

Observation des systèmes binaires au TeV

François Brun
Journées Rencontres Jeunes Chercheurs
30 Novembre 2009

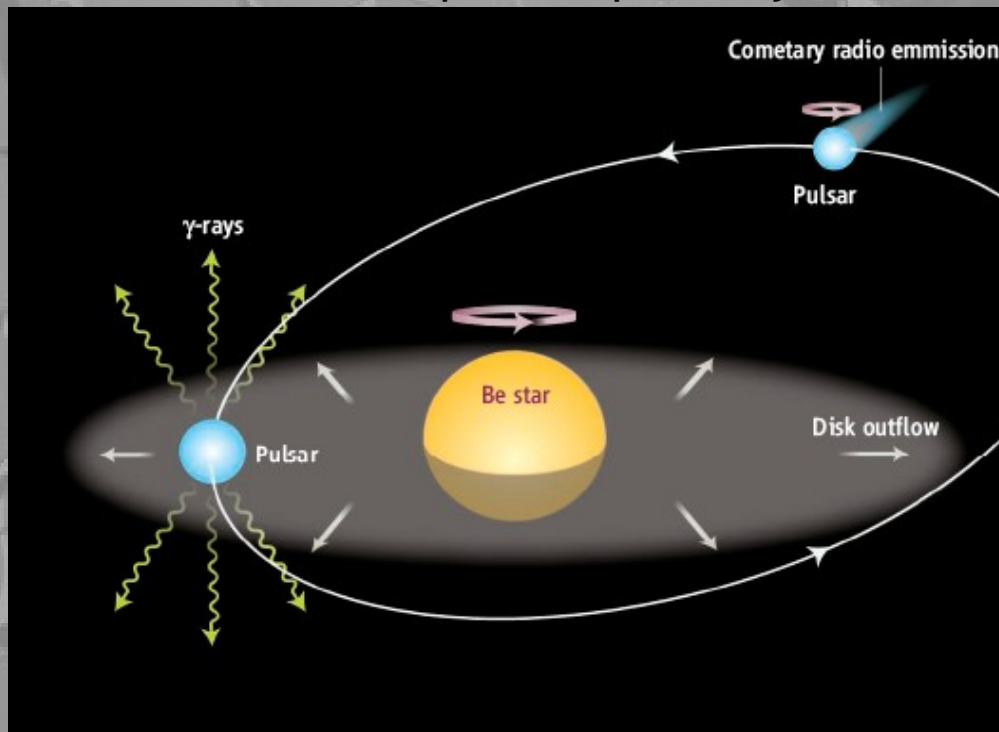
Les systèmes binaires

- Quatre systèmes binaires découverts au TeV
 - LS 5039
 - LSI +61°303
 - PSR B1259-63
 - Cygnus X-1
- Les quatre sont du type High Mass X-ray Binary (HMXB)
 - Emetteurs X constitués d'une étoile massive ($> 10 M_{\odot}$) et d'un objet compact (trou noir / étoile à neutrons)
- **> 50%** des étoiles sont dans des systèmes multiples
 - >vivier énorme de binaires X/gamma

Modèles pour les binaires gamma

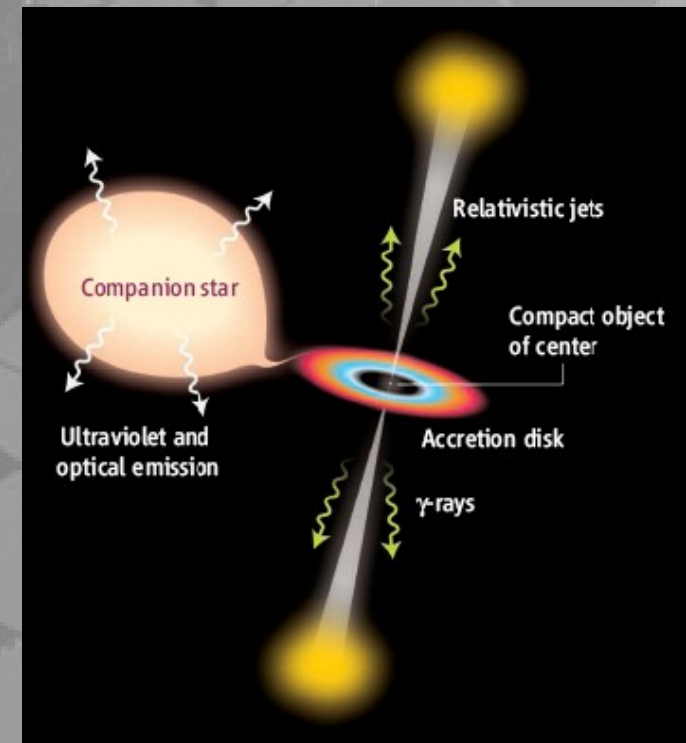
- Deux modèles en compétition, l'un est favorisé pour 3 des binaires gamma, l'autre pour Cyg X-1, reste en débat

Plérion : Nébuleuse synchrotron
Alimentée par un pulsar jeune



Probablement leptonique

Microquasar

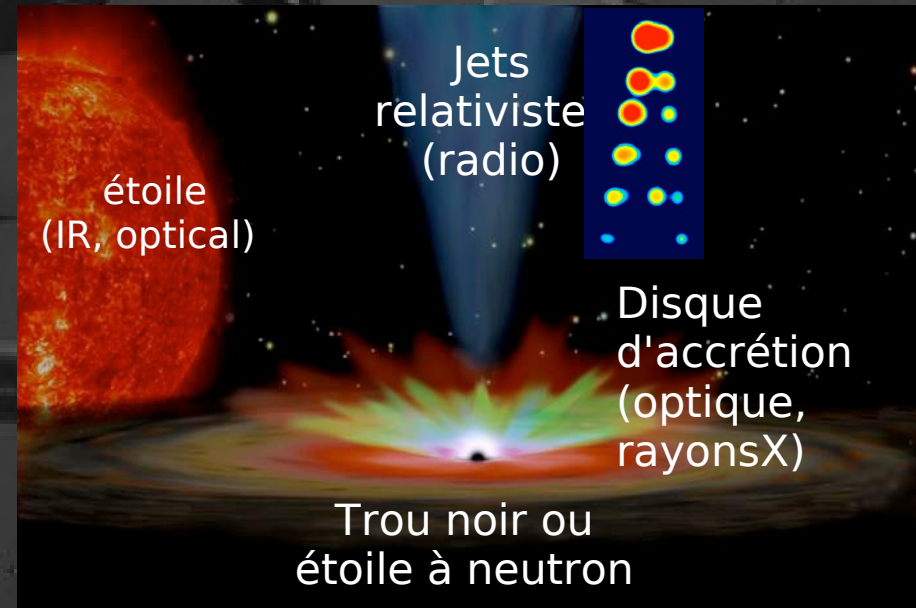


Possibilité d'émission hadronique

Mesures au TeV sont cruciales pour déterminer quel est le bon modèle (mesures de variabilité)

Microquasars

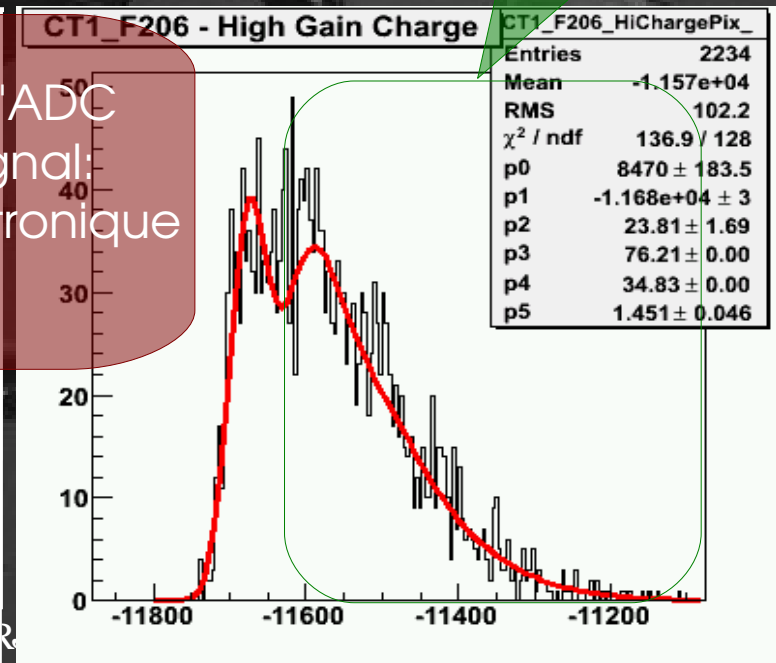
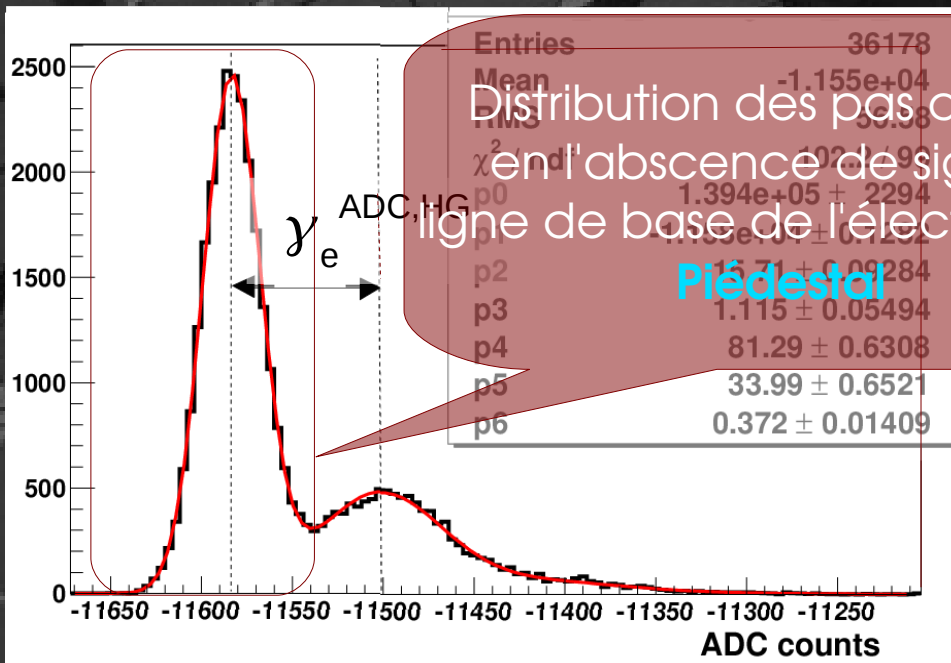
- Sous-classe de HMXB
- Etoile massive en orbite autour d'un trou noir de masse stellaire, accompagné d'un disque d'accrétion et de jets de plasma
 - Modèles réduits d'AGN – plus rapides (échelles de temps proportionnelles à la masse du trou noir),
 - Permettent d'étudier la formation des disques d'accrétions et des jets dans ces objets
 - Permettent de tester les modèles



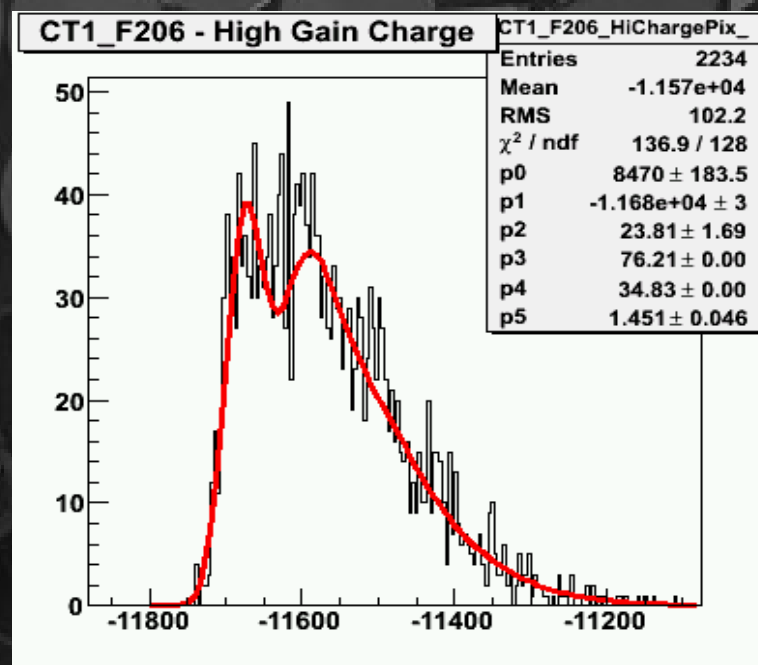
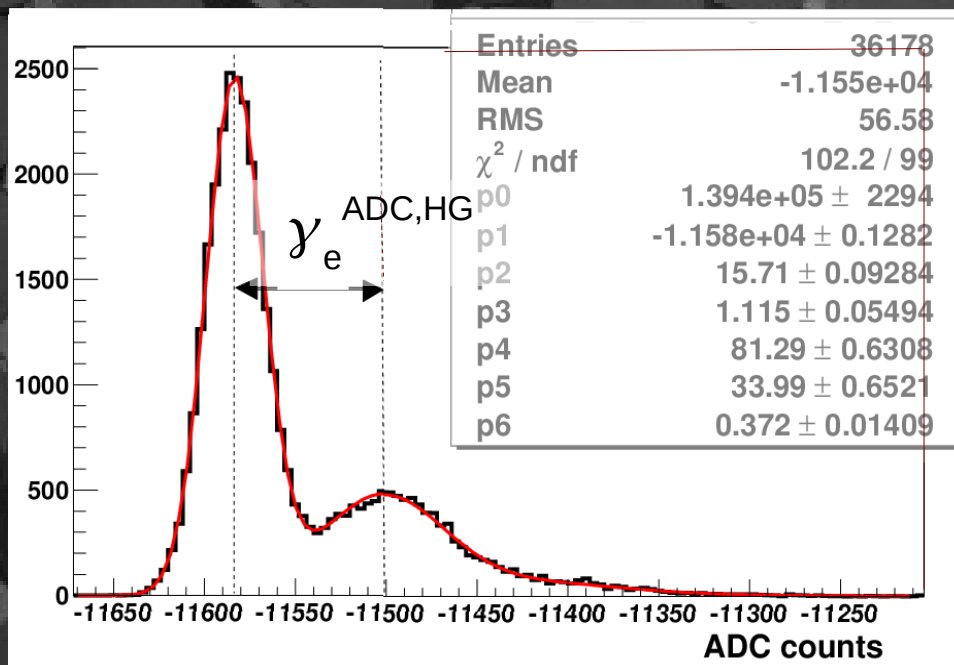
Instrumentation

- Mesures de variabilité essentielles pour bien contraindre les modèles
 - Nécessité de courbes de lumière fiables
 - Nécessité d'une calibration optimale
- Que mesure-t-on dans les caméras?
 - Amplitude dans chaque pixel

Signal



Instrumentation

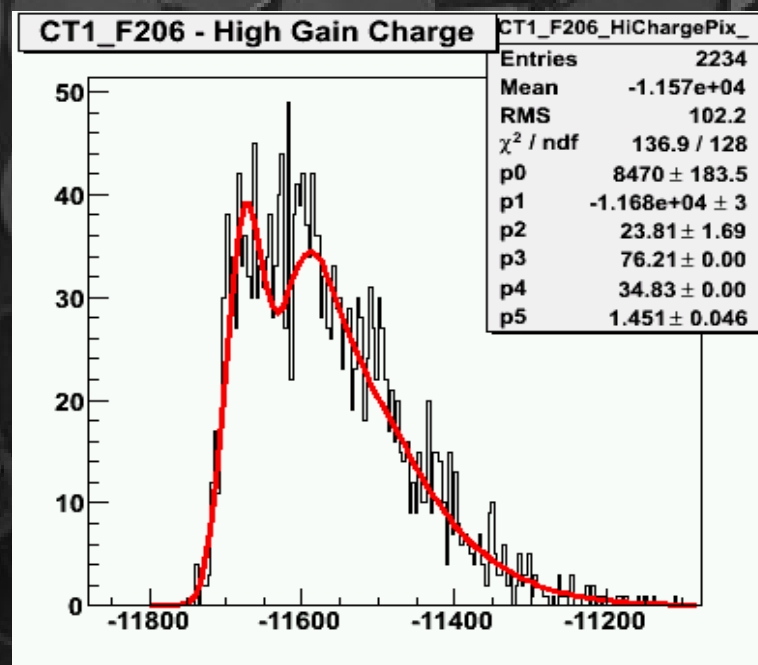
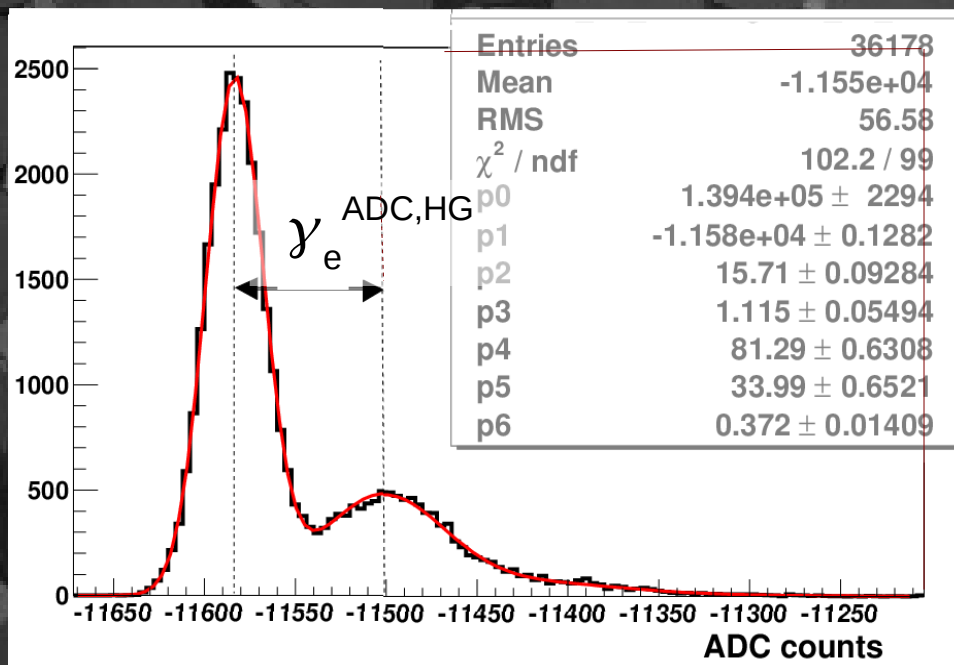


Amplitude du signal:

$$A^{HG} = \frac{ADC^{HG} - P^{HG}}{\gamma_e^{ADC, HG}} \times FF$$

$$A^{BG} = \frac{ADC^{BG} - P^{BG}}{\gamma_e^{ADC, HG}} \times (HG/BG) \times FF$$

Instrumentation



Amplitude du signal:

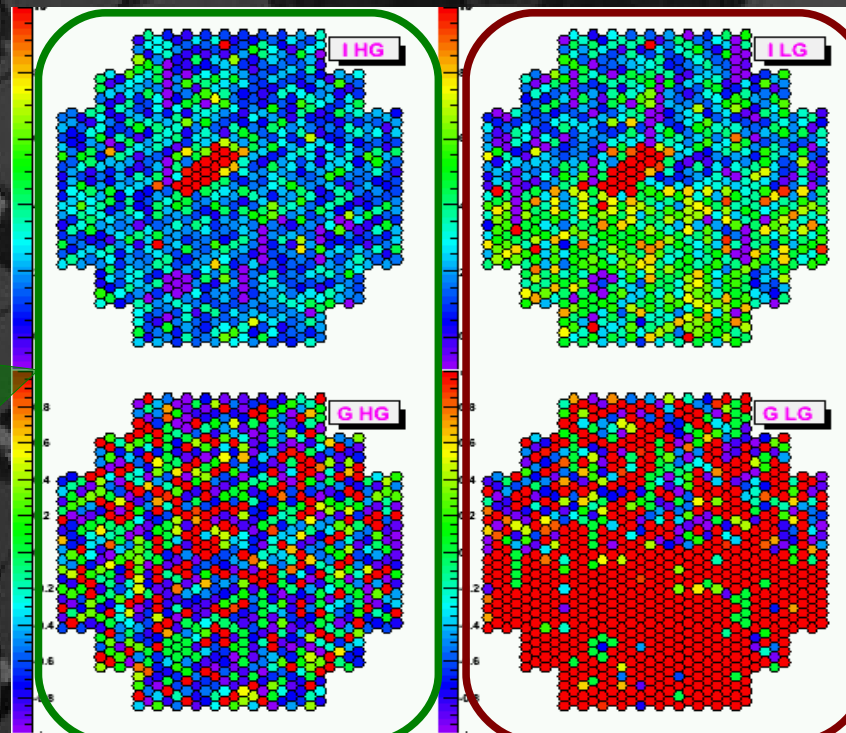
$$A^{HG} = \frac{ADC^{HG} - P^{HG}}{\gamma_e^{ADC, HG}} \times FF$$

$$A^{BG} = \frac{ADC^{BG} - P^{BG}}{\gamma_e^{ADC, HG}} \times (HG/BG) \times FF$$

Modes Communs

- Décalage cohérent des **piédestaux** sur une demi-caméra
 - > Décalage de l'amplitude du signal
 - La valeur du mode commun est la moyenne de ce décalage sur les pixels ne contenant pas de signal

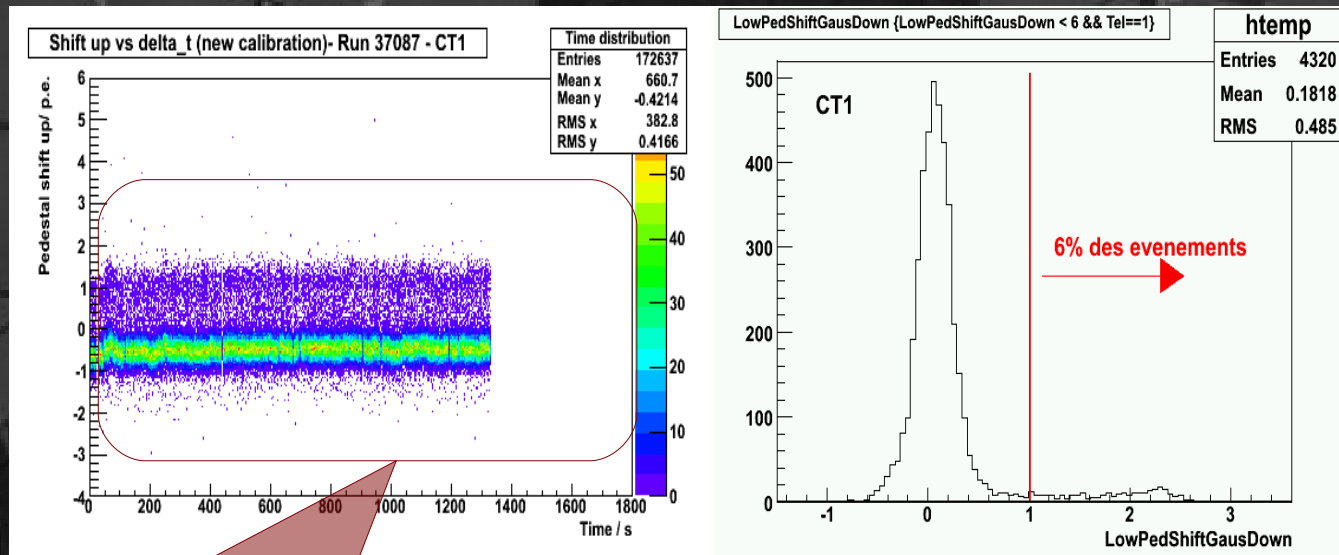
Evénements **sans**
mode commun



Evénements **avec**
modes communs

Modes Communs

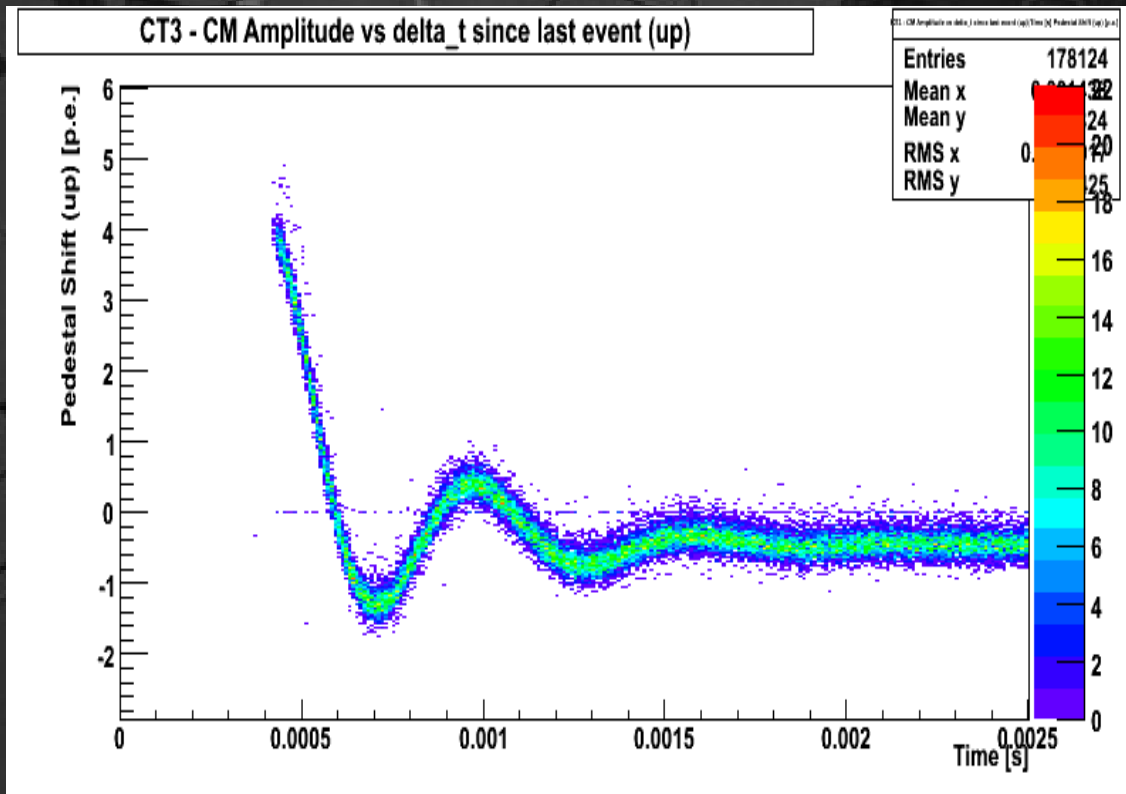
- ~ 6% des événements affectés dans une caméra
- Distribution du décalage du piédestal
 - en fonction du temps depuis le début du run:



Moyenne sur une demi caméra
du décalage du Piédestal
par rapport à la valeur moyenne

Modes Communs

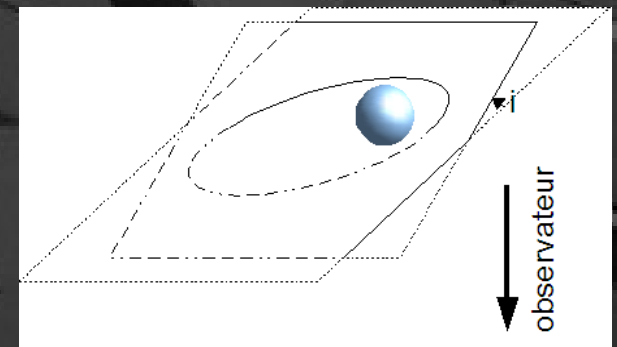
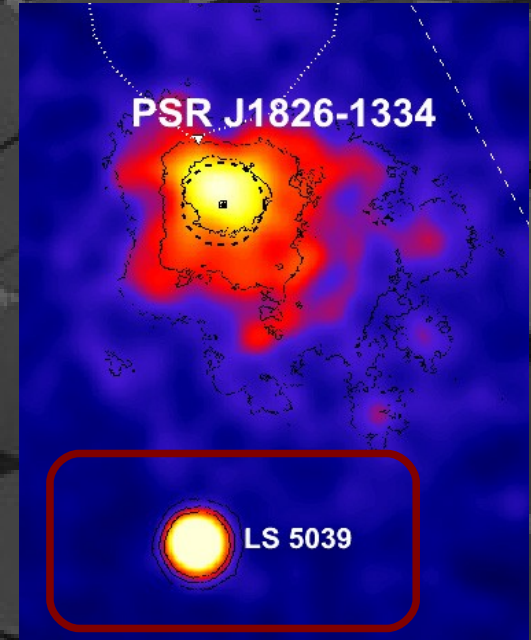
- ~ 5% des événements affectés dans une caméra
- Distribution du décalage du pedestal
 - en fonction du temps depuis l'événement précédent:



- Couplage entre les PM et les alimentations
- Effet compris et corrigé lors de l'analyse

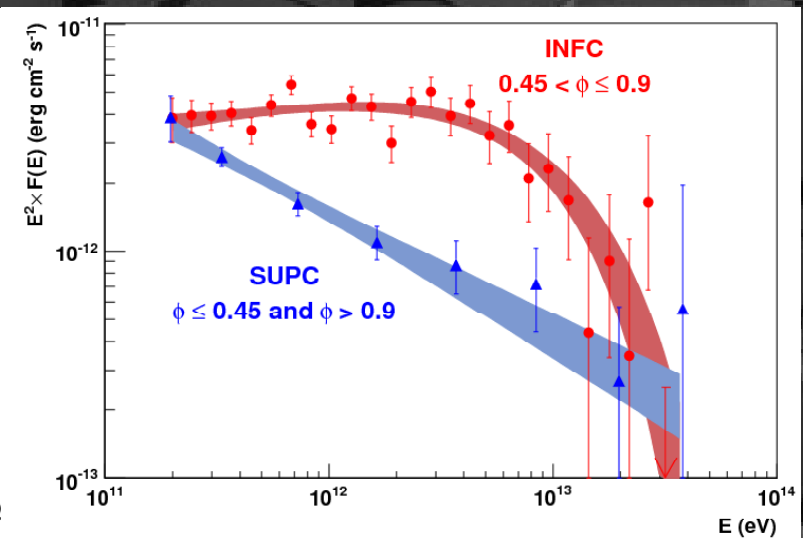
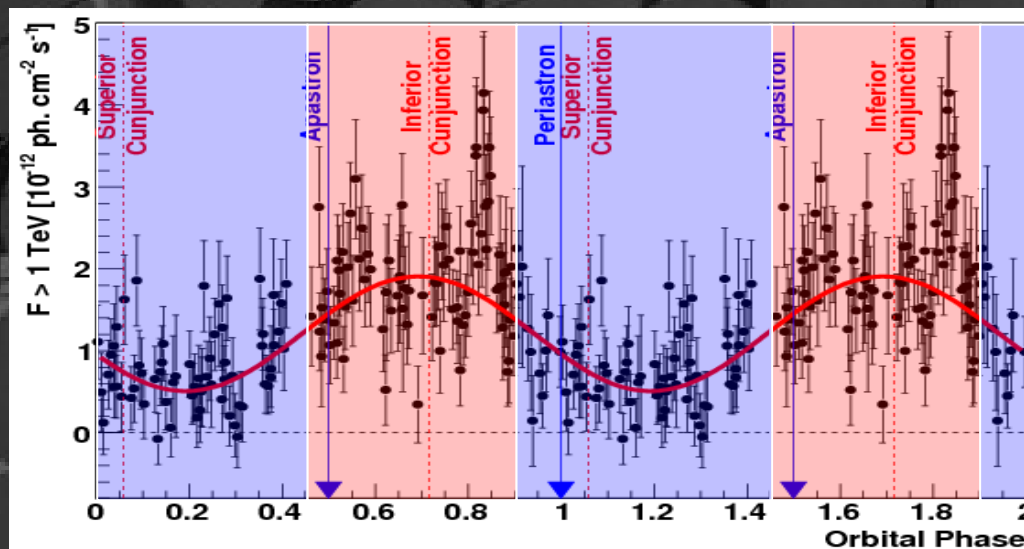
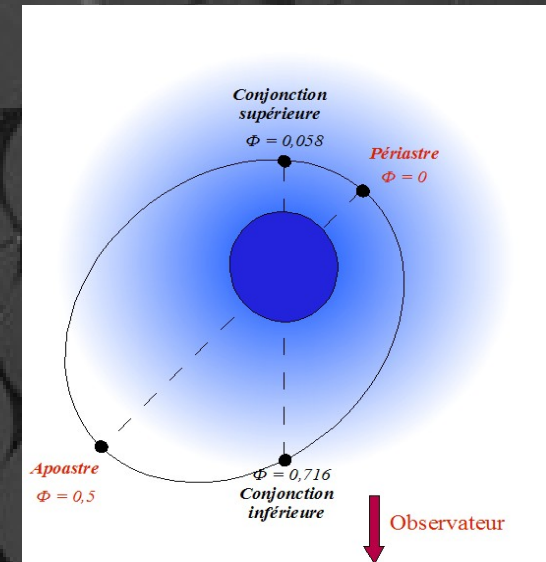
Le système binaire LS 5039

- Découvert par HESS
- Système binaire:
 - Etoile massive ($20 M_{\odot}$), UV
 - Objet compact (trou noir / étoile à neutrons)
 - Incertitude sur la masse de l'objet et absence d'eclipse
 - Trou noir: $i \sim 20^{\circ}$ & $M \sim 4 M_{\odot}$
 - Etoile à neutrons: $i \sim 60^{\circ}$ & $M \sim 1.5 M_{\odot}$
 - Orbite serrée ($d = (2 - 4.5) R_{\star}$)
 $\sim 0.1 \text{ AU} = 0.1 \text{ d(terre - soleil)}$!
 - Période orbitale 3.9 jours
 - Distance $\sim 3 \text{ kpc}$ (9000 années lumières)



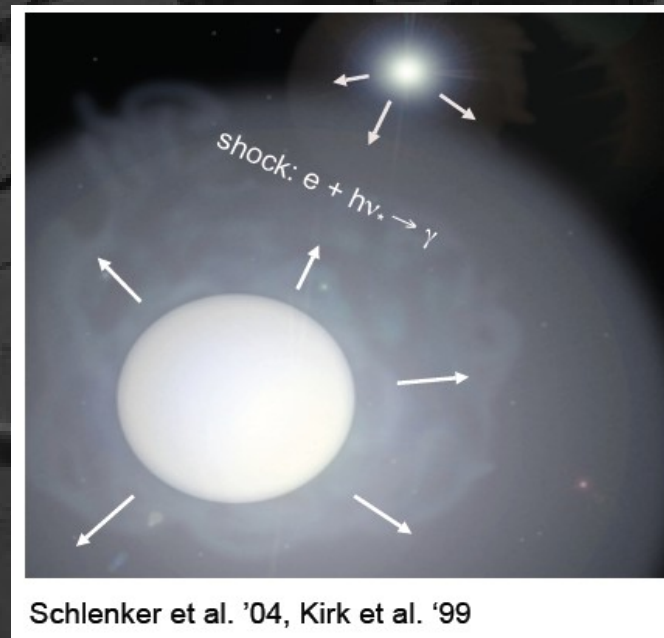
Observations du système binaire LS 5039

- Emission modulée à la période de 3.9 jours
 - Maximum à la conjonction inférieure (objet compact en avant de l'étoile),
 - Minimum à la conjonction supérieure
 - Modulation spectrale
- Première source périodique au TeV
- Interprétation: absorption sur le champ de photons dense de l'étoile massive



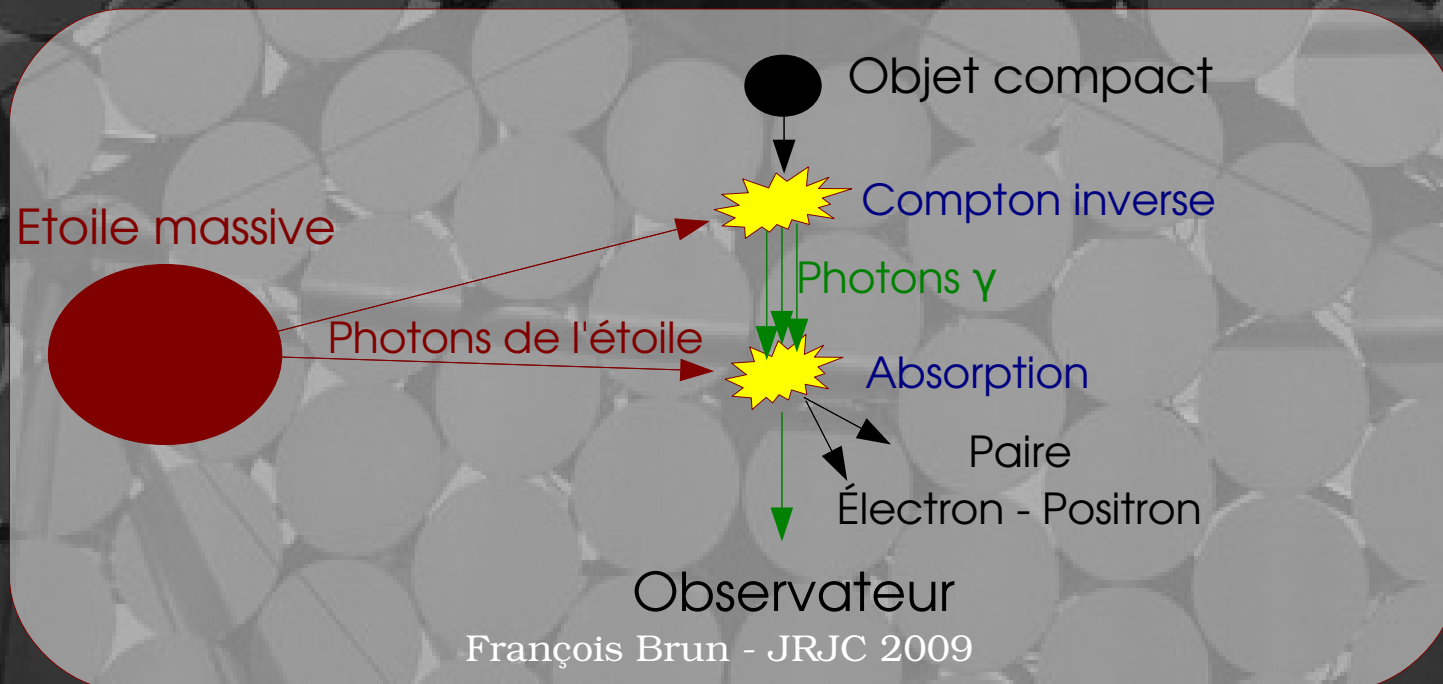
Modélisation du système binaire LS 5039

- Modèle de type PWN:
 - Interaction du vent du pulsar avec le vent de l'étoile massive
 - Onde de choc stationnaire où sont accélérées les particules chargées



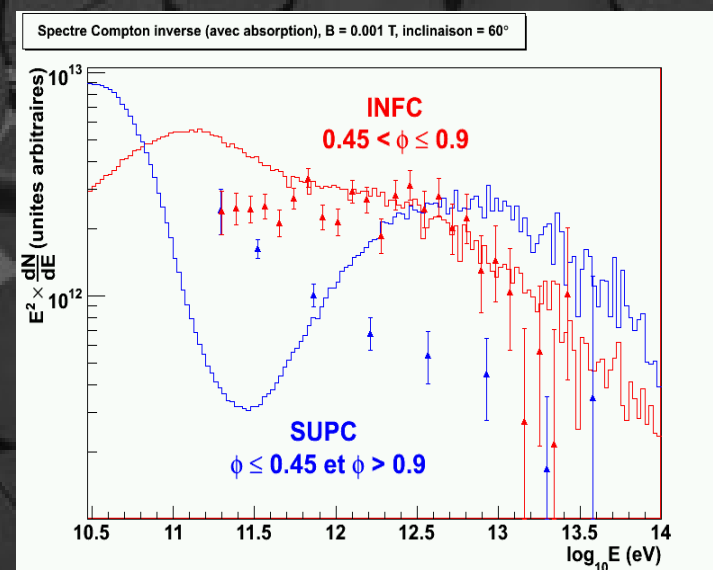
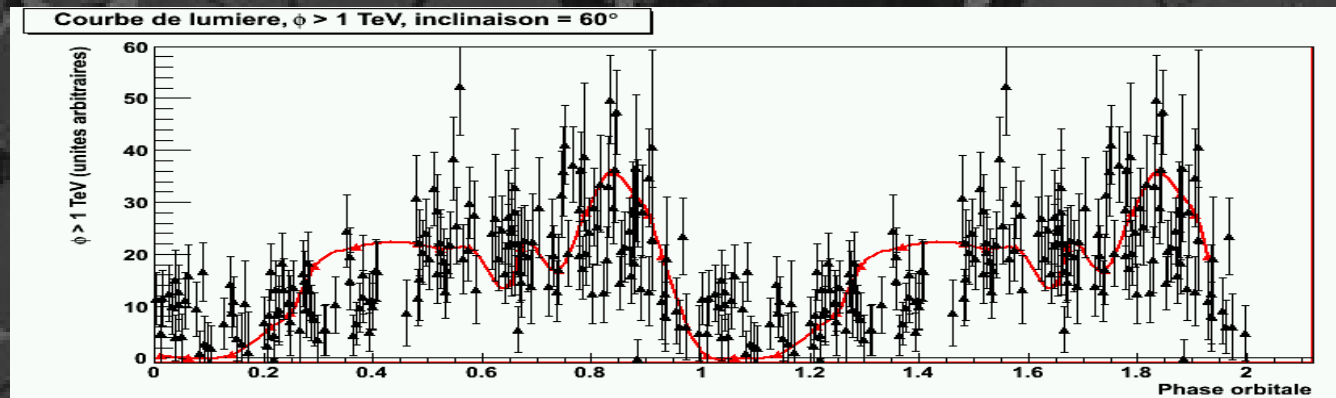
Modélisation du système binaire LS 5039

- Génération d'un spectre d'électrons accélérés
- Processus Compton inverse dépendant de la phase
 - Prise en compte de la géométrie du système (dépendance angulaire de la section efficace)
- Absorption par création de paire sur les photons de l'étoile
 - Dépend aussi de la phase



Modélisation du système binaire LS 5039

- Résultats:
 - Courbes de lumière: en accord avec les observations
 - Spectres: phénomènes de cascade à ajouter



Recherche de nouveaux systèmes binaires au TeV

- Recherche spatiale par comparaison des données HESS et des catalogues
- Recherche temporelle:
 - Microquasars: on peut s'attendre à des sursauts d'émission au TeV
 - Binaires gamma de type PWN: comportement périodique attendu
 - Recherche statistique de sursauts ou de périodicité dans les données de HESS
 - Blocs Bayésiens, méthode des interevents...
 - En cours de développement...

Conclusions

- Les systèmes binaires sont de véritables laboratoires de physique des particules
- Systèmes très complexes, nécessité de regarder dans toutes les longueurs d'onde
- Leur nombre n'est pas encore très important, nécessité de rechercher d'autres objets similaires
 - Intérêt de HESS-II, CTA
 - Recherche à partir des sursauts

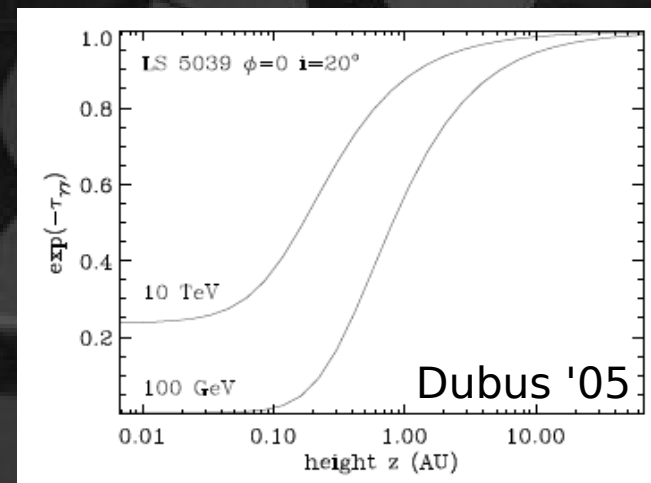
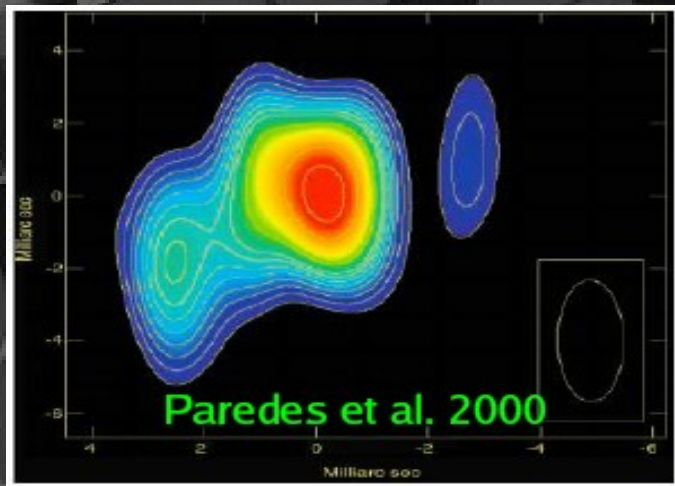
Observation des systèmes binaires au TeV

Merci

François Brun
Journées Rencontres Jeunes Chercheurs
29 Novembre – 5 Décembre 2009

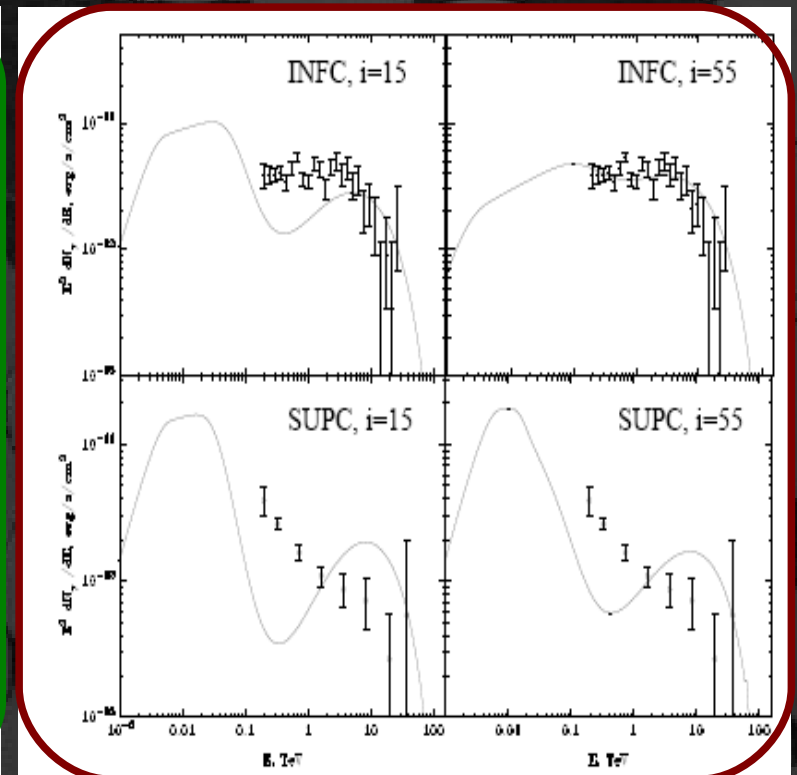
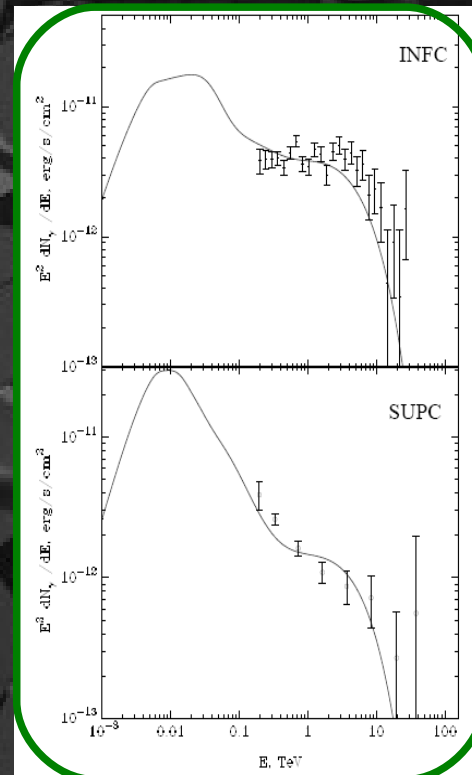
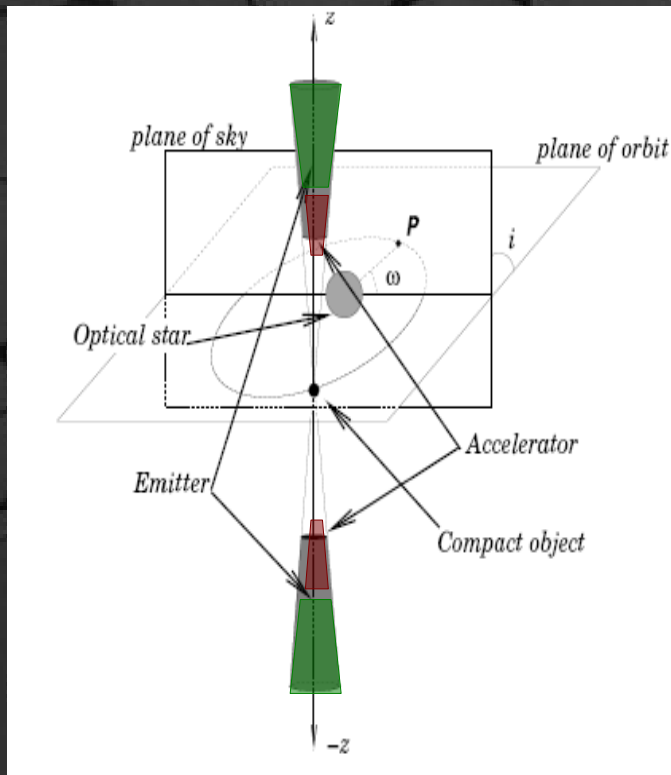
Modèles avec jets

- Jets relativistes alimentés par l'accrétion
 - Observations radio: Indications pour un jet relativiste (~ 100 AU)
- Mais:
 - modulation par l'absorption implique émission proche de l'objet compact (~ 1 AU)
 - Peu de signes d'accrétion



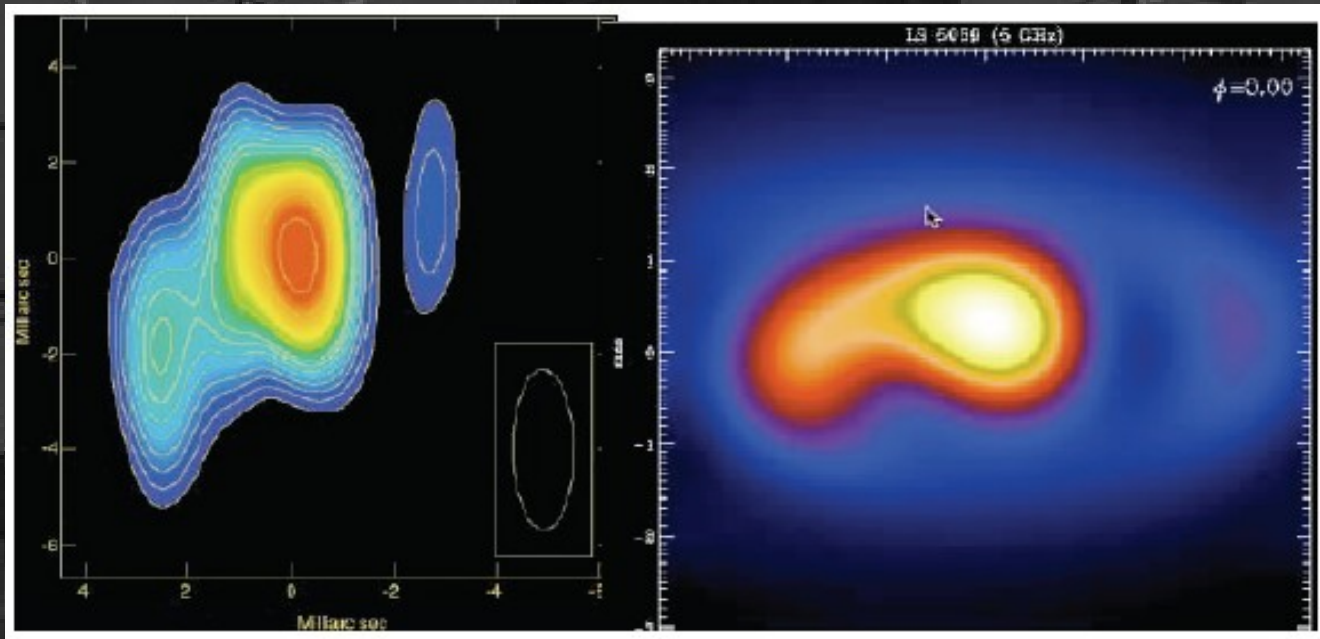
Modèles avec jets

- Modulation -> Emission à la base des jets
- Khangulyan et al. 2007:
 - Bon modèle si l'émission est loin de l'objet compact
 - Moins bon sinon



Modèles de type PWN

- Modélisation du vent à 5 GHz (Dubus '06)
 - Compatible avec les observations radio



Dubus '05