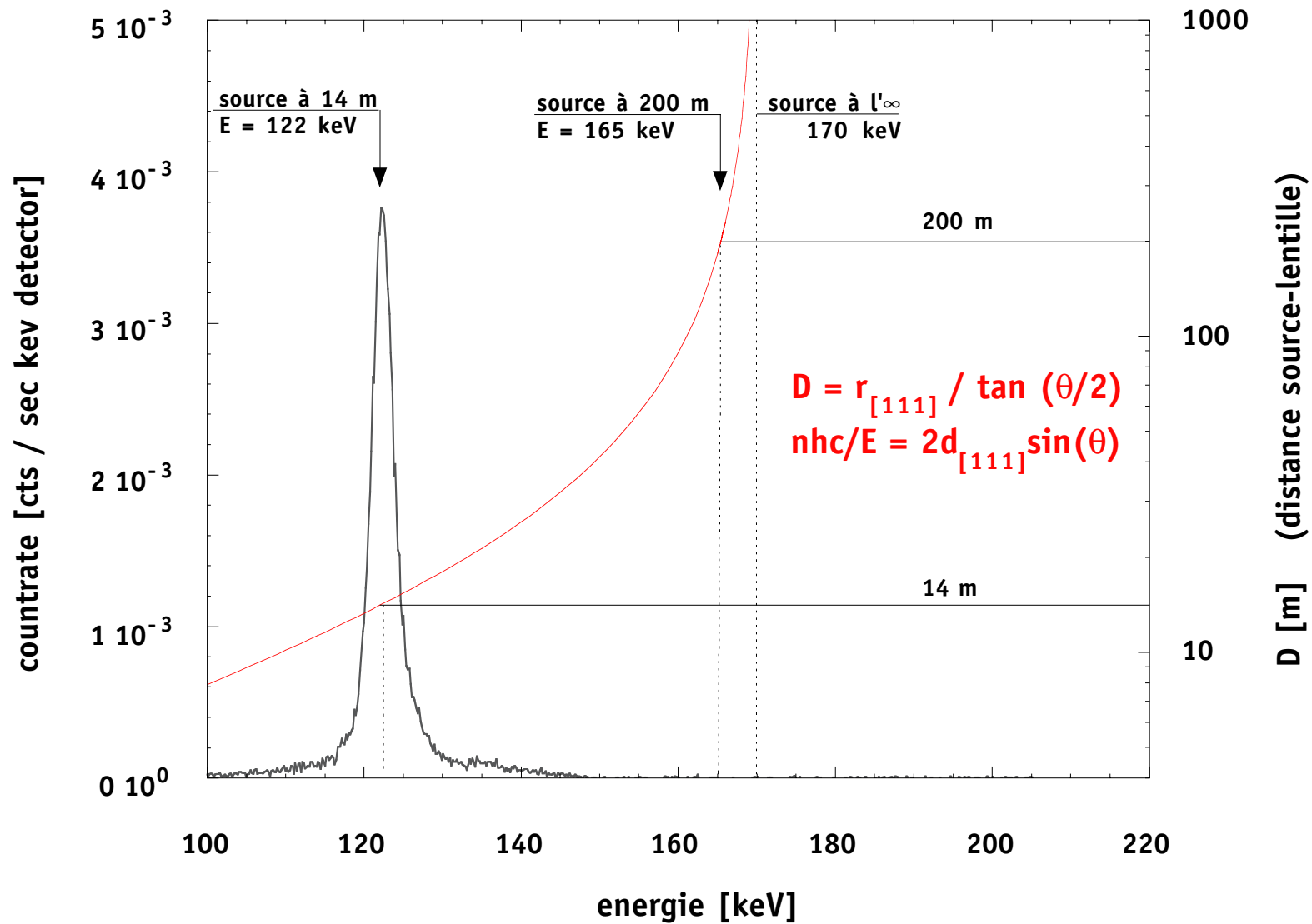
# CLAIRE TGD : les trente-trois photons du Crabe ... peut-on les croire ?



# CLAIRE TGD : réglée et pointée au laboratoire, la lentille marche à 14m



# CLAIRE TGD : mais est-ce qu'elle marche proche de l'asymptote ?



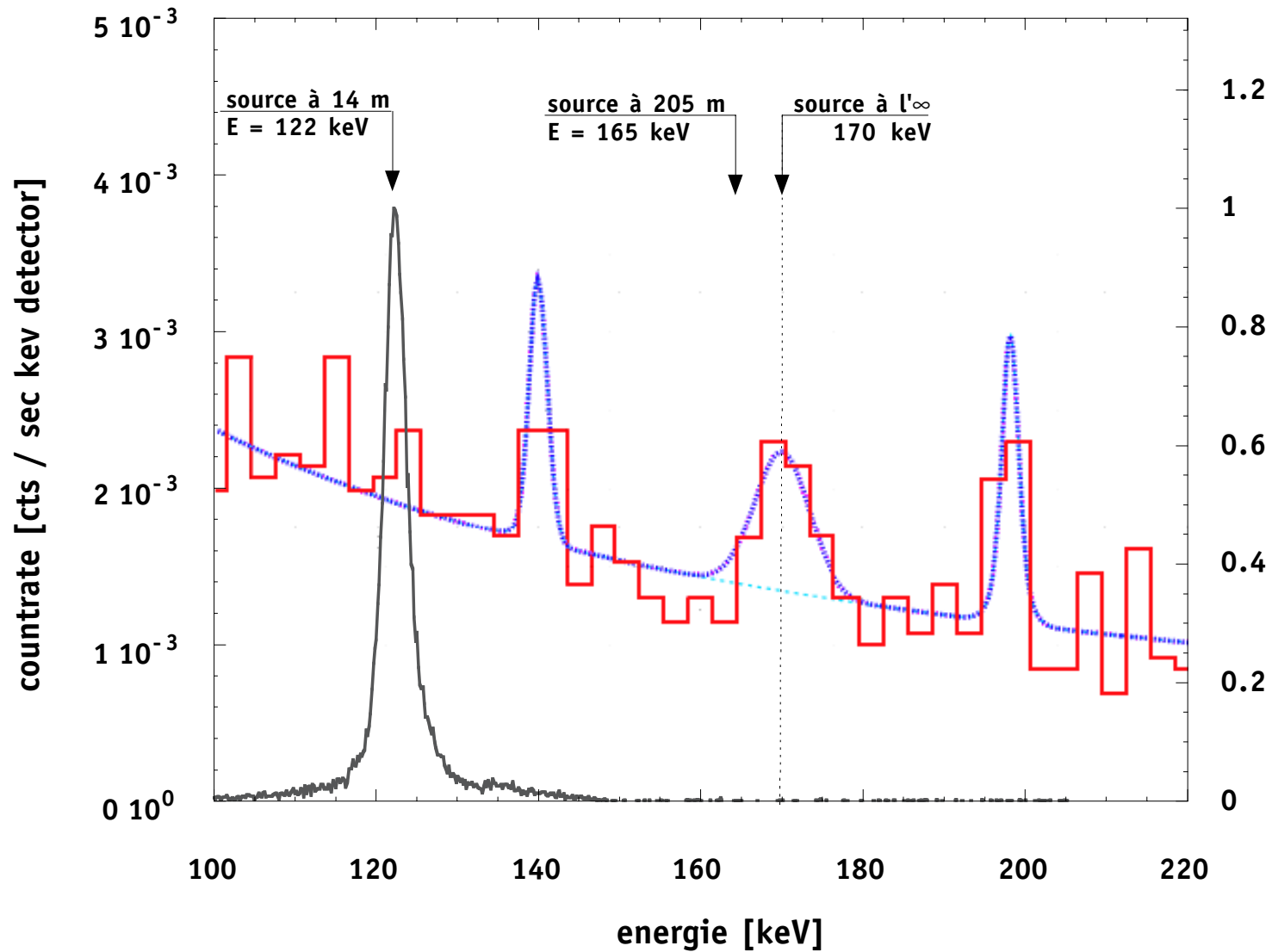
## CLAIRE TGD : ... est ce que ça va marcher à 205 m ?

---

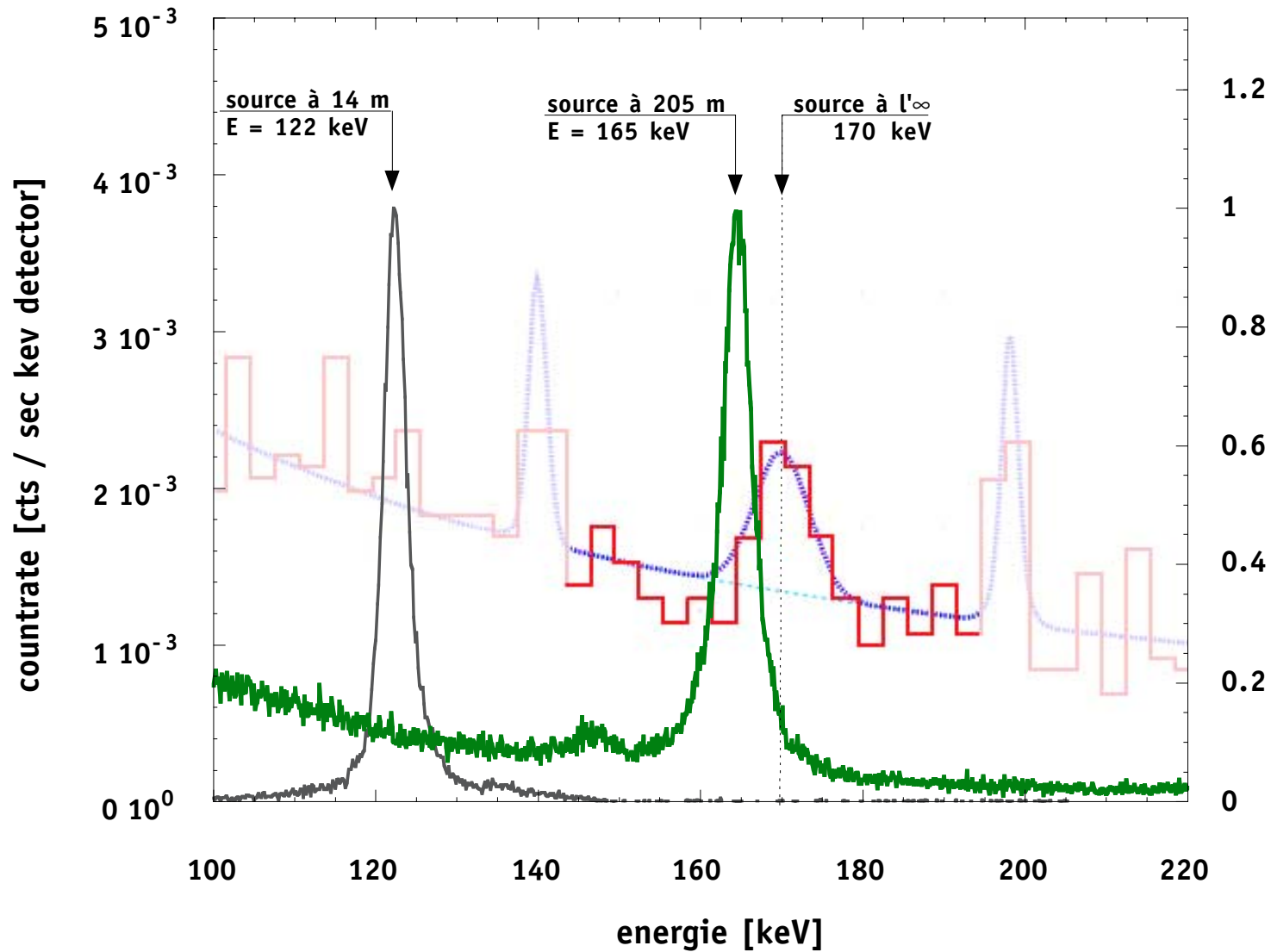




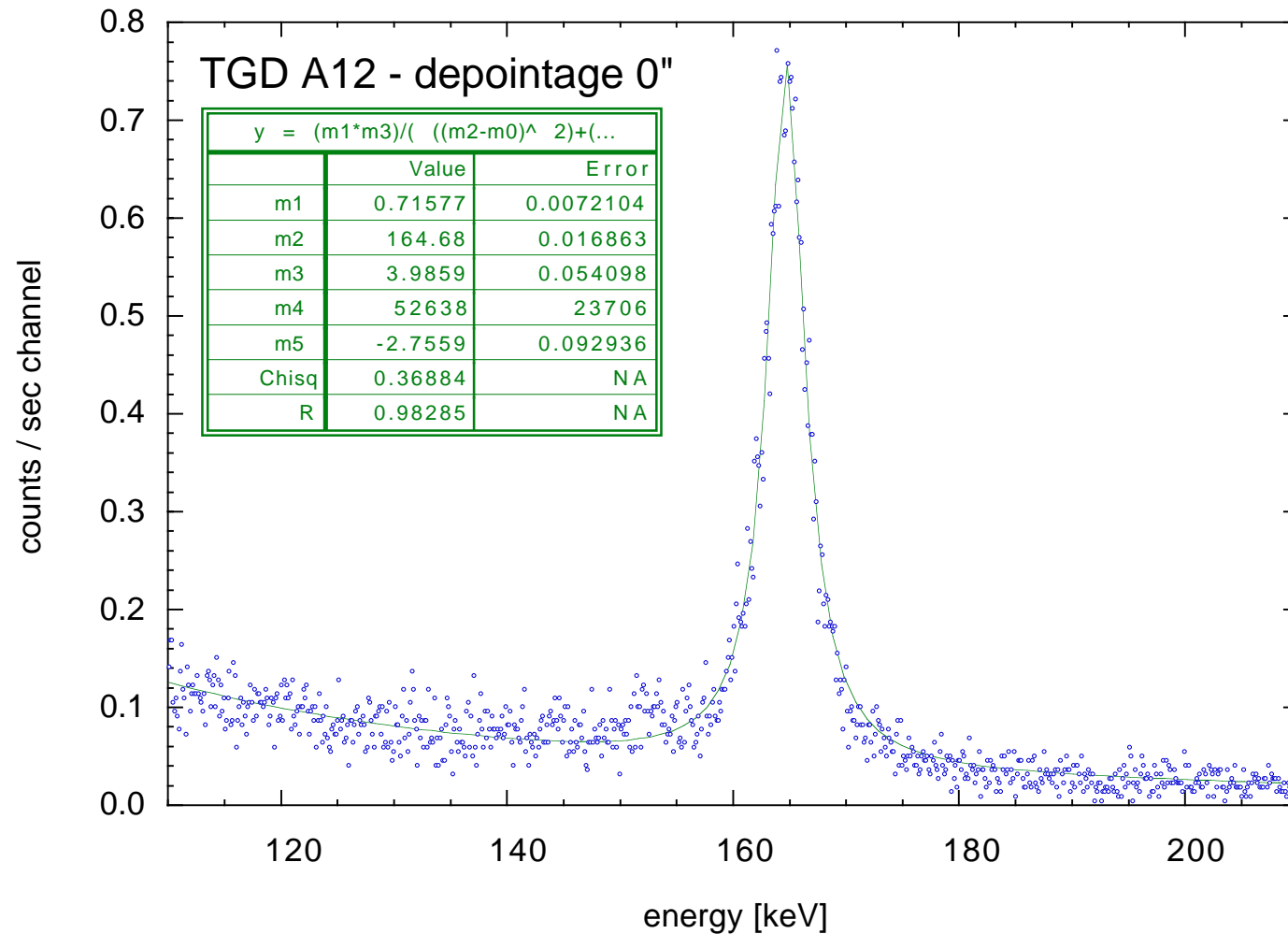
# CLAIRE TGD : ... est ce que ça va marcher à 205 m ?



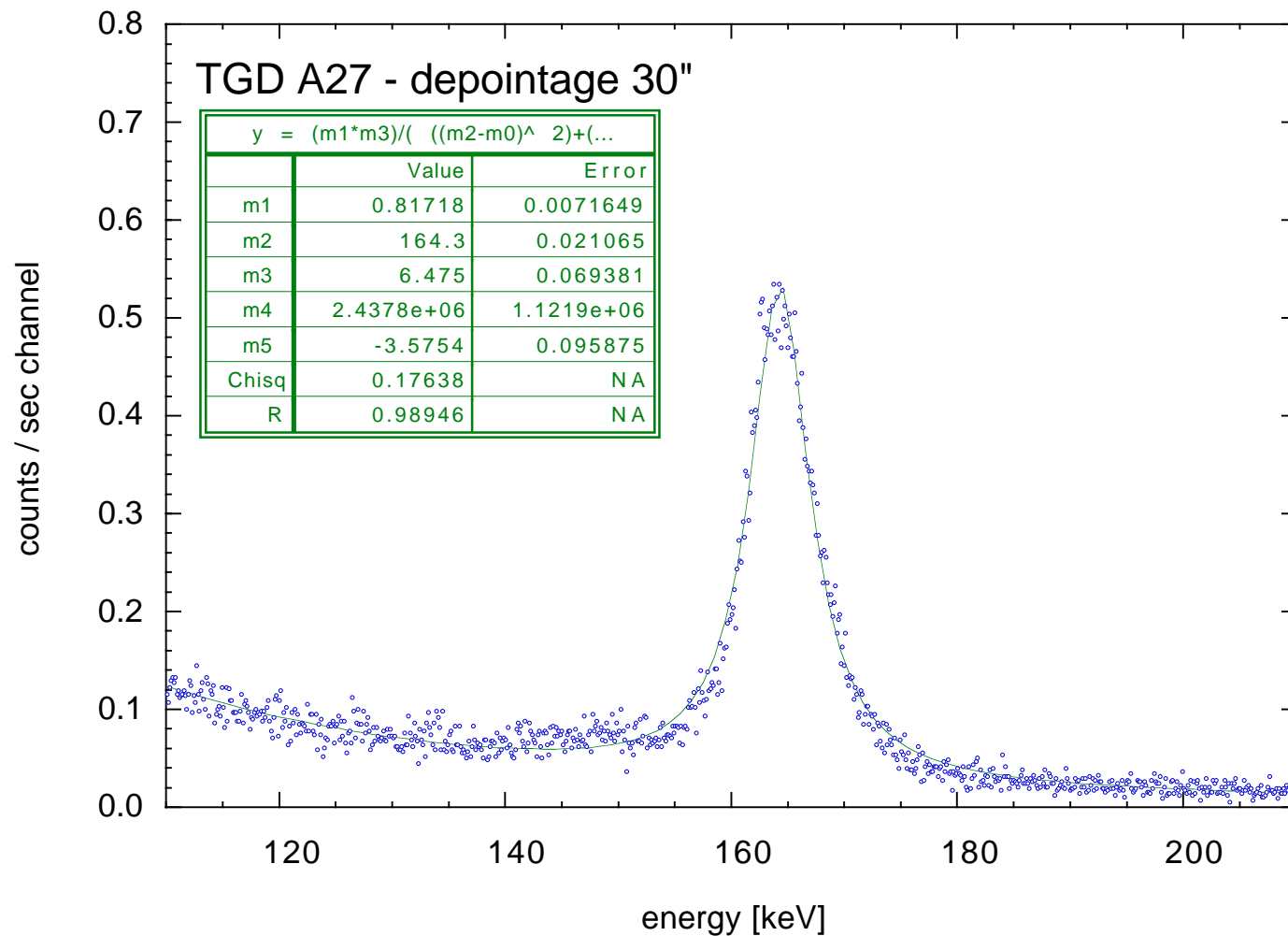
# CLAIRE TGD : ok pour 14 m, ok pour 205m ... quasiment à l'infini !



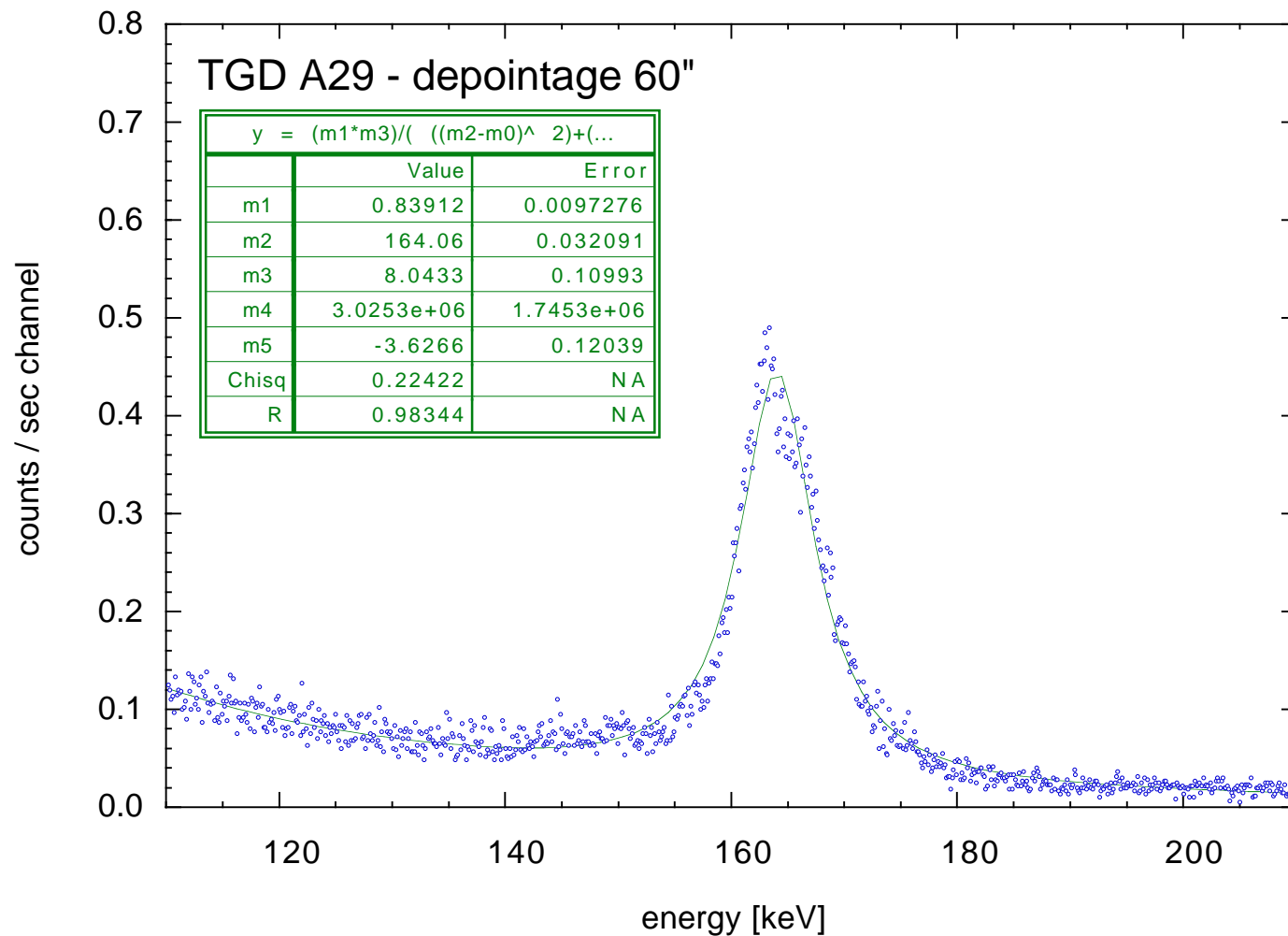
# CLAIRE TGD - pointage à 0" de la source



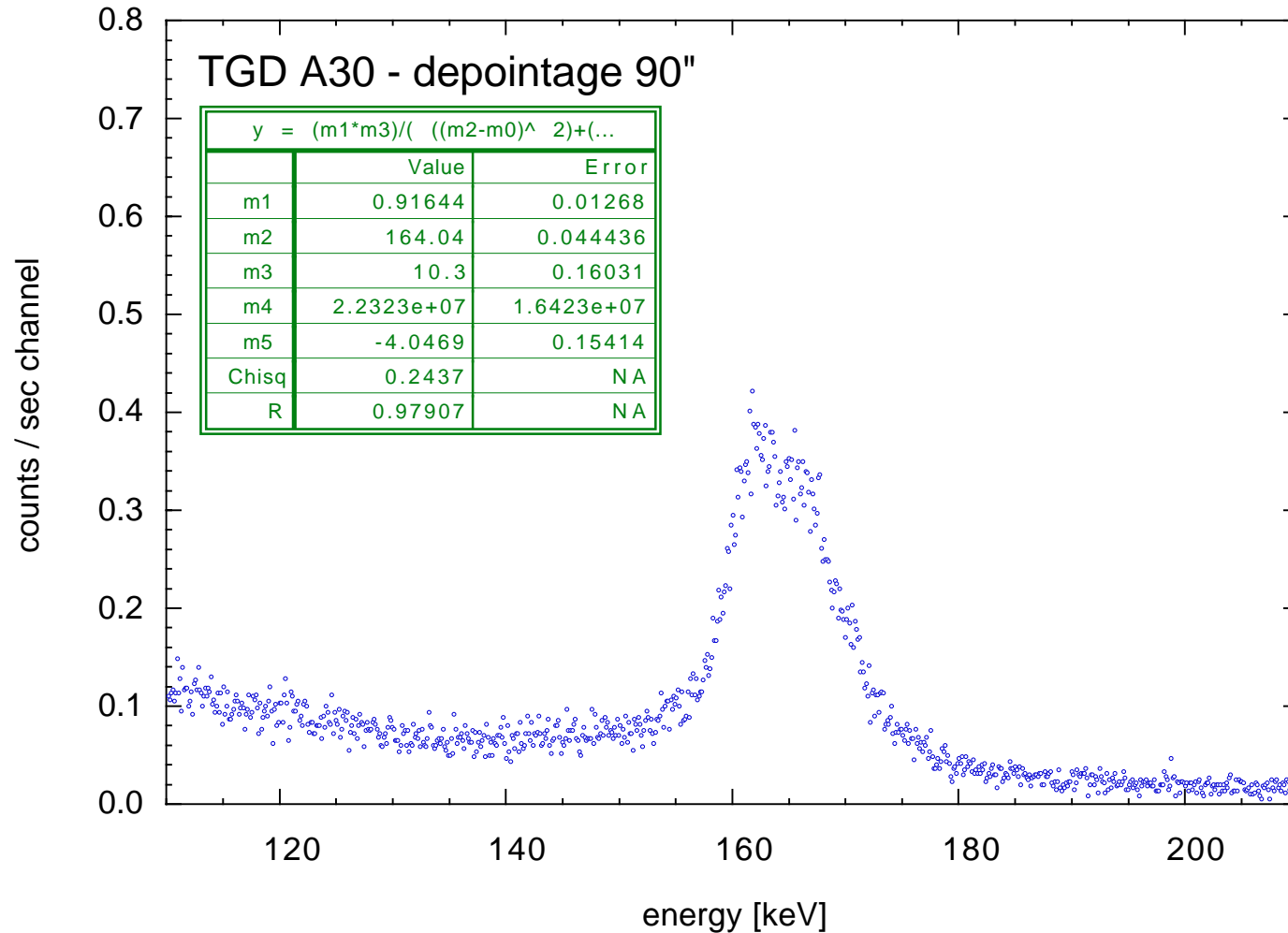
# CLAIRE TGD - pointage à 30" de la source



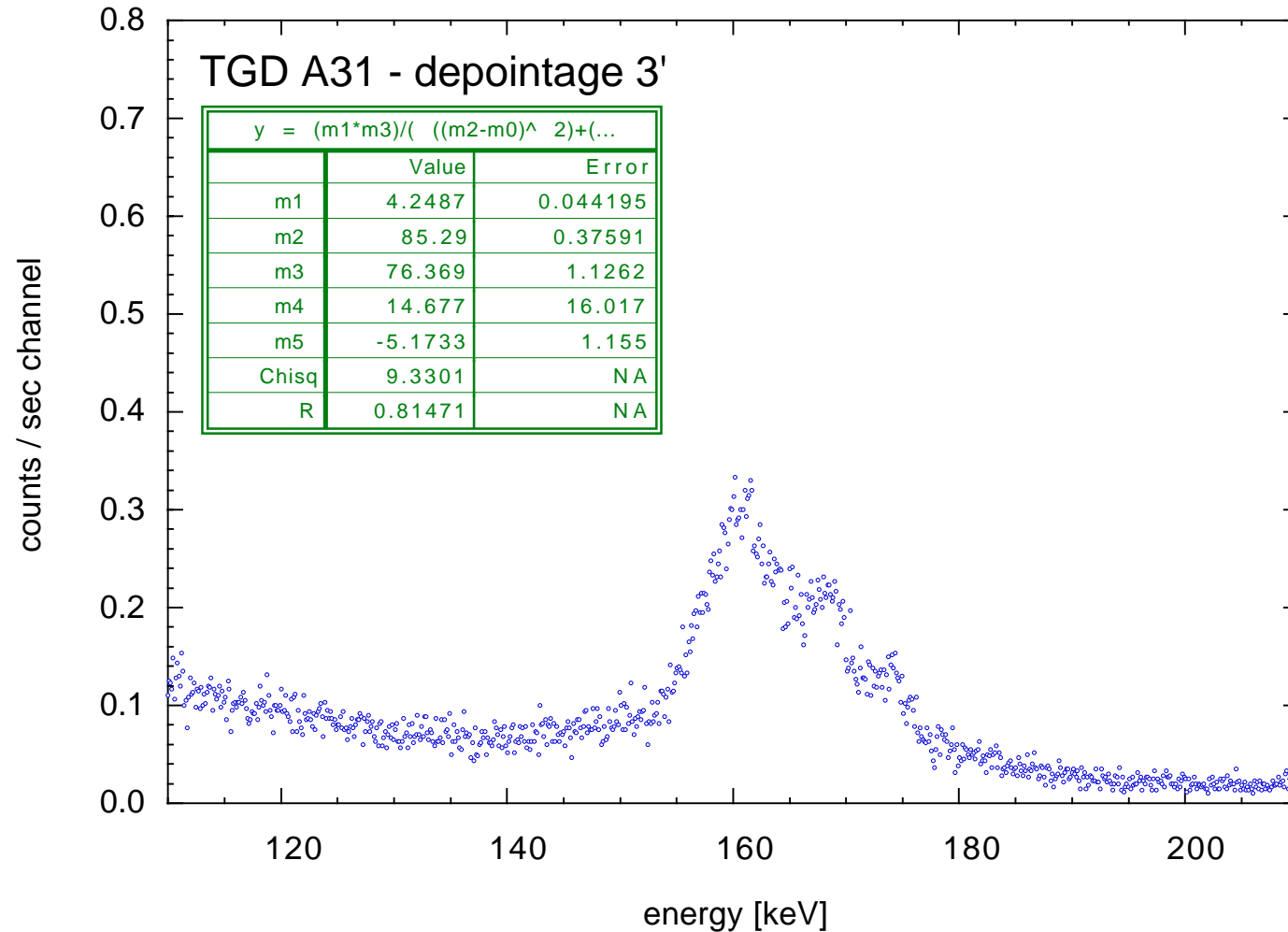
# CLAIRE TGD - pointage à 60" de la source



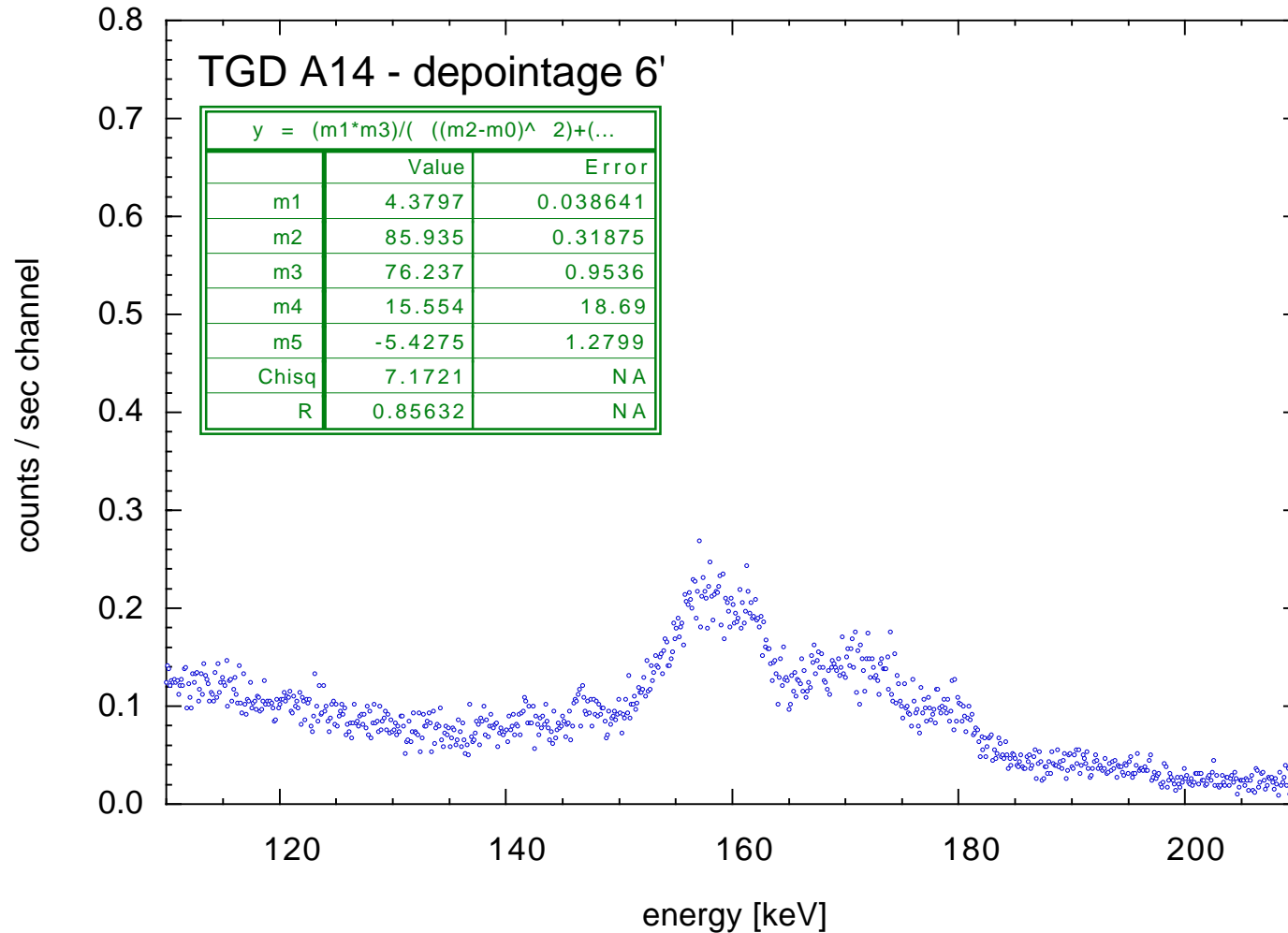
# CLAIRE TGD - pointage à 90" de la source



# CLAIRE TGD - pointage à 3' de la source

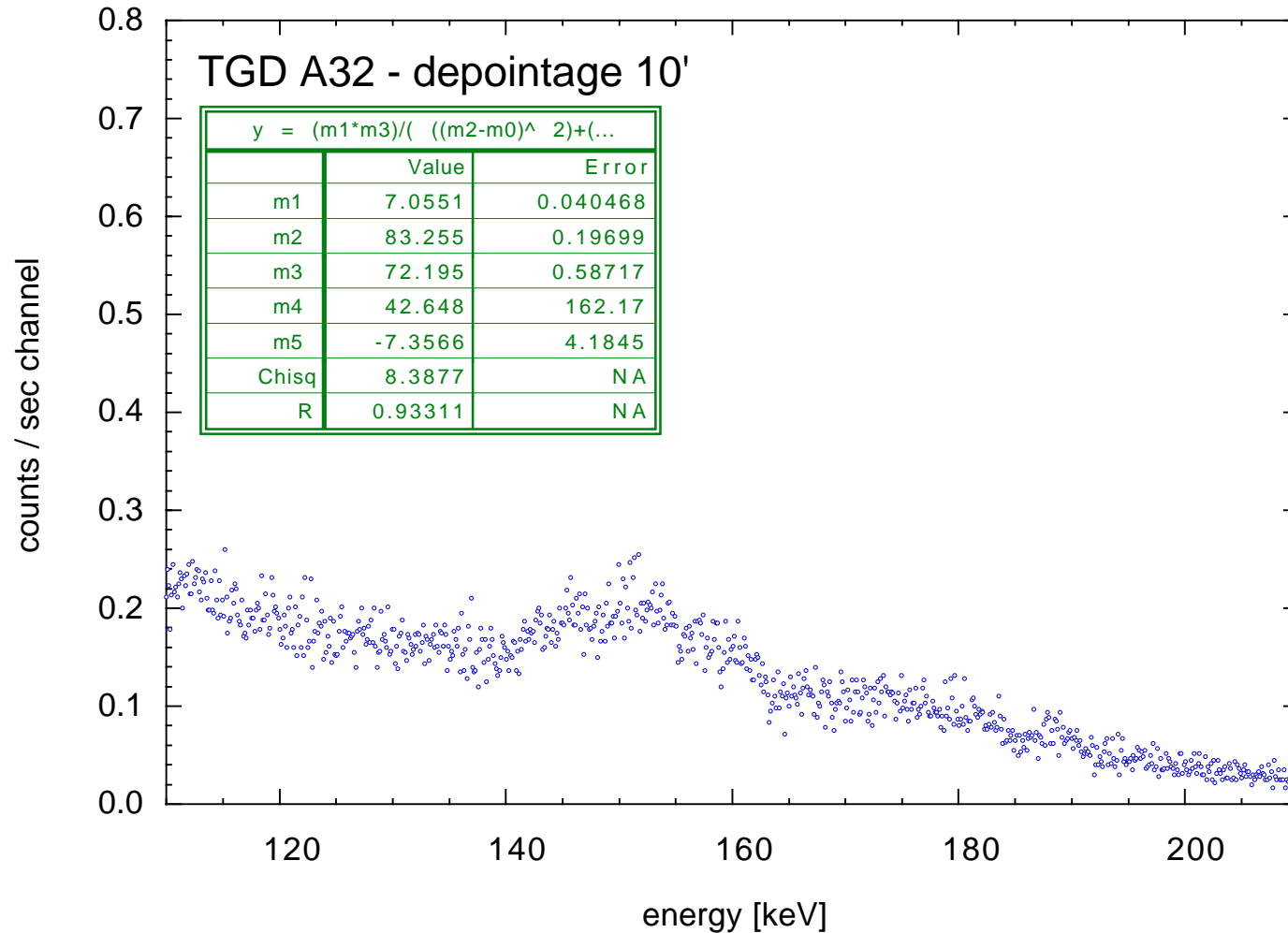


# CLAIRE TGD - pointage à 6' de la source





# CLAIRE TGD - pointage à 10' de la source

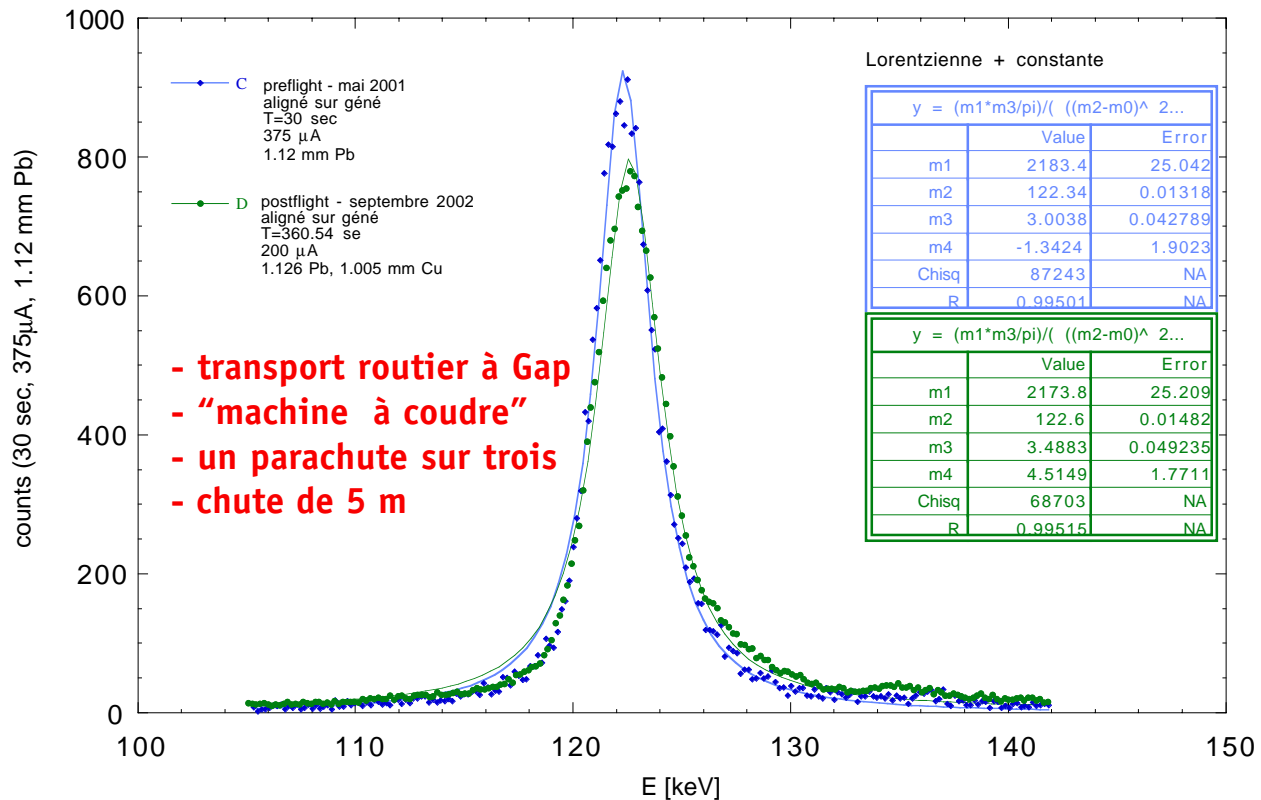


## CLAIRE - fragilité du réglage

---

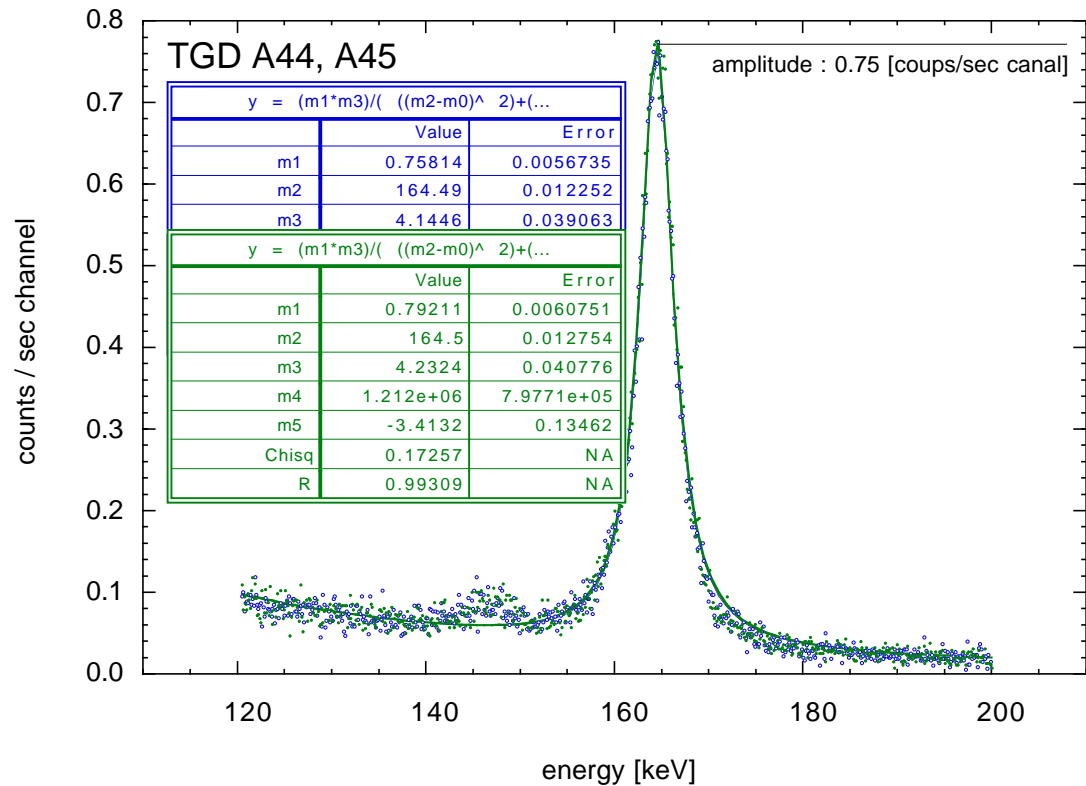


# CLAIRE - fragilité du réglage



centroïde (fit)	10 May 2001	27 July 2002	
	122.36 [keV]	122.62 [keV]	
largueur FWHM (fit)	4.9 [keV]	5.6 [keV]	
integral (peak±FWHM)	16227 coups	15872 coups	=> "perte" de 2 %

# CLAIRE TGD : efficacité de diffraction



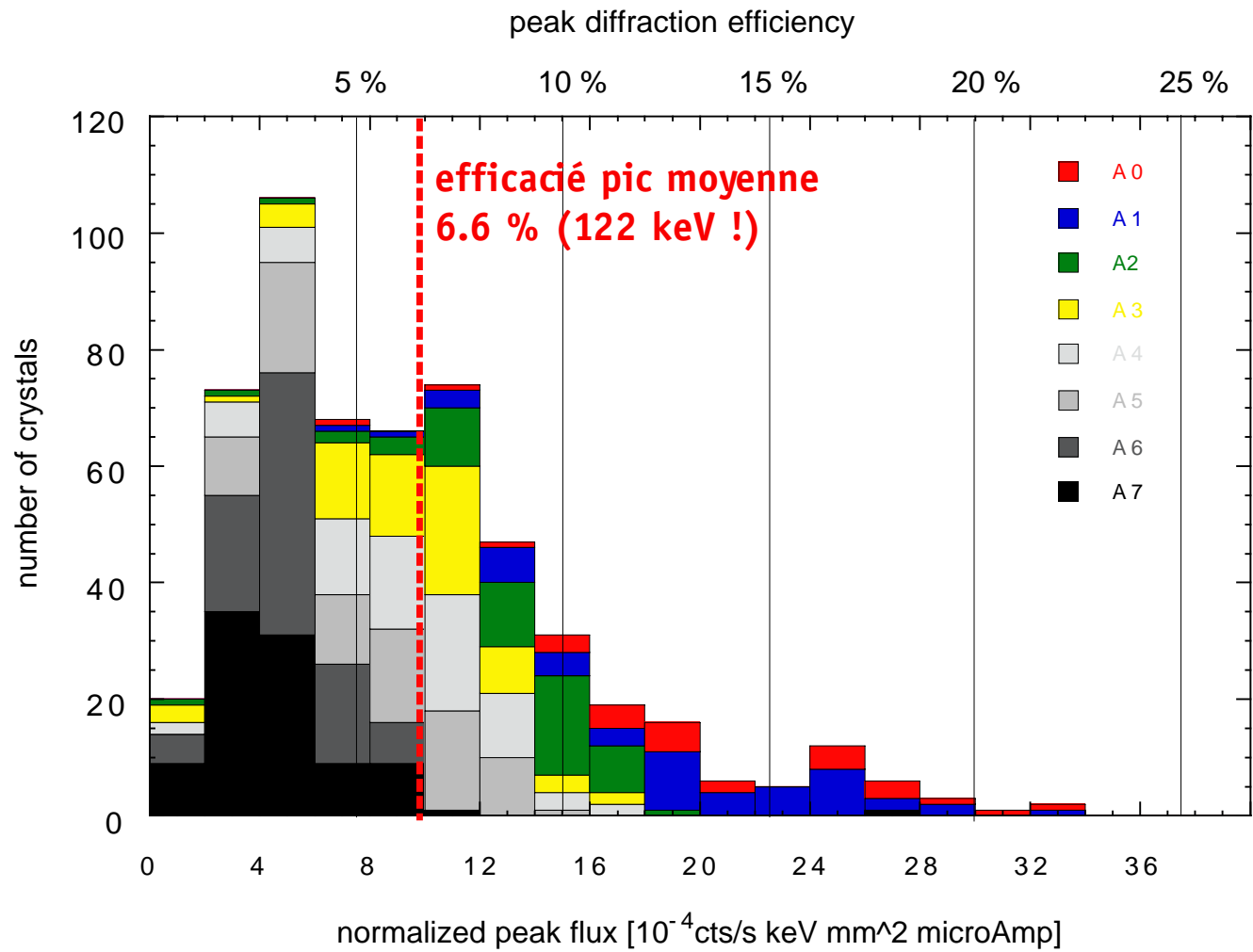
sur les 511 cm<sup>2</sup> de CLAIRE : 77.1 c/s keV

dans la tache focale : 5.8 c/s keV

=> surface efficace ≈ 38 cm<sup>2</sup>

=> efficacité pic ≈ 7.5 %

# CLAIRE réglage 2003 - distribution des efficacités

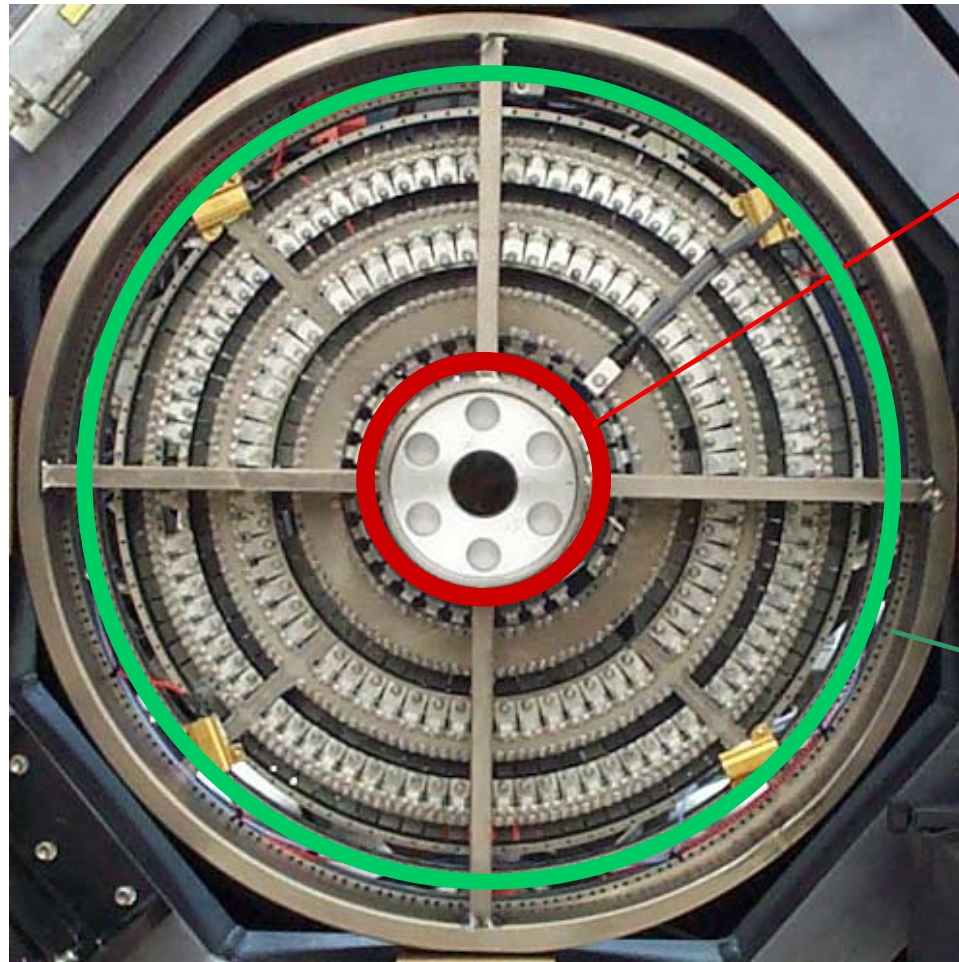


# CLAIRE - premières lumières

---

<b>L'objectif</b>	<b>PvB</b>
<b>CLAIRE 2001 - Compte rendu BA / NA</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Calculs astronomiques</b>	<b>BA/NA</b>
<b>Analyse des données CLAIRE 2001</b>	<b>Hubert Halloin</b>
<b>CLAIRE TGD</b>	<b>PvB</b>
<b>Les perspectives</b>	<b>PvB</b>

## de CLAIRE à MAX

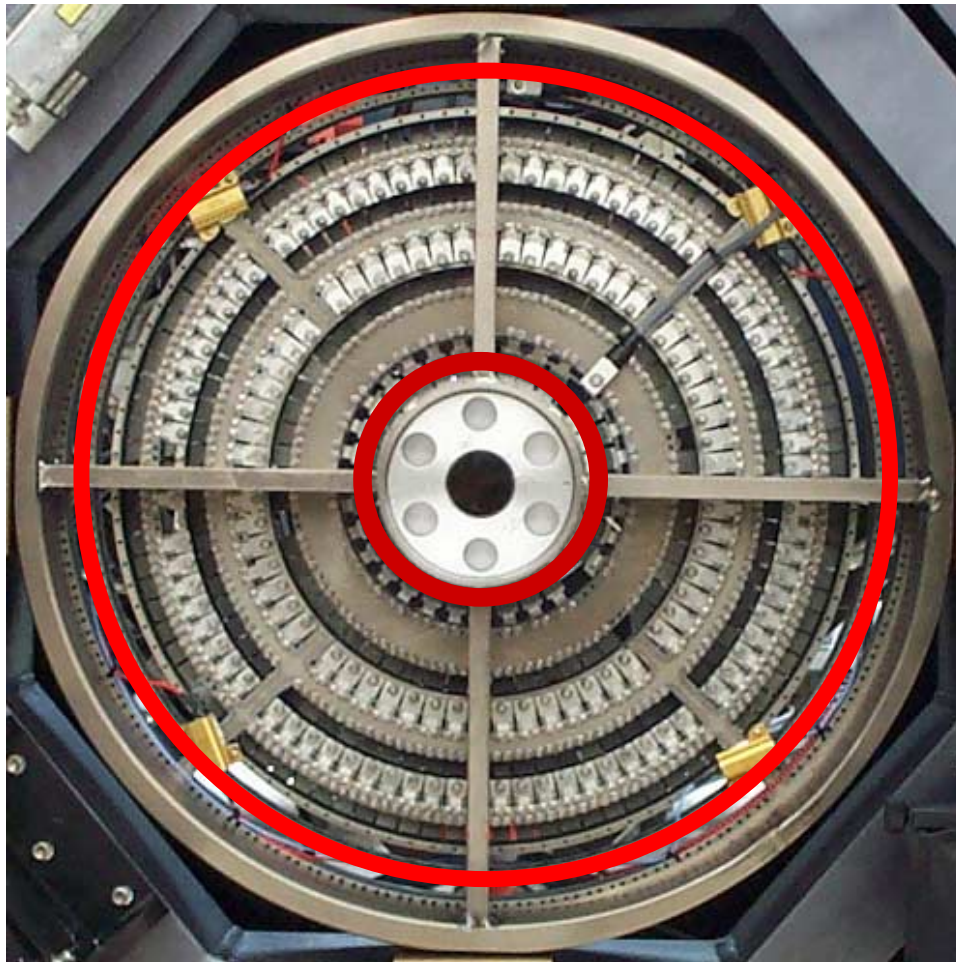


anneau [111]  
 $\epsilon_{\text{diff}} \leq 25 \%$

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

## de CLAIRE à MAX

---

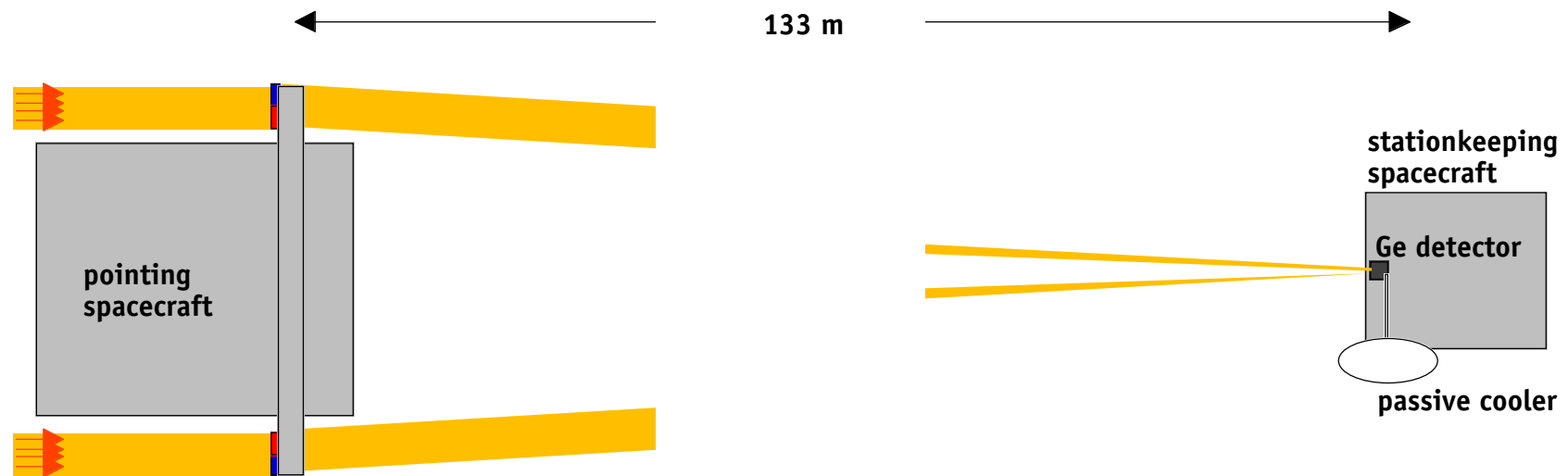


**l'utilisation  
de cristaux  
[111] seuls  
demande une  
*longueur  
focale  
importante***



# MAX le "Moriond" design

vol en formation d'un satellite lentille et d'un satellite detecteur



**Lentille Laue :** diamètre intérieur 176 cm  
diamètre extérieur 222 cm

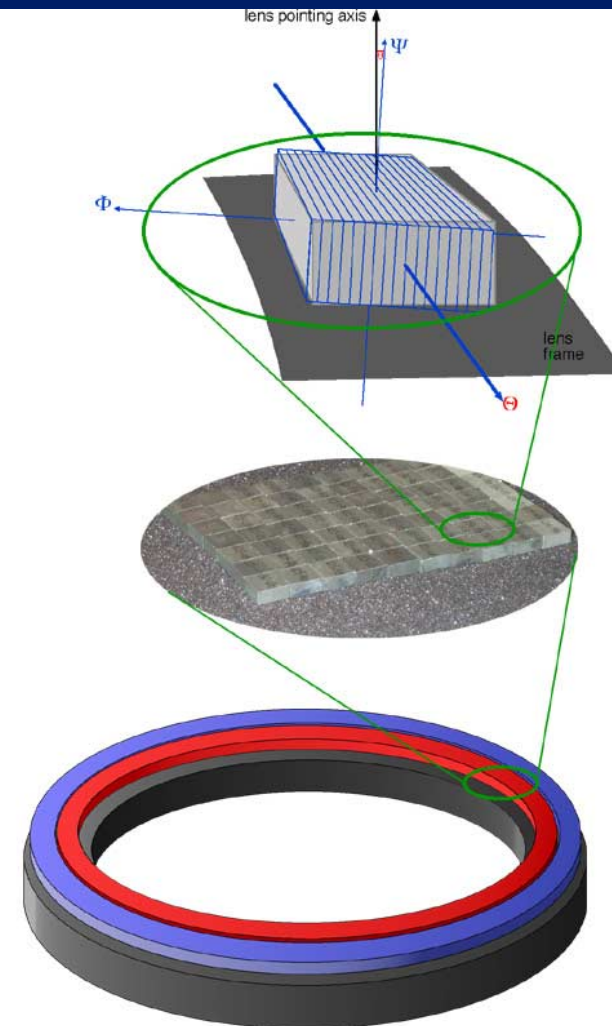
**MAX**

## - lentille Laue à bande passante large

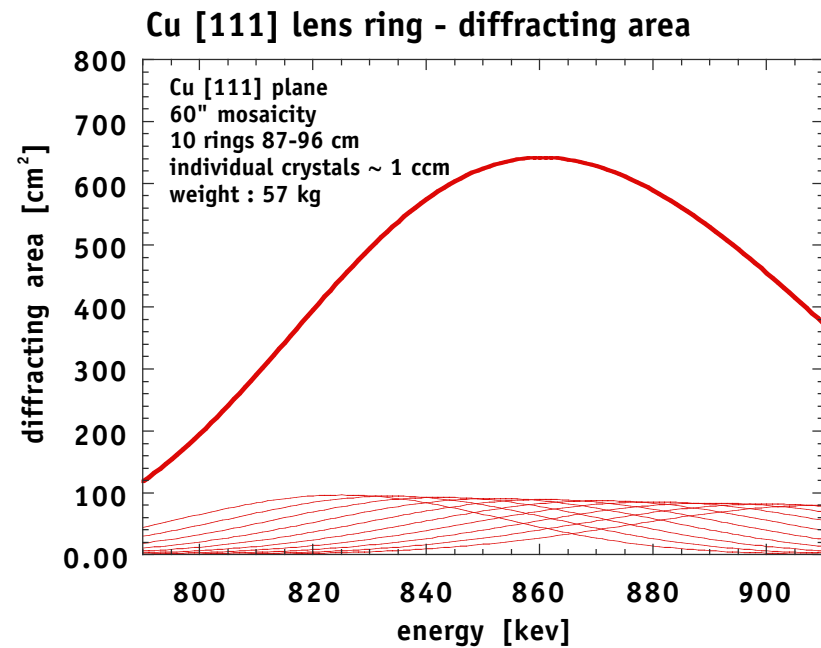
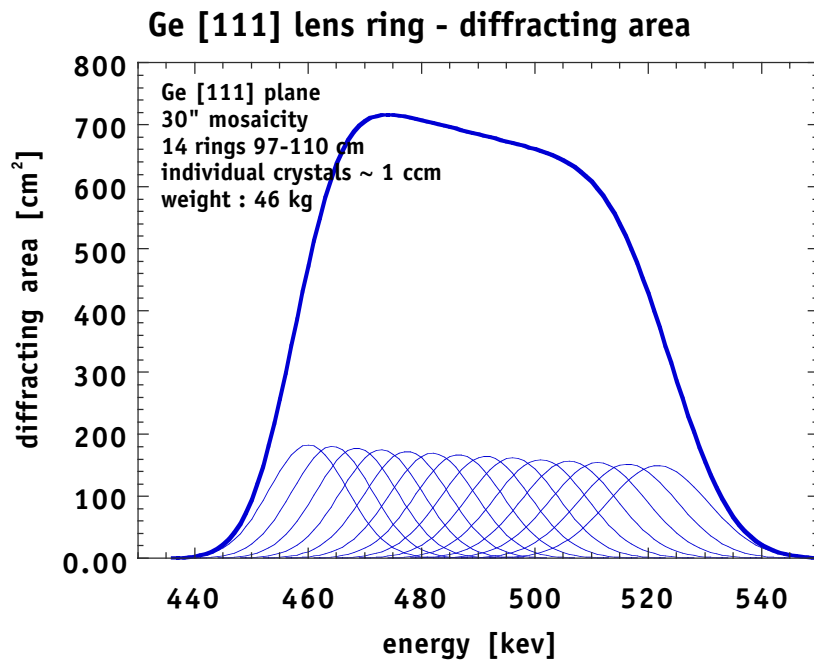
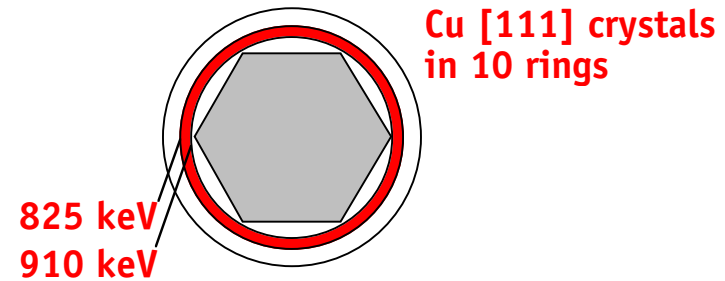
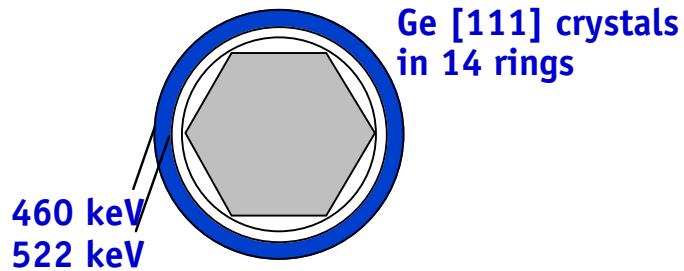
cristaux - Cu (847 keV)  
Ge (511 keV)

cristaux denses

seulement ordres les plus efficaces  
anneaux extérieurs [111] Ge  
anneaux intérieurs [111] Cu



# MAX - surface efficace



# MAX - sensibilité $3\sigma$

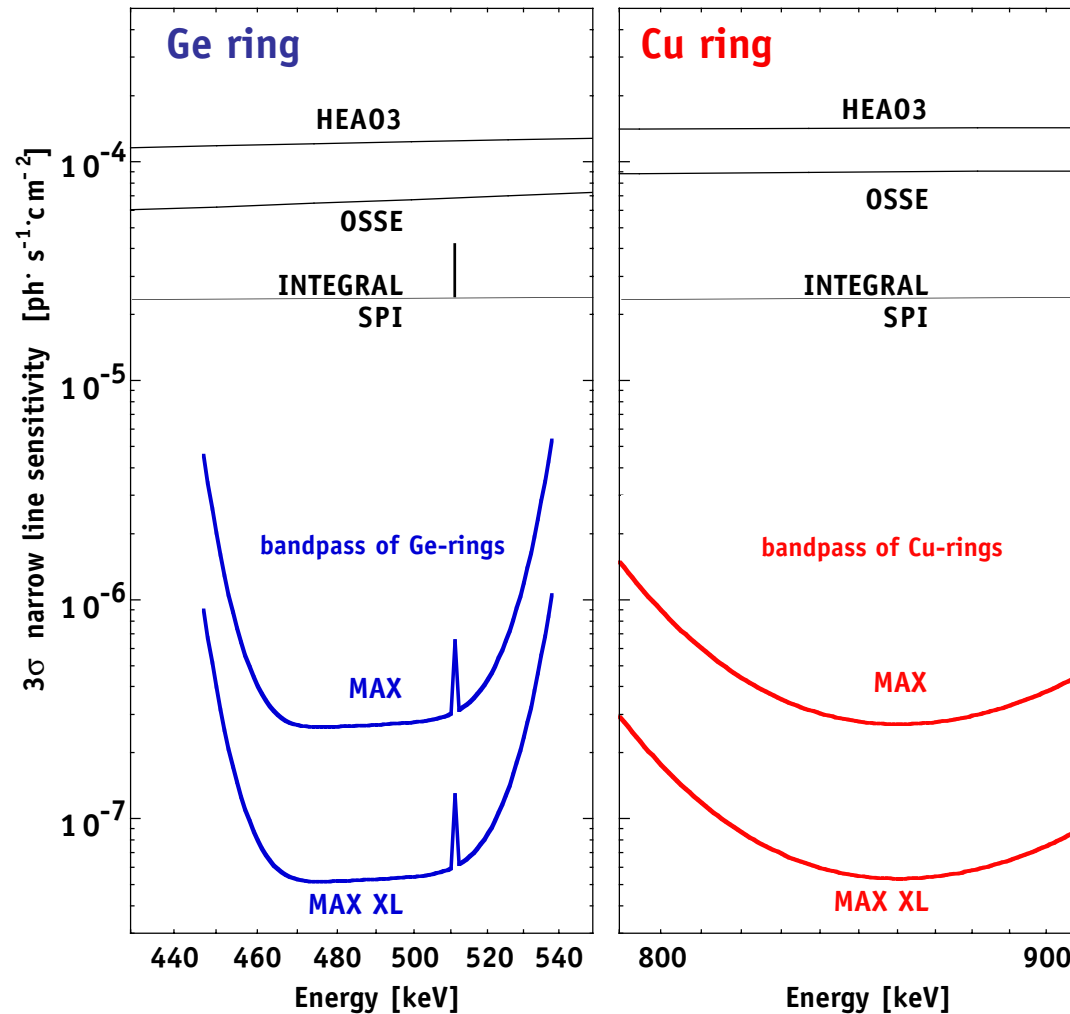
deux bandes largues  
de 100 keV qui  
diffractent  
simultanément

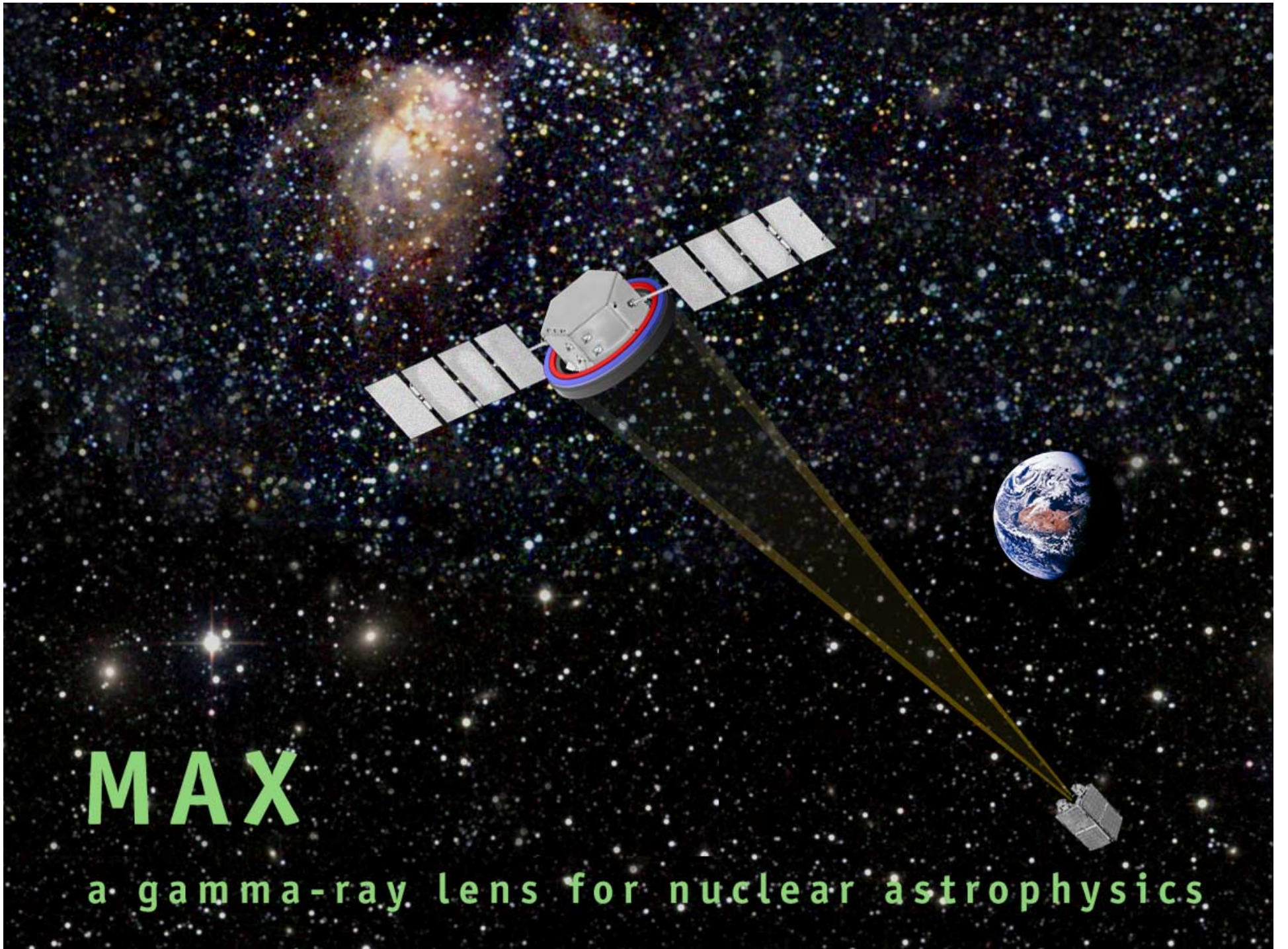
## MAX

rayon intérieur 86 cm  
rayon extérieur 111 cm  
longueur focale 133 m

## MAX XL

rayon intérieur 193 cm  
rayon extérieur 250 cm  
longueur focale 300 m





# MAX

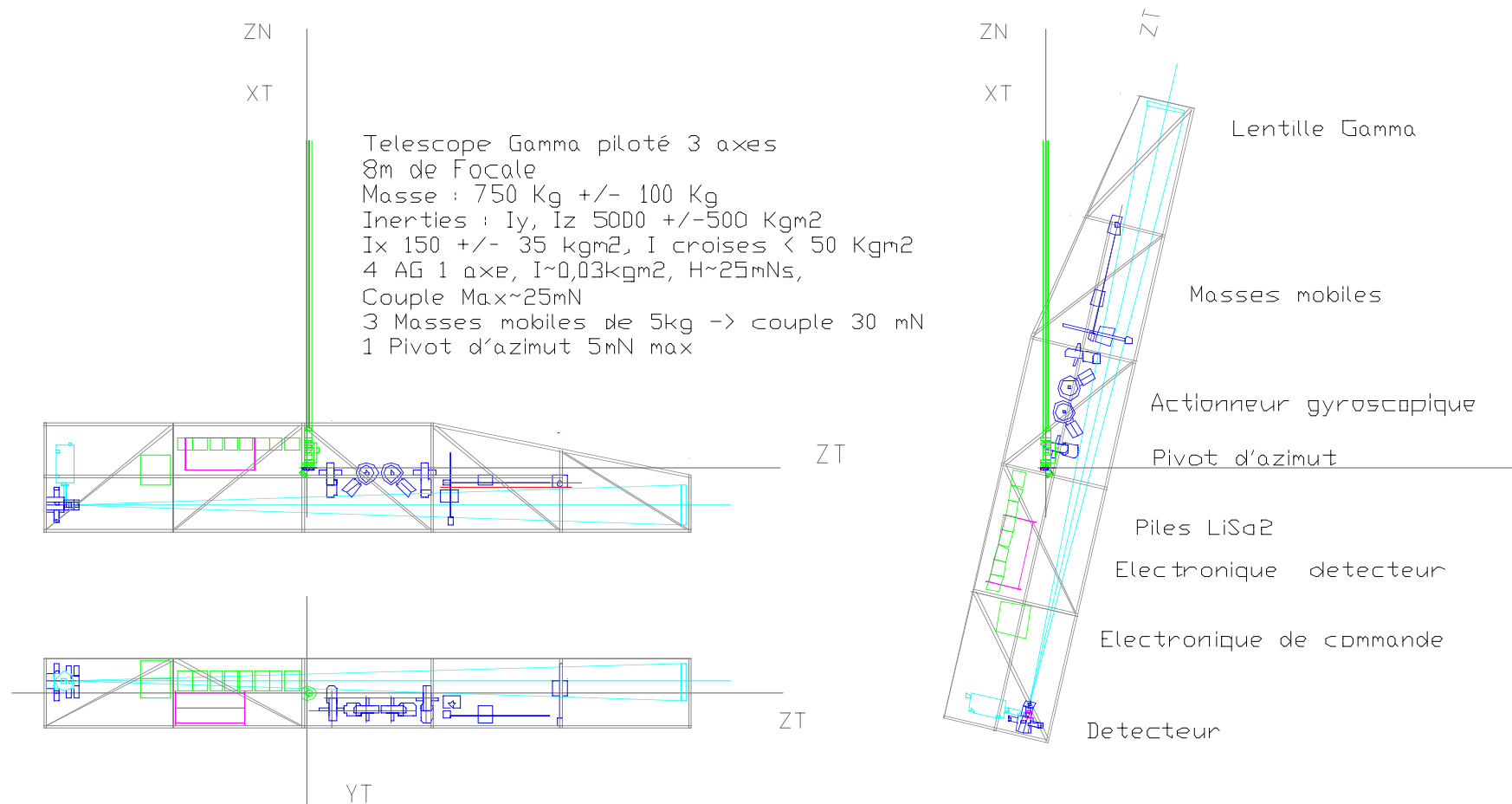
a gamma-ray lens for nuclear astrophysics

## de CLAIRE à **MAX**

---

- thèse Hubert Halloin : 22 octobre 2003, 10h30, ici même
- présentation et publication des résultats de CLAIRE, projet pour 2003
  - 2 CLAIRE 2001 (CESR)
  - 1 Cristallographie (IKZ)
  - 1 CLAIRE TGD (IEEC)
  - 3 Congrès
- possible vol ballon Transmed. ou Gap en 2004, configuration "CLAIRE 2003"
- possible vol ballon scientifique (511 keV ?) avec un telescope de 8 m

# Vol ballon scientifique - telescope de 8 m



## R&D **MAX** - vers une lentille spatiale

---

domaines à développer :

1) cristallographie .....

2) mécanique

3) vol en formation

4) banc optique gamma

5) simulation

- fabrication de cristaux Cu, Ge (ILL, IKZ)
- contrôle de qualité et/ou tri des cristaux
- étude des méthodes de découpe
- R&D cristaux gradient (Cu , Si-Ge) !



# R&D **MAX** - vers une lentille spatiale

---

domaines à développer :

1) cristallographie

2) mécanique .....

3) vol en formation

4) banc optique gamma

5) simulation

- étude du cadre de la lentille
- moyen de "correction de découpe" (cales)
- étude du collage des cristaux
- estimation des déformations thermiques etc

# R&D **MAX** - vers une lentille spatiale

---

domaines à développer :

1) cristallographie

2) mécanique

3) vol en formation .....

4) banc optique gamma

5) simulation

- rapport de Luca Cerri ! (publication)
- poursuite des études à ALCATEL
- intérêt de l'ISAS, Japon (démo vol en form.)
- ESA ?

# R&D **MAX** - vers une lentille spatiale

---

domaines à développer :

1) cristallographie

2) mécanique

3) vol en formation

4) banc optique gamma .....

5) simulation

- analyse & publication du CLAIRE TGD (IEEC)
- montage financier (ONERA, CCSR, CNES, ILL)
- betatron, détecteur, alignement (CCSR, IEEC)
- tube hydrogène (division ballon)

# R&D **MAX** - vers une lentille spatiale

---

domaines à développer :

1) cristallographie

2) mécanique

3) vol en formation

4) banc optique gamma

5) simulation .....

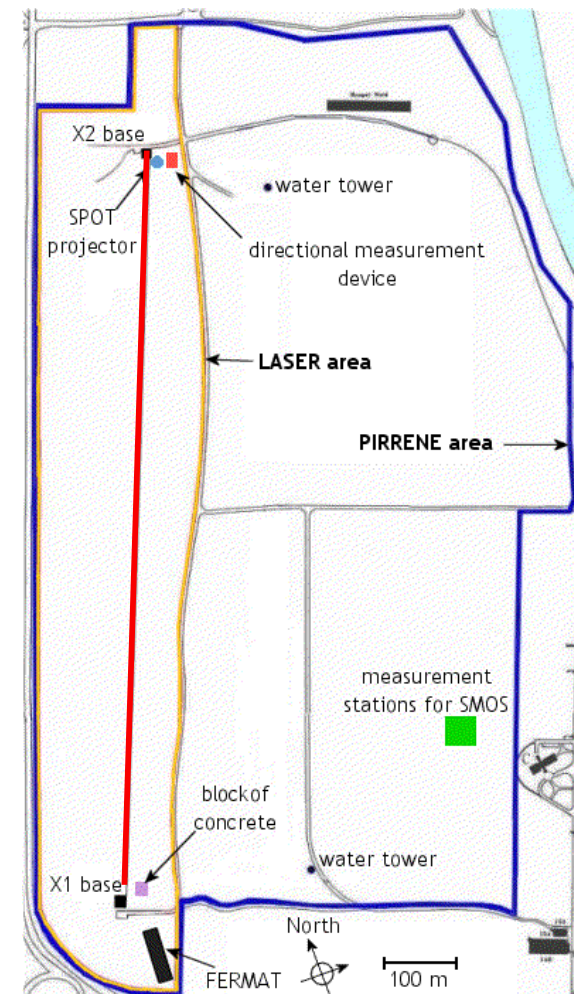
- générateur (modèles analytiques / MCS)
- ligne (MCS atmosph., sol, envir., détecteur)
- lentille (modèle analytique/MCS, Hubert)
- détecteur (MCS)

# R&D **MAX** - un banc optique pour les lentilles gamma

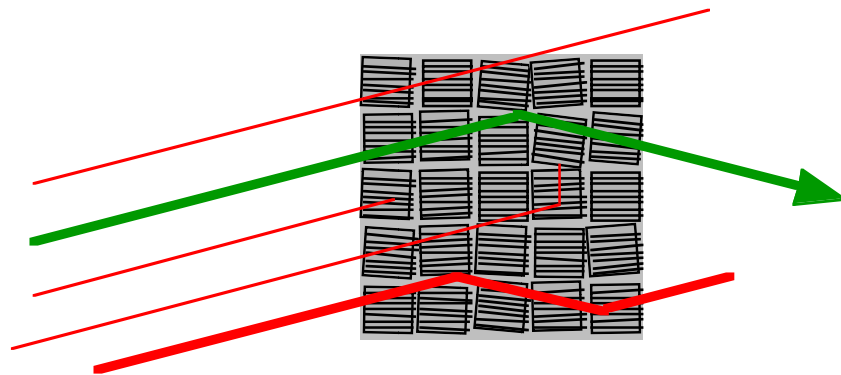


**JME 2 ou 6 MeV X-ray Betatron portable**  
**Dose rate à 1 m (air) 3R par minute**  
**Tache Focal 0.2 x 1.0 mm**

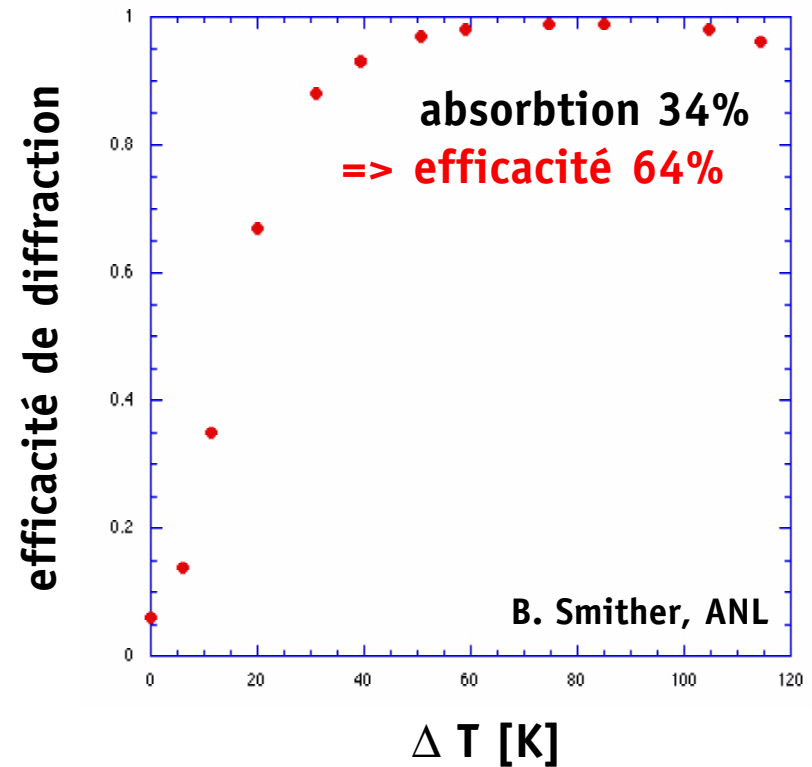
**base laser (X1-X2) sur site PIRRENE (Fauga)**  
**contacts avec le DESP de l'ONERA**



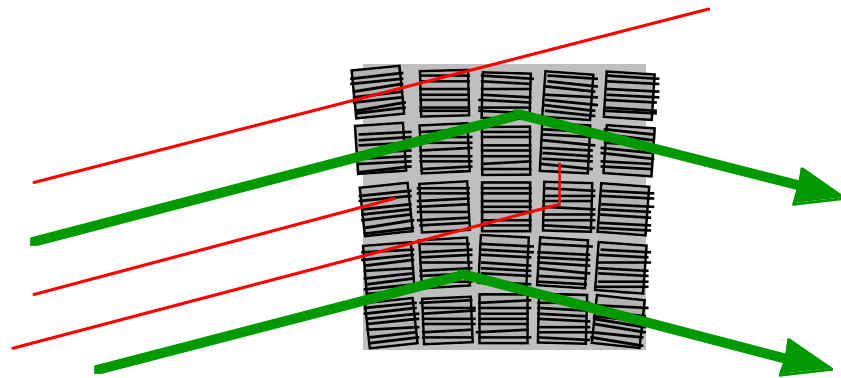
# R&D **MAX** - cristallographie



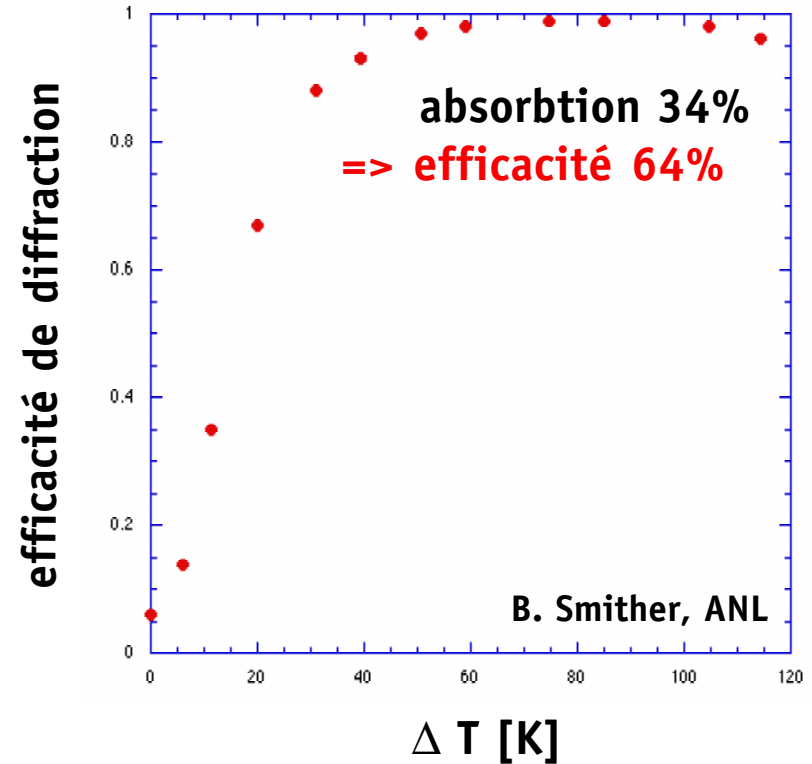
cristal mosaïque Si et Si-Ge



# R&D **MAX** - cristallographie



cristal à gradient de maille  
génééré par un gradient de T



l'astronomie gamma  
commence à voir

# CLAIRE

