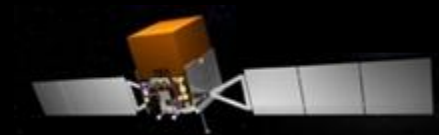


Les binaires du GeV au TeV

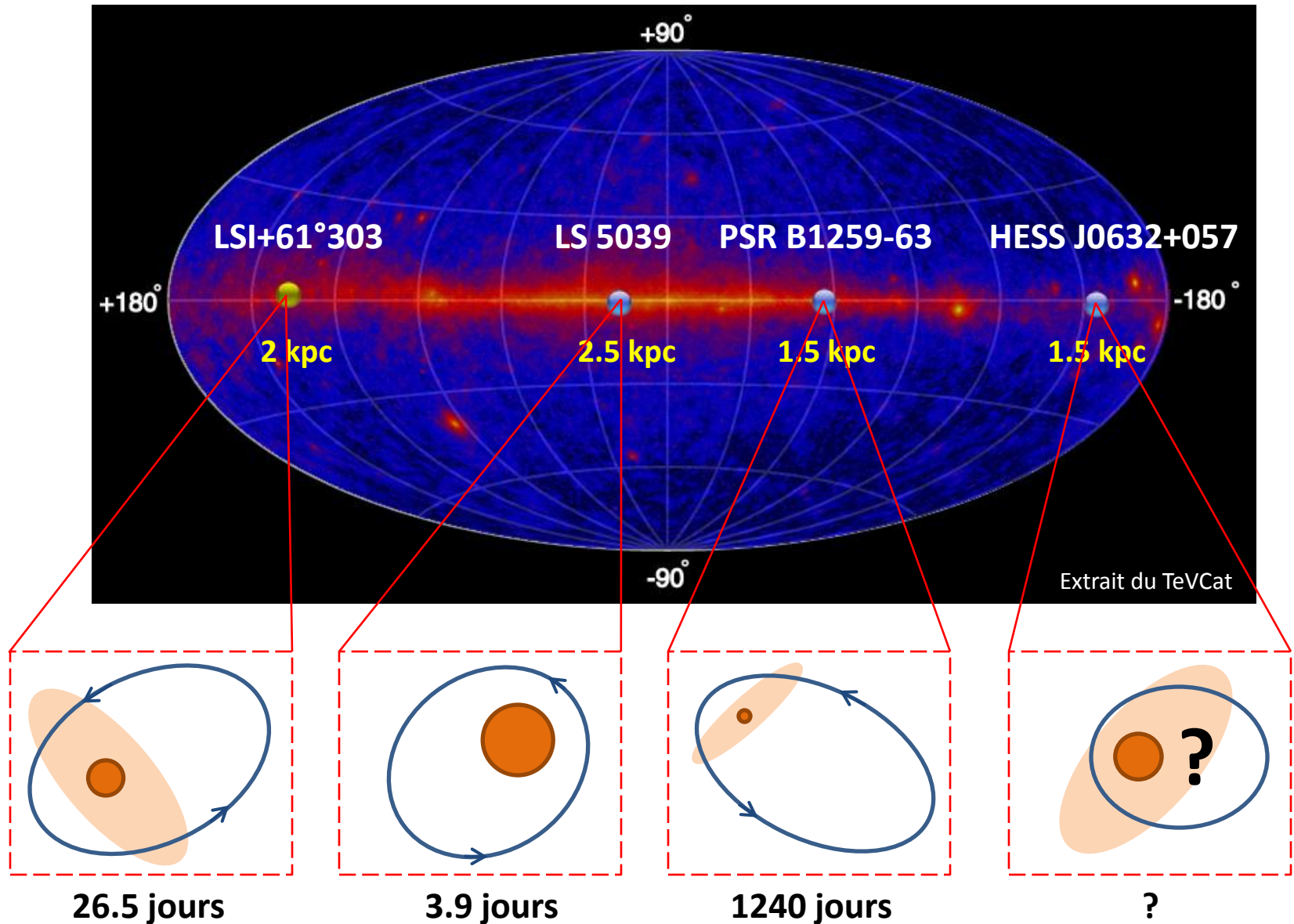


Benoît Cerutti

Laboratoire d'Astrophysique de Grenoble

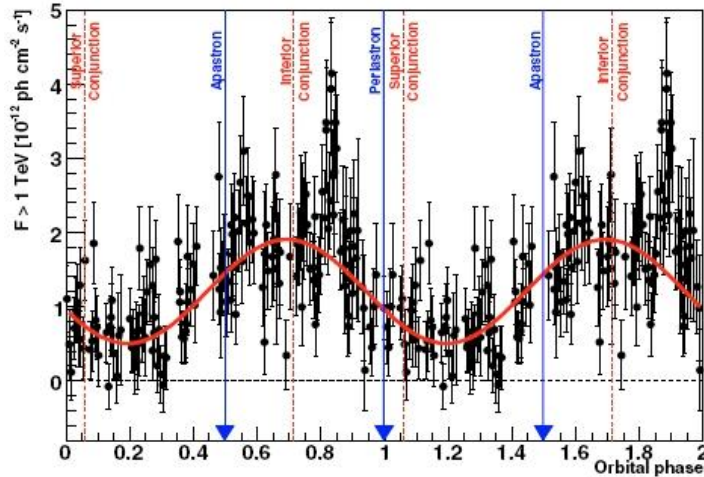


L'inventaire des binaires gamma



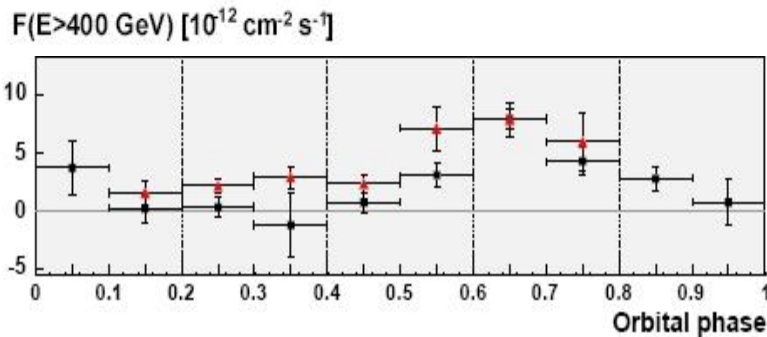
Caractéristiques temporelles: Modulation **TeV**

LS 5039



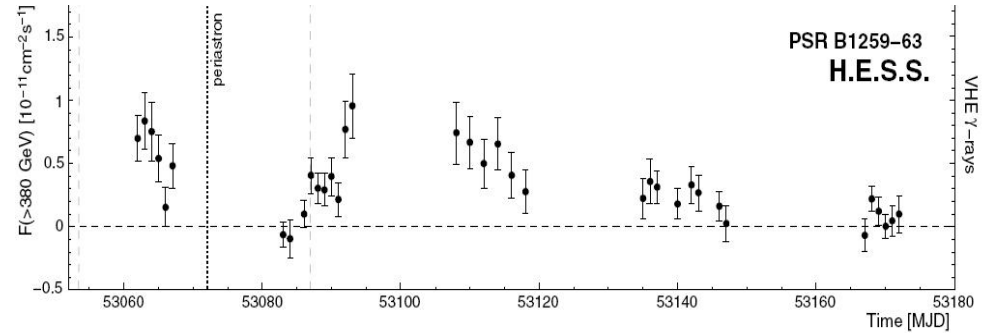
[Aharonian et al. 2006]

LSI+61°303



[Albert et al. 2008]

PSR B1259-63



[Aharonian et al. 2005]

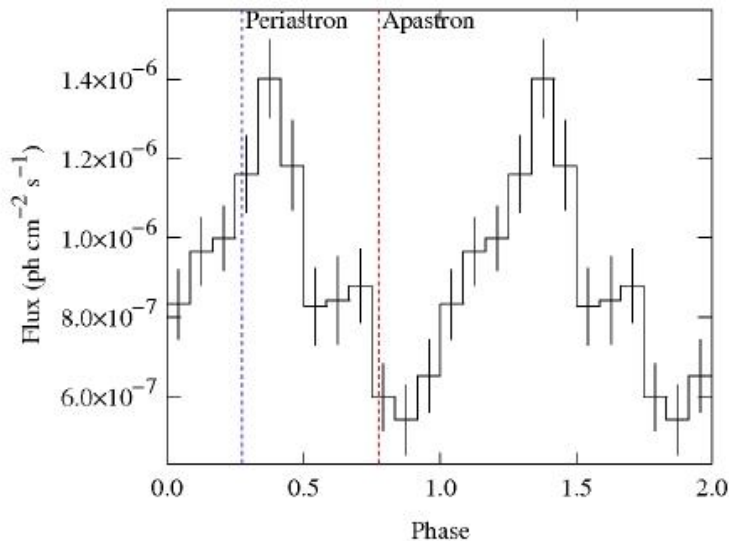
○ Modulation **orbitale** flux $> 100 \text{ GeV}$

○ Modulation **très stable**
→ effet géométrique

○ **HESS J0632+057**: pas de modulation orbitale observée mais signe de **variabilité**
[Acciari et al. 2009]

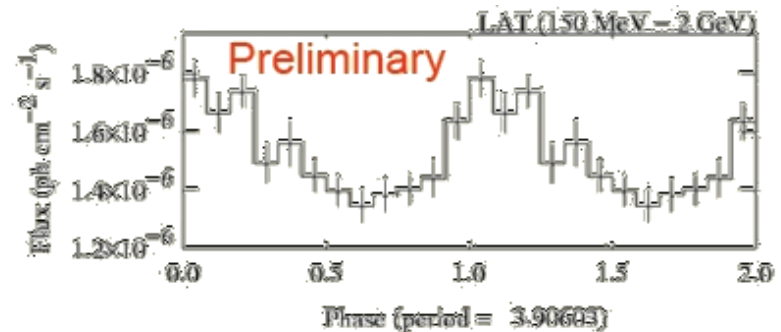
Caractéristiques temporelles: Modulation **GeV**

LSI+61°303



[Abdo et al. 2009]

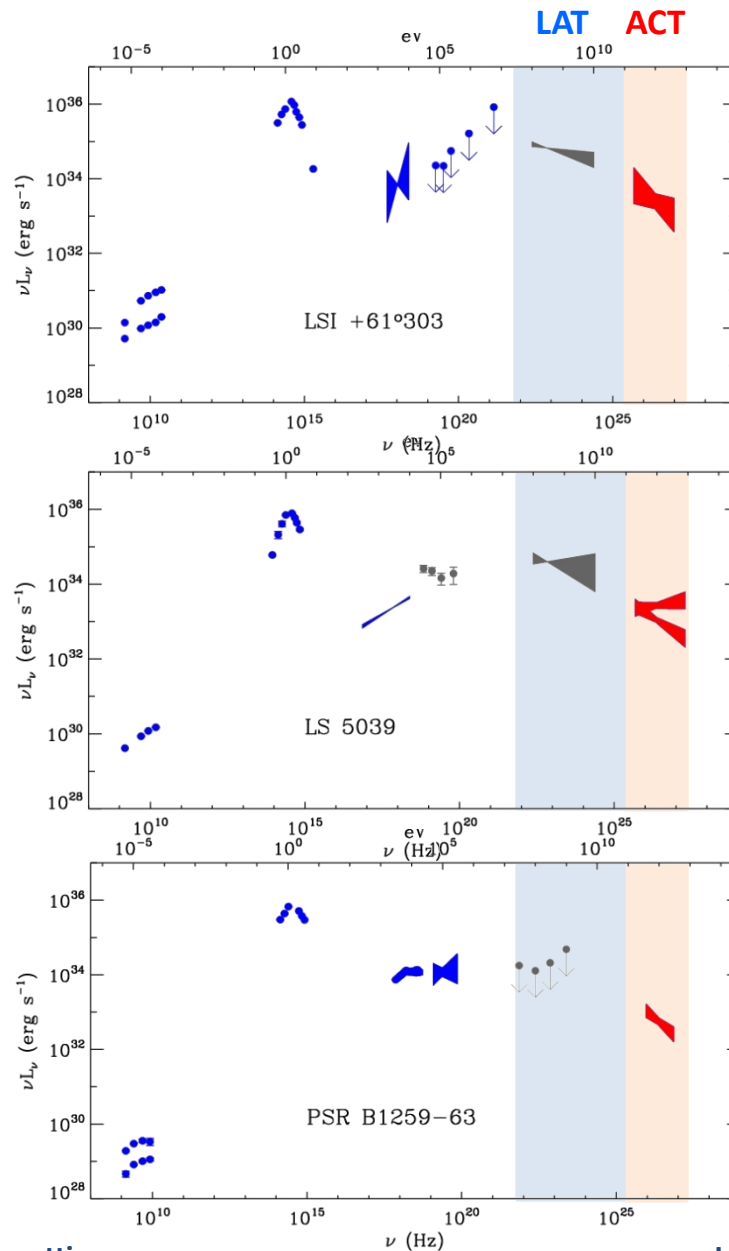
LS 5039



[Dubois, ICRC 2009]

- Contreparties au GeV **confirmées** pour **LSI+61°303** et **LS 5039** !
- Modulation **orbitale** flux > 100 MeV
- **2010** et **2014**, modulation **PSR B1259-63** observée?
- **HESS J0632+057**: ...?

Caractéristiques spectrales



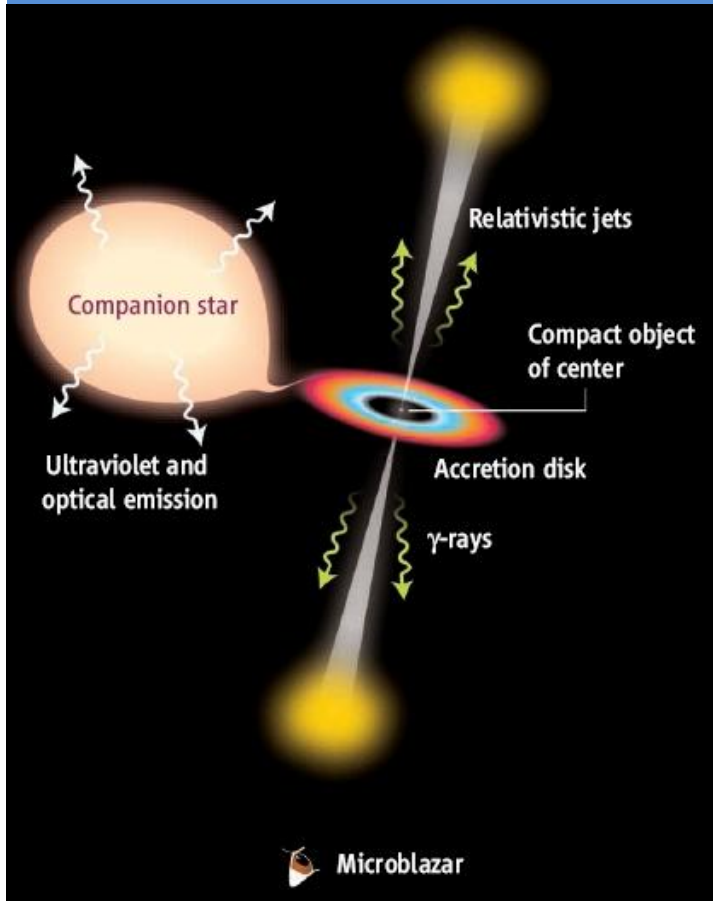
- Maximum luminosité > 100 MeV
 ➔ « **Binaires gamma** » [Dubus 2006b]
- Luminosité X **faible** et spectre **dur**
- HMXB avec émission radio résolue en VLBI. [e.g. Paredes et al. 2000; Dhawan et al. 2006]

Luminosités gamma typiques:

$$\left[\begin{array}{l} L_{\text{HE}} \sim 10^{34} - 10^{35} \text{ erg.s}^{-1} \\ L_{\text{VHE}} \sim 10^{32} - 10^{33} \text{ erg.s}^{-1} \end{array} \right.$$

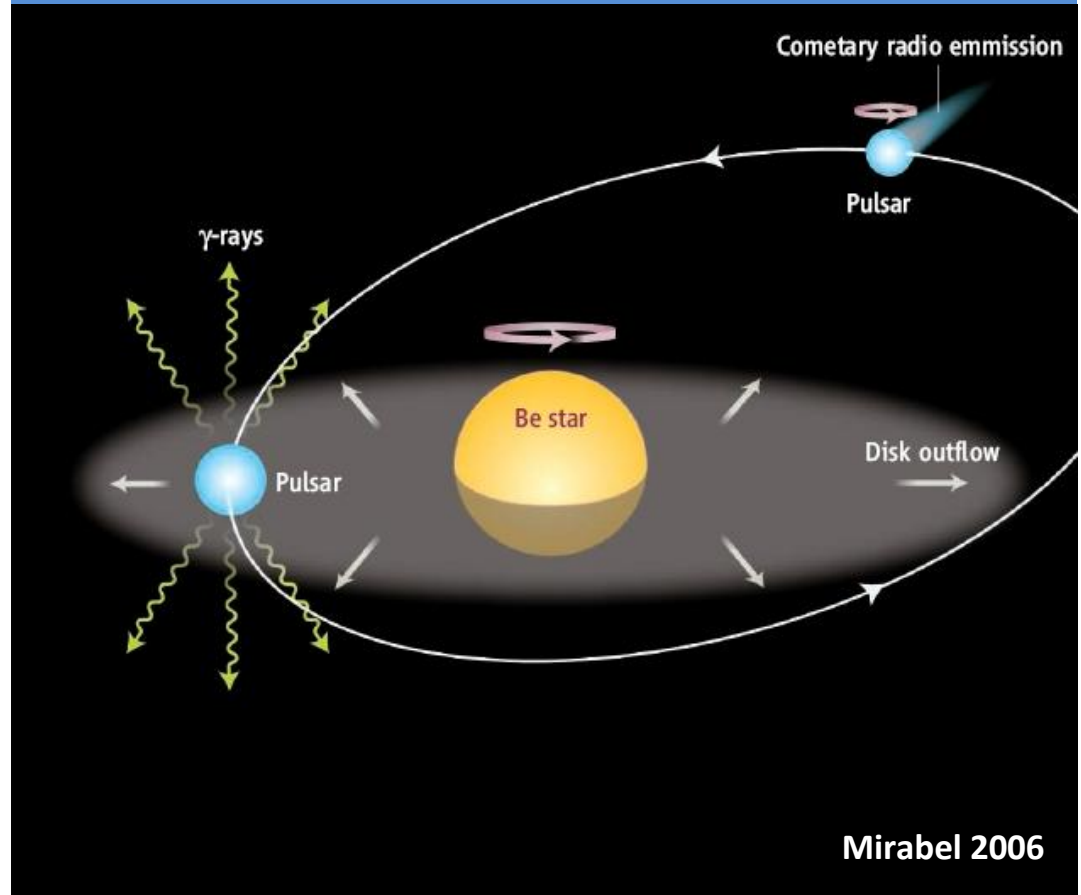
Deux scénarios

Scénario microquasar



Energie gravitationnelle

Scénario vent de pulsar



Energie rotationnelle

Les processus haute énergie mis en jeu

Processus leptoniques

- Effet **Compton inverse** [anisotrope]

GeV-TeV

$$e^{-} + \gamma \rightarrow e^{-} + \gamma$$

- Rayonnement **synchrotron**

< GeV

$$e^{-} + B \rightarrow e^{-} + \gamma$$

- **Création de paires** [anisotrope]

GeV-TeV

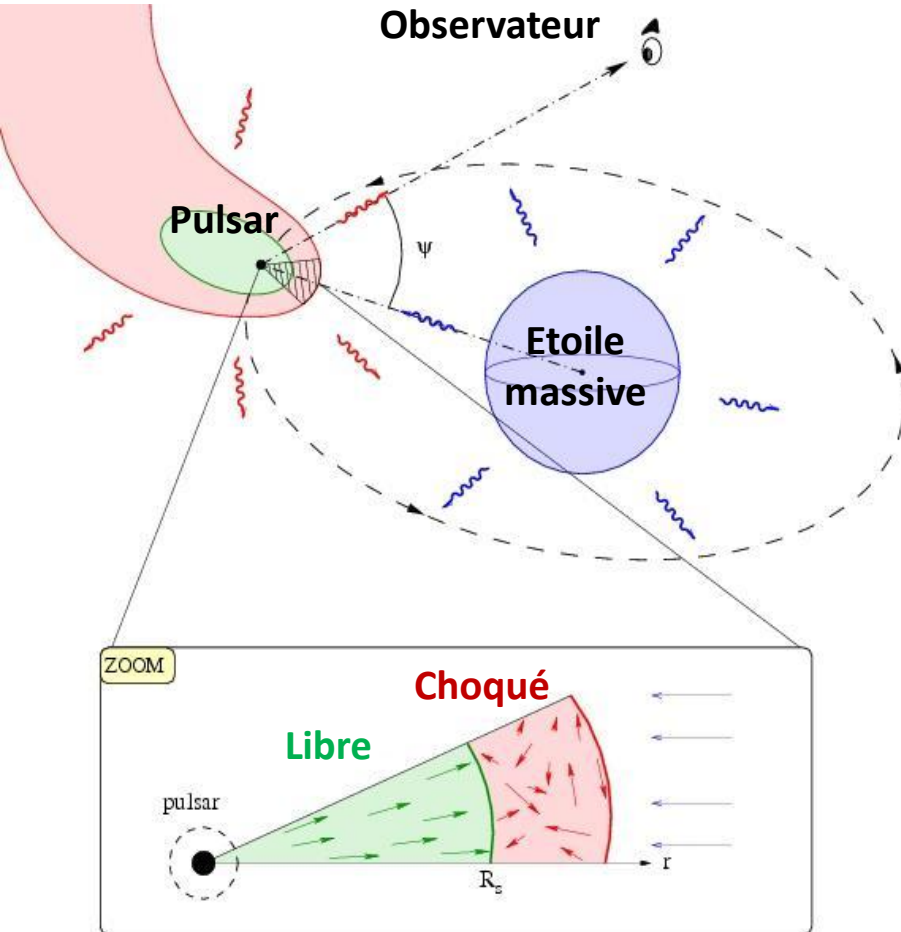
$$\gamma + \gamma \rightarrow e^{-} + e^{+}$$

- Création **triplet d'électrons**

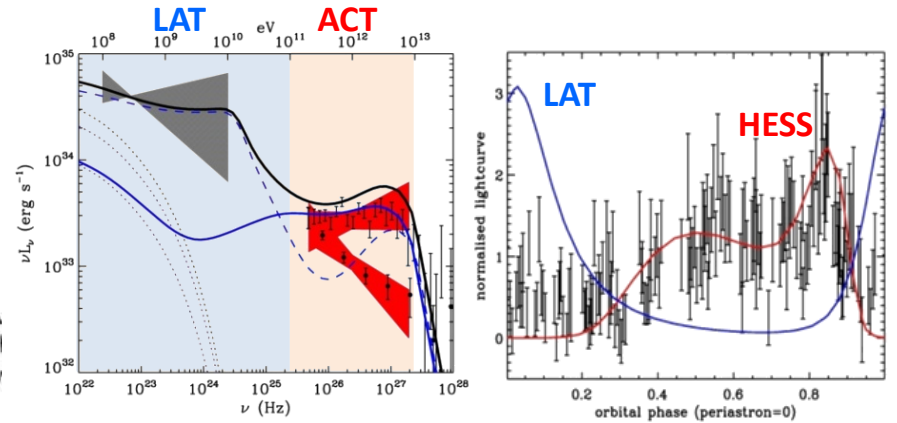
> TeV

$$\gamma + e^{\pm} \rightarrow e^{\pm} + e^{-} + e^{+}$$

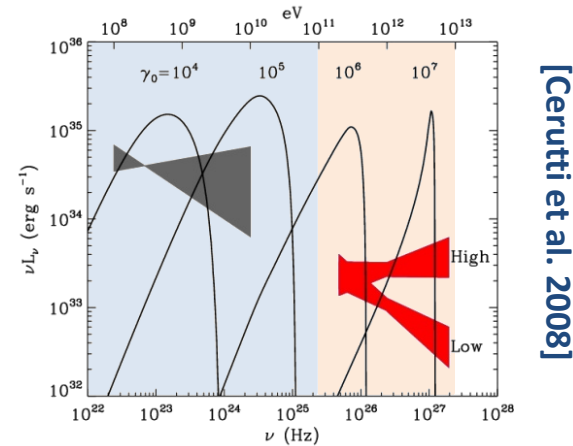
Modélisation HE et VHE: l'exemple de **LS 5039**



■ Emission gamma **vent choqué**



■ Emission gamma du **vent de pulsar**



Contraintes observationnelles GeV-TeV

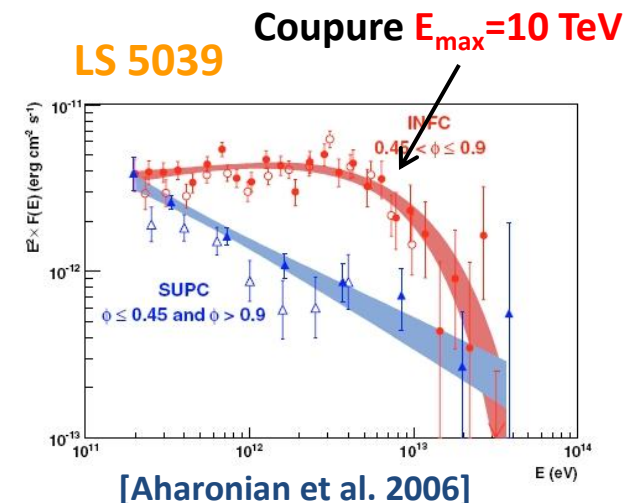
- **Accélération de particules:**
 - Distribution particules

- **Champ magnétique:**
 - Coupure haute énergie
 - Cascades EM

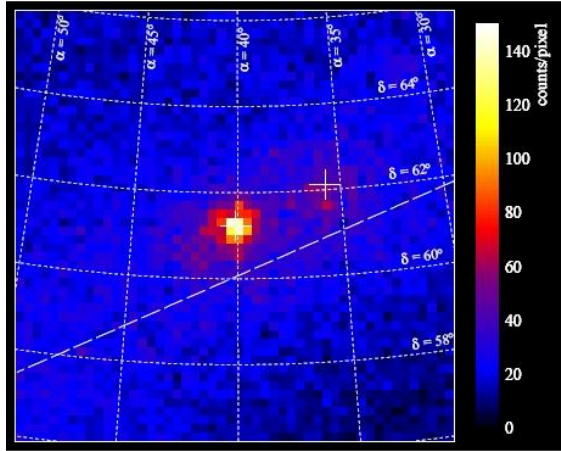
[Bednarek 1997; Bosch-Ramon et al. 2008a,b; Cerutti et al. 2009 (soumis)]

- **Facteur de Lorentz du vent de pulsar**
 - Contribution vent non-choqué

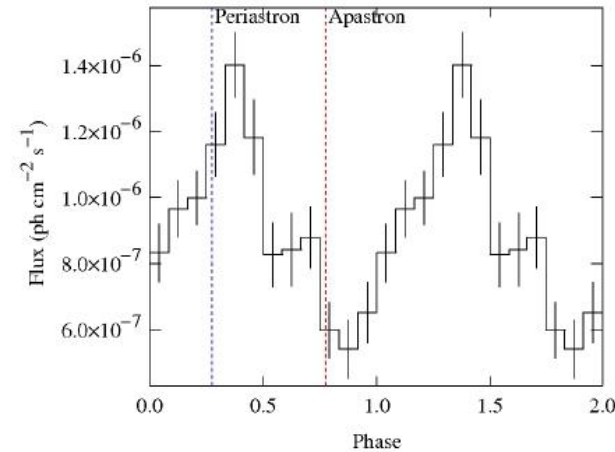
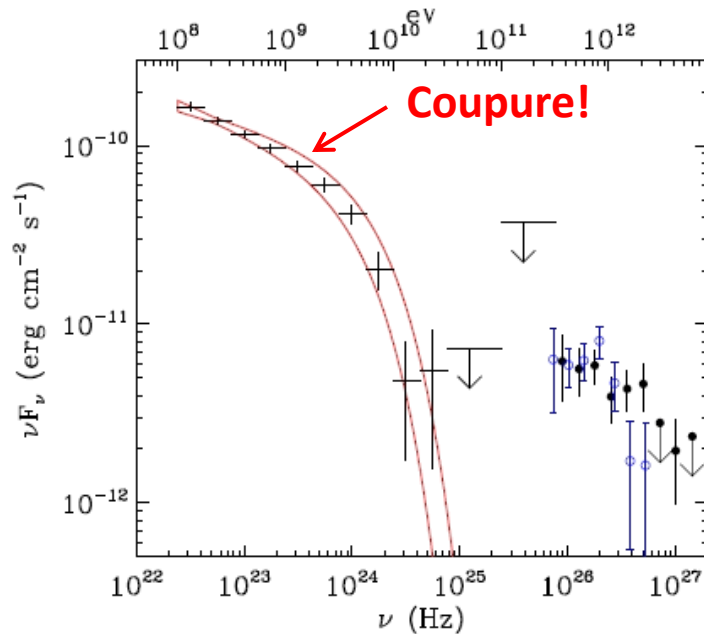
- **Localisation spatiale source gamma**
 - Effet de l'absorption gamma [Dubus 2006a]
 - Emission Compton inverse **anisotrope**



Les nouvelles observations *Fermi* de LSI+61°303



[Abdo et al. 2009]



○ Modulation HE :

Attendue, Compton inverse anisotrope

○ ... **Mais spectre:** loi de puissance avec coupure exponentielle ~ 6 GeV !

- Incompatible $\gamma\gamma$ absorption
- Emission magnétosphérique du pulsar?
- Signature vent non choqué?

...

Lien GeV-TeV non trivial!!

Comment découvrir de nouvelles binaires?

- **Flux limite HESS** (mode survey, 1 TeV):

[Aharonian et al. 2006]

$$F_{\min} > 10^{-12} \text{ erg/cm}^2/\text{s}$$

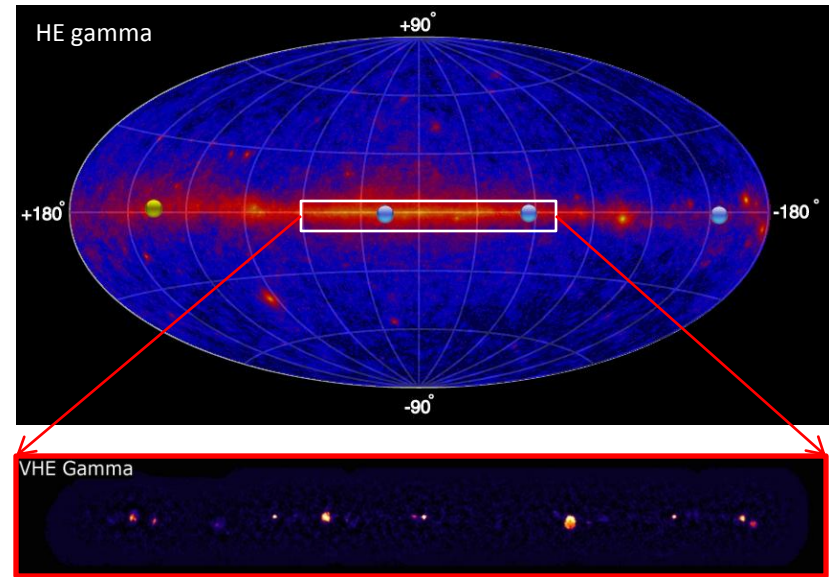
→ **3 binaires** sur 300 deg²

- **Flux limite *Fermi*** (plan galactique, 1 GeV):

[Atwood et al. 2009]

$$F_{\min} > 2 \cdot 10^{-11} \text{ erg/cm}^2/\text{s} (5\sigma, 1\text{an})$$

→ **~ 10-20 binaires** ciel complet!
autant que CTA!



- **Nouvelles binaires** sans doute déjà détectées par *Fermi*!!
- Confusion plan galactique: émission diffuse, contamination pulsars...
→ **Identification difficile**
- Recherche **sources gamma variables**, corrélations croisées **catalogues** (étoile Be/O, radio, X dur, ...), **suivi** bons candidats au **TeV**

Qu'en est-il des binaires accrétantes?

- Observations MAGIC VHE flare 1 jour **Cygnus X-1** (?)

[Albert et al. 2007]

$$L_{\text{VHE}} \sim 10^{-4} L_X$$

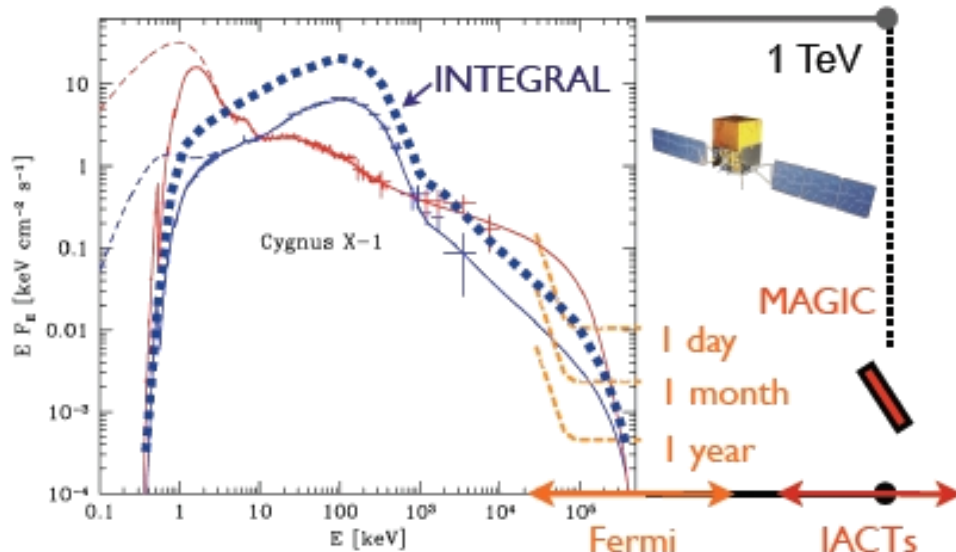
- **Faible** significativité (4.1σ), **flare X** (état dur)

Pas de nouvelles détections MAGIC [Saito et al., ICRC 2009]

- Emission phase orbitale où $\mathcal{N}$ absorption **maximale**



Cygnus X-1



[McConnell et al. 2002]

- Emission gamma **épisode**que, observations au **TeV** difficiles

- **Fermi** plus adapté!

- Rôle important observations **multi-longueur d'onde** (radio, X)

Conclusions

- Contreparties GeV **confirmées** (à confirmer) par *Fermi*!
- Données GeV-TeV **contraignent les modèles** (accélération, processus radiatif,...)
- Nouvelles observations *Fermi* : **Lien GeV-TeV pas évident!**
- **Réelles** chances de découvrir de **nouvelles binaires** par l'association d'observations au **GeV** (*Fermi*) et au **TeV** (ACT actuels puis **CTA**!).

Merci à Guillaume Dubus, Gilles Henri, Adam Hill et Anna Szostek

