



Etude des pulsars au MeV avec le mode Compton/IBIS d'INTEGRAL

Présentation JJC 2003

Michael FOROT

Sous la direction de: Isabelle GRENIER- Philippe LAURENT

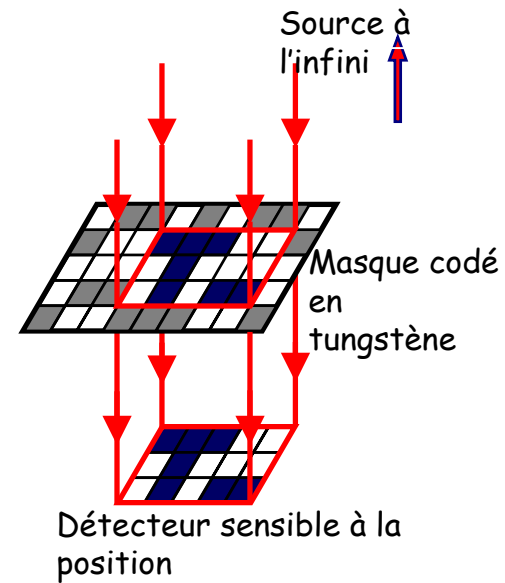
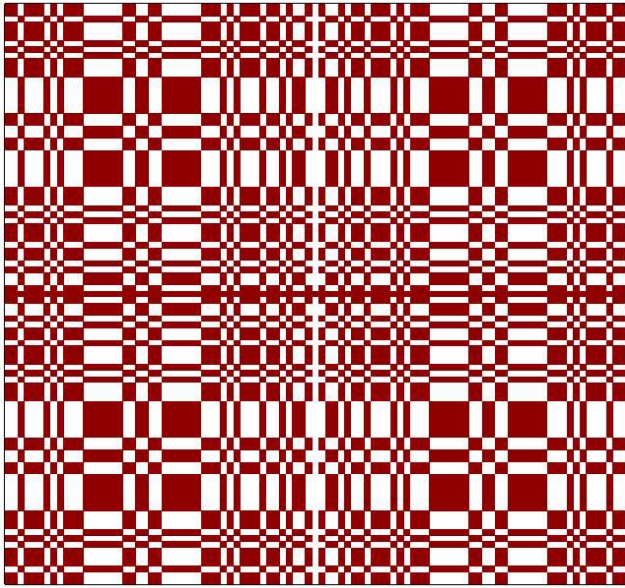
Service d'astrophysique - CEA Saclay

I- Présentation du mode Compton de l'observatoire INTEGRAL



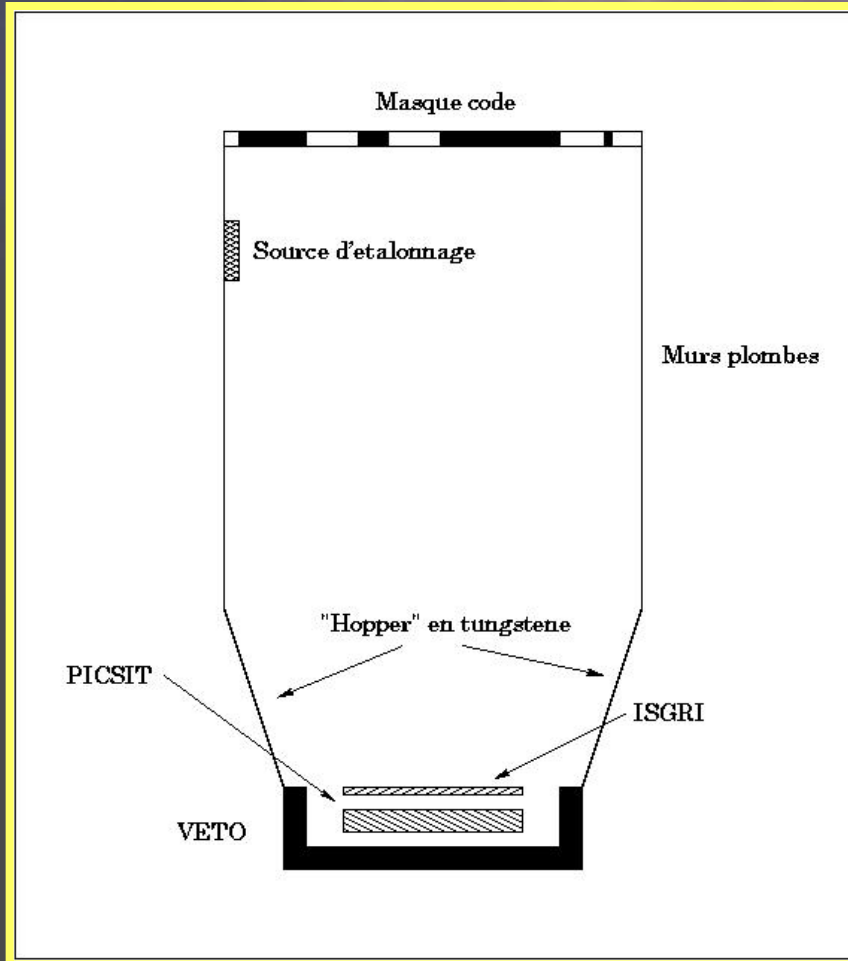
- OBJECTIF : Observer les objets céleste émettant dans le domaine des rayons γ de basse énergie
- INSTRUMENTS :
 - L'imageur γ , IBIS
 - Le spectromètre γ , SPI
 - Les deux moniteurs X, JEMX1 et JEMX2
 - La caméra optique OMC
 - Le centre de données, ISDC

A- Principe d'un télescope à masque codé



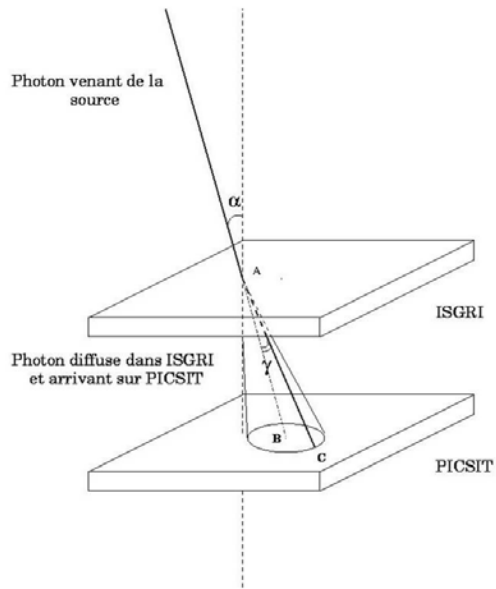
Suivant la direction de la source la projection est différente

B- Composition de l'imageur IBIS



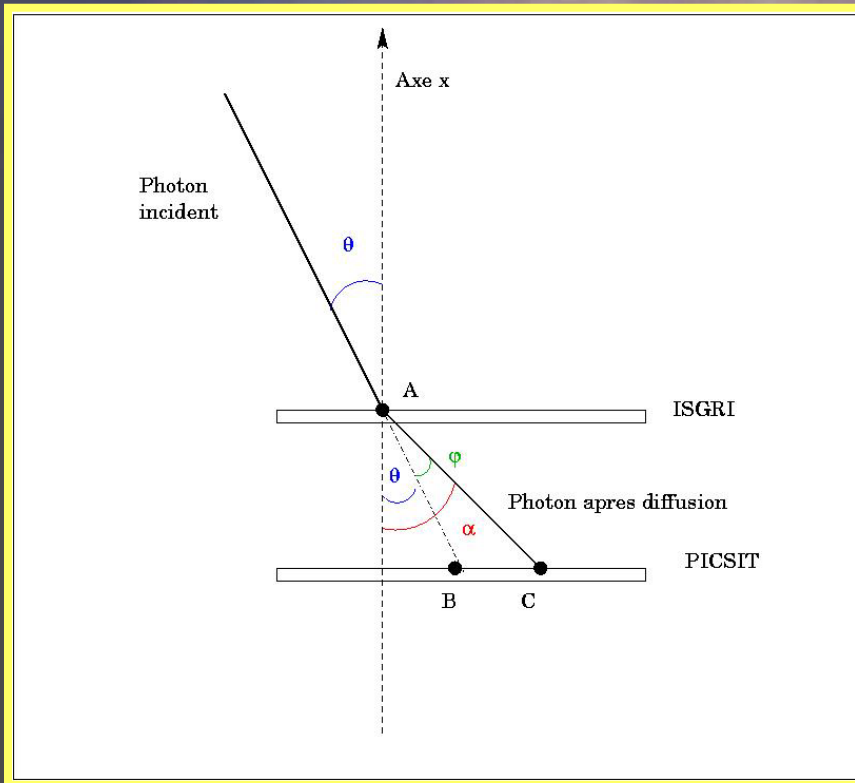
- DIFFERENTS DETECTEURS:
 - ISGRI (cristaux de CdTe)
 - PICSIT (cristaux de CsI)
- MODES DE FONCTIONNEMENT:
 - Evènements ISGRI (15keV-1MeV)
 - Evènements PICSIT (120keV-10MeV)
 - Evènements COMPTON (190keV-10MeV)

C-Le mode Compton



- Coïncidence temporelle d'ISGRI et de PICSIT.
- Diffusion Compton sur PICSIT d'un photon arrivant sur ISGRI
- Fenêtre de Coïncidence= $3.8\mu\text{s}$

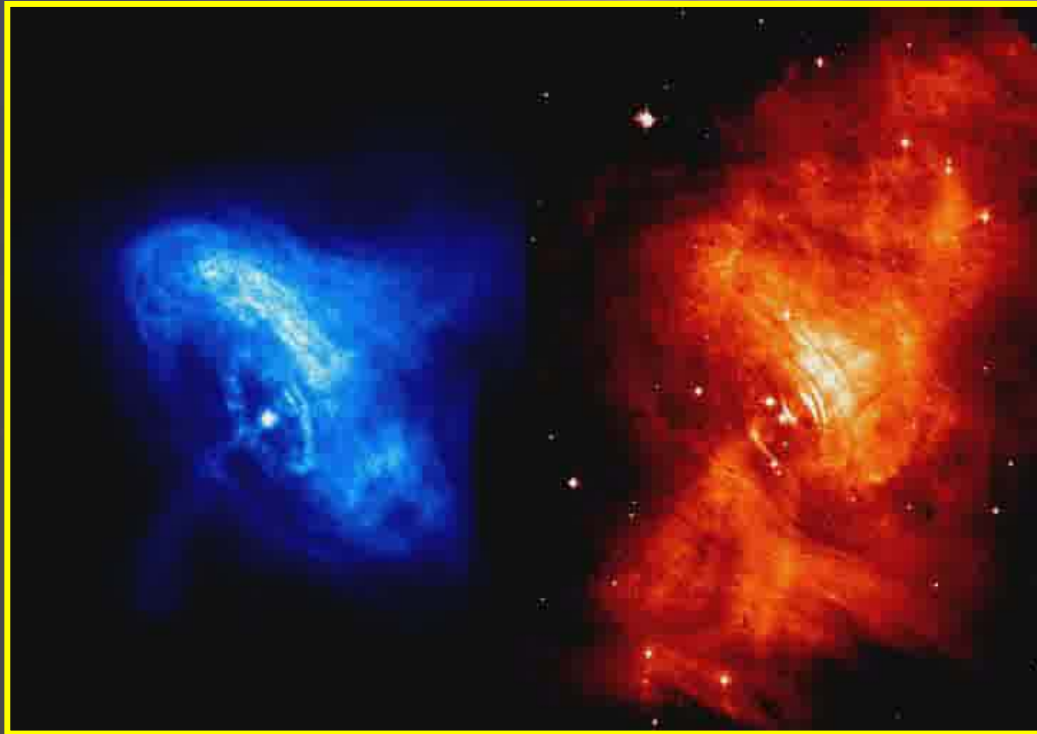
D- Sélection Compton des évènements



- SELECTION AU SOL:
 - $\cos(\phi)$ calculé à partir des deux dépôts d'énergie.
 - $\cos(\phi) = 1 - m_e c^2 / E_I + m_e c^2 / (E_I + E_P)$
 - $\cos(\varphi)$ mesuré à partir de la direction du photon incident (direction source connue avec ISGRI) et celle du photon diffusé (en connaissant A et C)
 - Si $\cos(\varphi) \pm \Delta \cos(\varphi) = \cos(\phi) \pm \Delta \cos(\phi)$

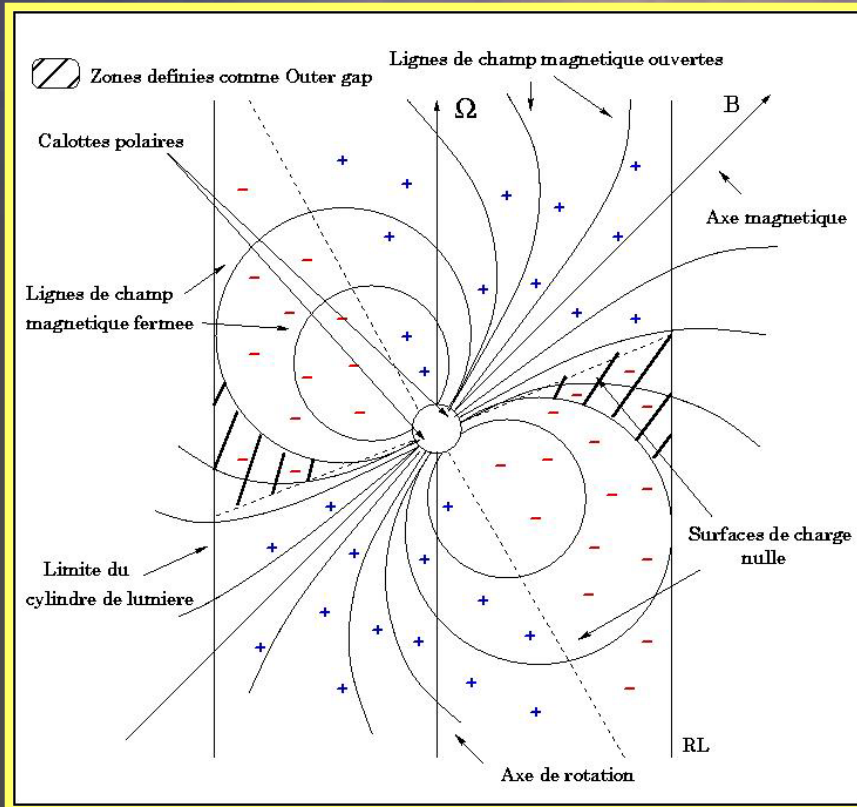
-> SELECTION

II- Emissions hautes énergies des pulsars



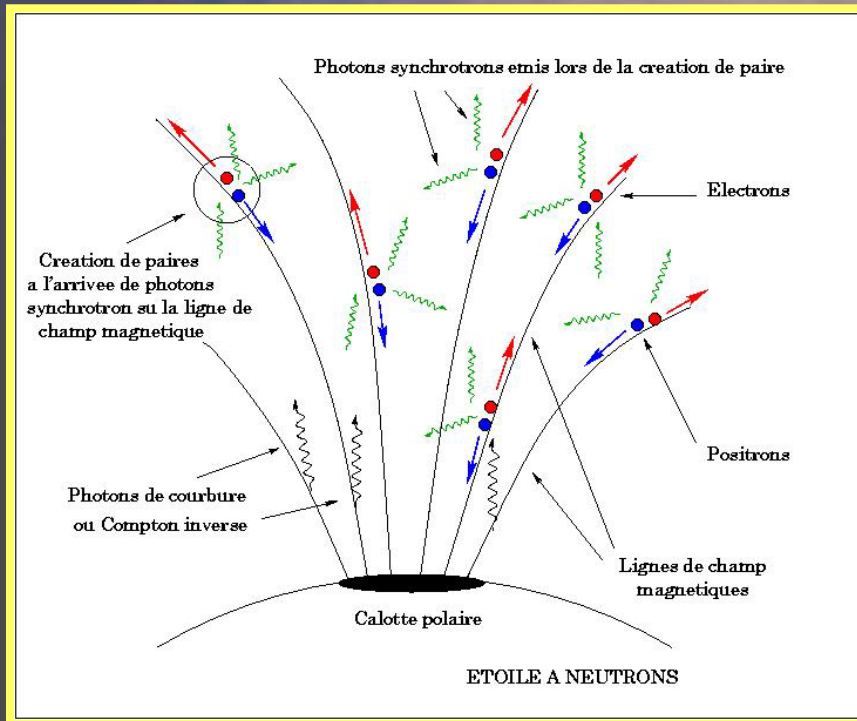
- PULSAR=Etoile a neutrons en rotation selon un axe différent de son axe magnétique
- Période: $1.56\text{ms} < P < 5.09\text{s}$
- Emissions dans tous les domaines d'énergie
- Se situent à moins de 690pc du plan galactique et de 3kpc du centre

A- La magnétosphère



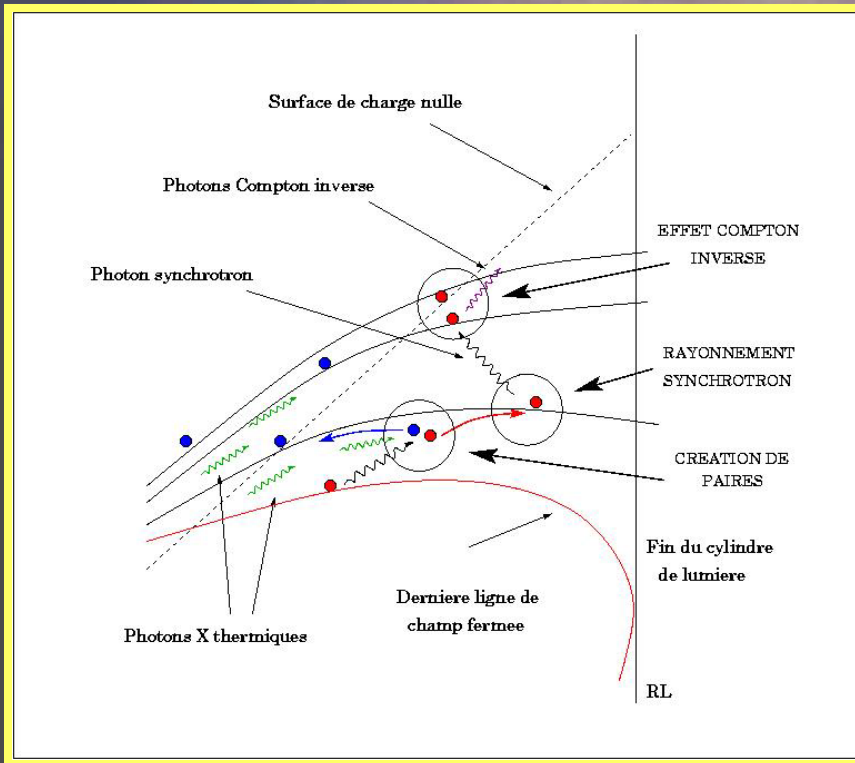
- PLASMA d'électrons positons
- Particules gelées le long des lignes de champ magnétiques
- Corotation
- Rayon du cylindre de lumière:
 $R_L = c / \Omega$
- Séparation de charges
- Densité de GOLDREICH JULIAN:
 $n_{GJ} = -\epsilon_0 \Omega B \sim 10^{17} - 10^{18}$ particules/m³
- Si $n = n_{GJ} \rightarrow E_{\parallel} = 0$
- Si $n \neq n_{GJ} \rightarrow E_{\parallel} \neq 0 \rightarrow$ Accélération possible \rightarrow Emissions γ

B- Modèle théorique des *polar caps*



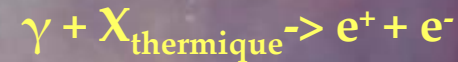
- Cascade radiative amorcée par:
 - Les photons de courbure
si $\gamma > 10^6 - 10^7$
 - Les photons diffusés par effet Compton-Inverse
si $\gamma < 10^6 - 10^7$
- Différence de potentiel maximum:
$$\psi_{\max} = 2.3 * 10^{13} P_{\text{ms}}^{3/8} \text{ V}$$
- Création de paires selon:
$$\gamma + \mathbf{B} \rightarrow e^+ + e^-$$
- Emissions γ dues à l'émission synchrotron des paires lors de leur formation

C- Modèle théorique de l' *outer gap*



- Cascade radiative amorcée par:
 - Les photons de courbure

- Création de paires



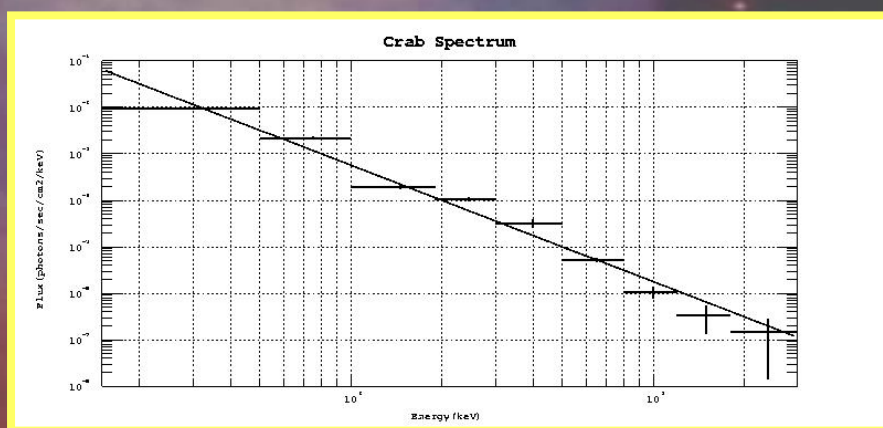
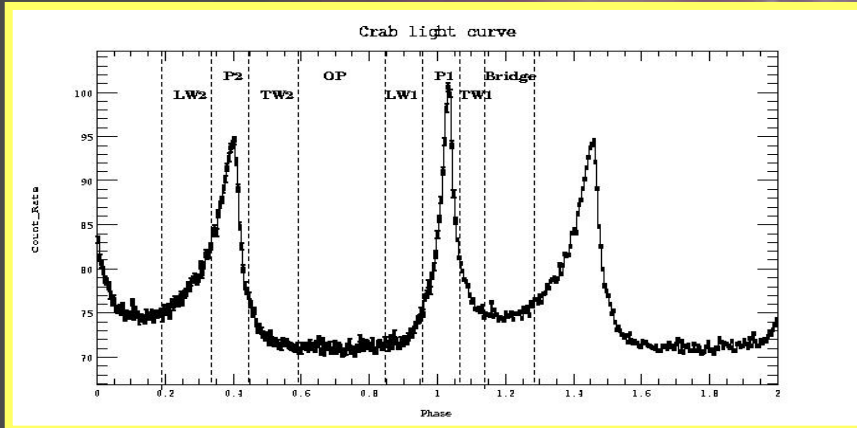
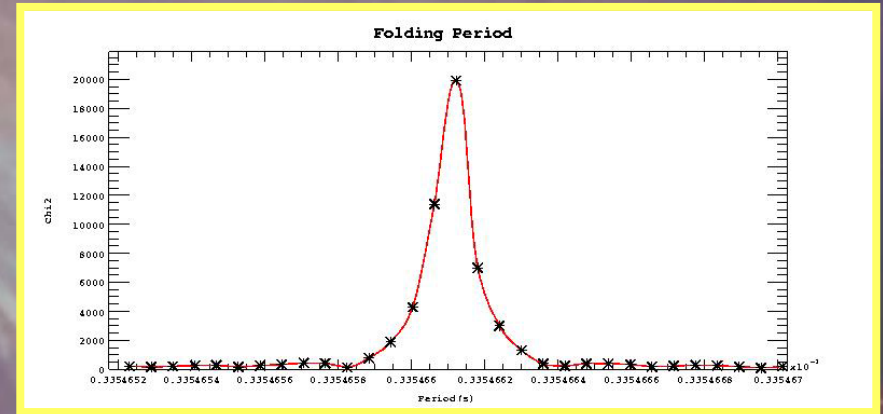
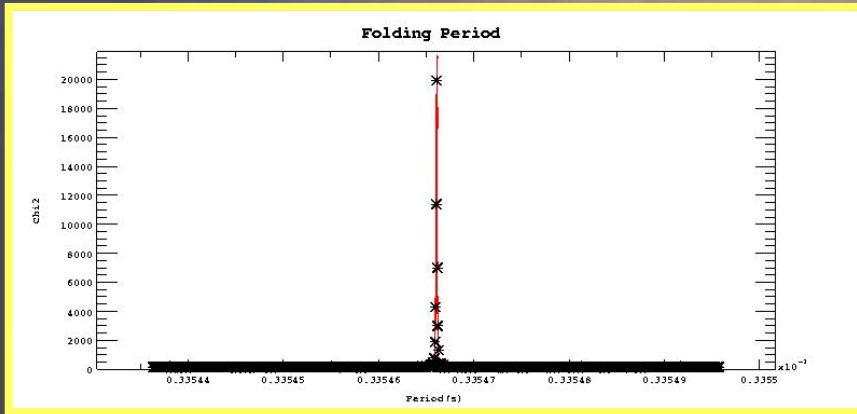
- Différence de potentiel maximum:

$$\psi_{\text{max}} = 8.10^{13} B P_{\text{ms}}^{-2} \text{ V}$$

- Emissions γ dues au processus Synchrotron auto Compton

III- Discrimination des différents modèles

A- Analyse temporelle et spectrale des pulsars



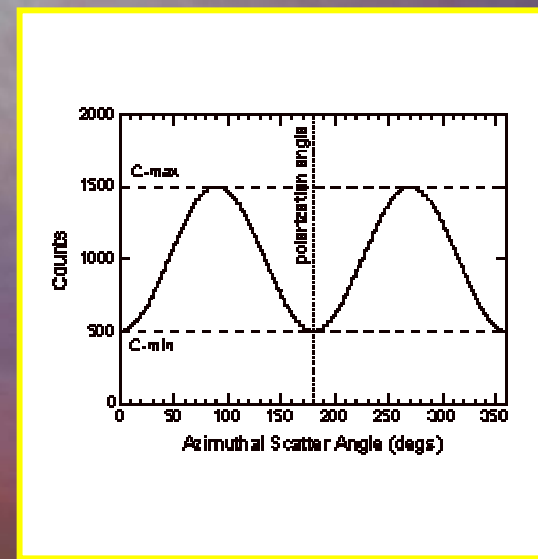
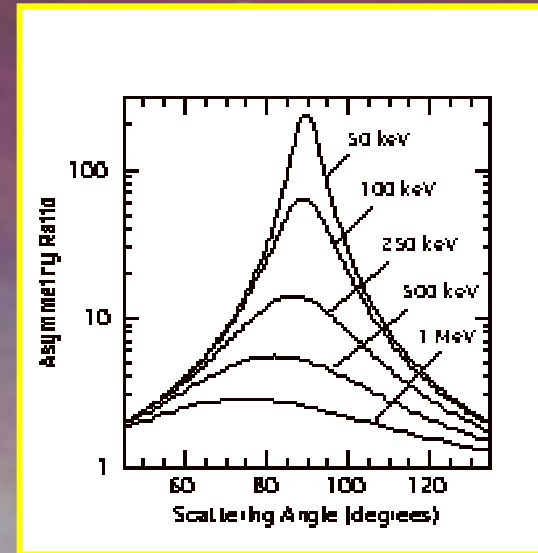
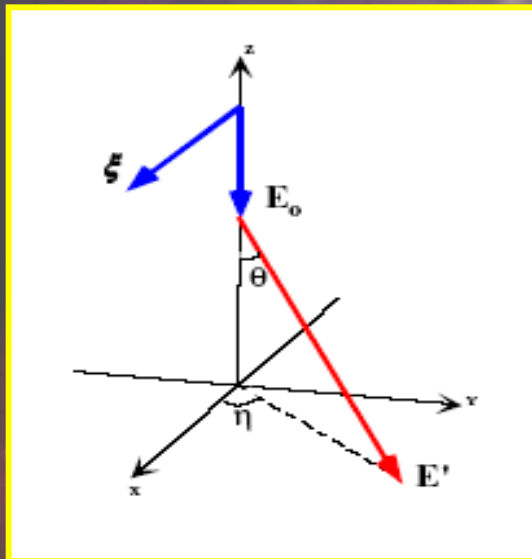
B- Analyse de la polarimétrie des pulsars γ

- Direction après diffusion perpendiculaire à la direction incidente

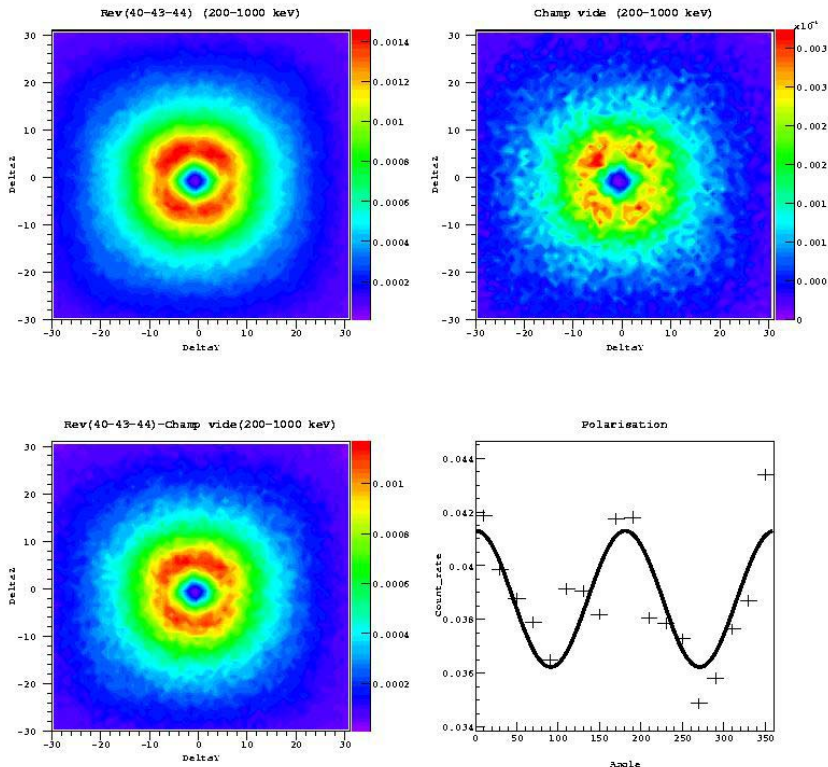
- Distribution selon l'angle azimutal

$$N(\phi) = X \cos(2(\phi - \eta)) + Y$$

- Max pour des angles de diffusion proches de 90°



Application au mode Compton



- Polarisation mesurée dans l'asymétrie de la distribution des photons diffusés sur PICSIT.

- Facteur de modulation:
 $Q = X/Y = 0.06550055 \pm 0.00308360$

Conclusion

- **Importance de la géométrie du champ magnétique pour les différents modèles d'émissions hautes énergies:**
 - >Modélisation numérique de ce champ en relativité générale nécessaire.
- **Polarisation gamma très attendue:**
 - >Outil très puissant pour déterminer le mécanisme d'émission.
 - >De nombreuses missions basées sur la polarimétrie Compton sont en préparation.

