



ÉTUDE DE LA RÉGION DE LA SOURCE NON-IDENTIFIÉE HESS J1745–303 AVEC L'INSTRUMENT *Fermi*-LAT

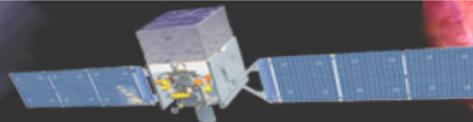


Soutenance de thèse présentée par

Lola FALLETTI

le 3 Octobre 2013

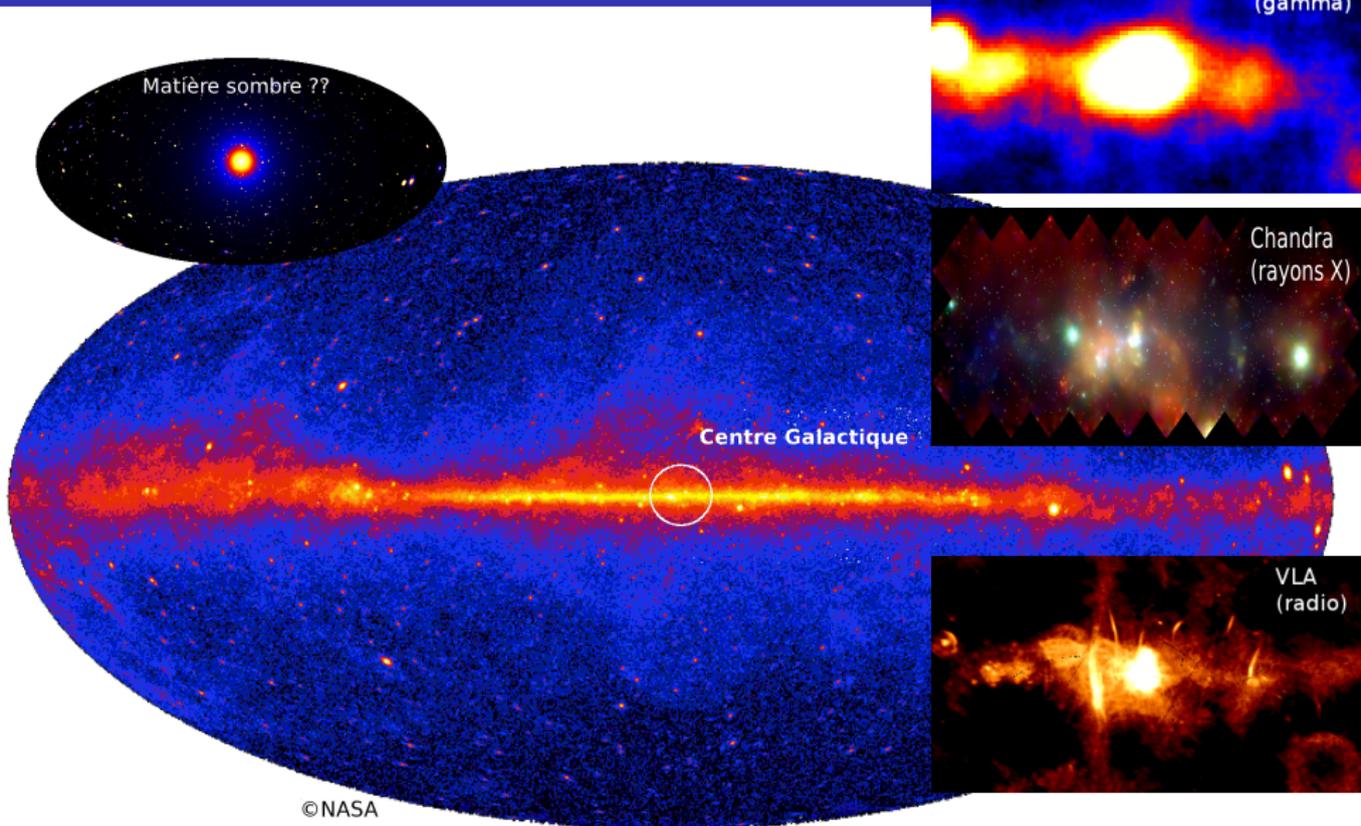
sous la direction de Éric Nuss & Johann Cohen-Tanugi



Sommaire

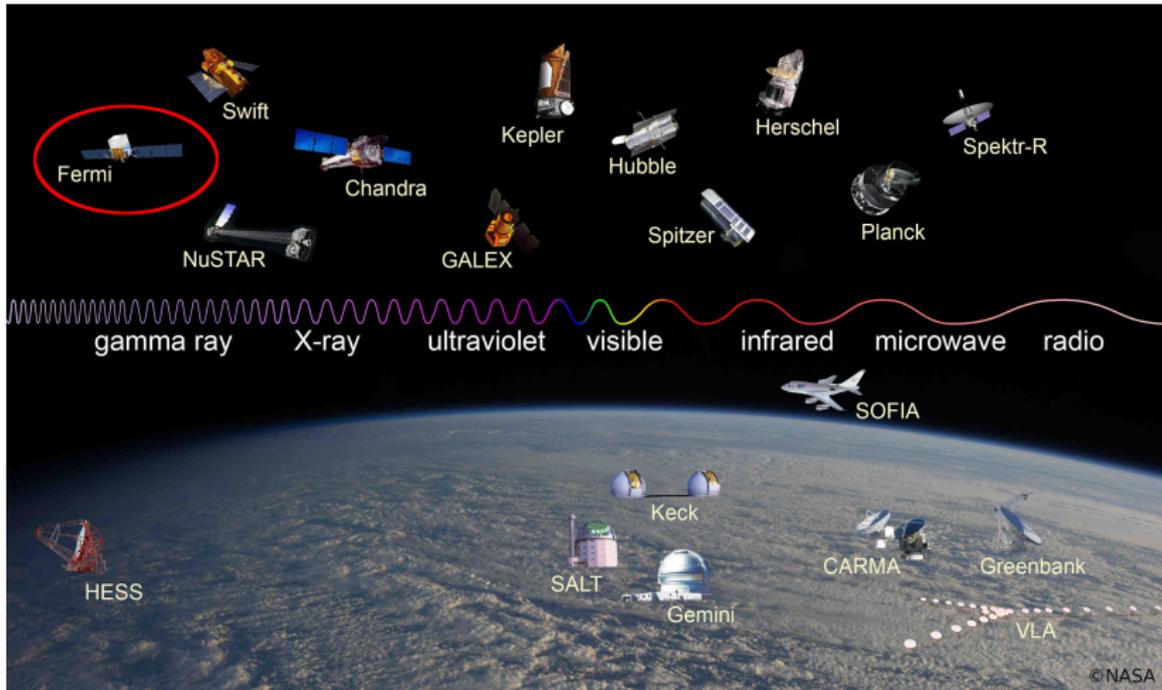
- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303
- 4 Modélisation des processus radiatifs
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303
- 6 Analyses complémentaires
- 7 Conclusions

La région du Centre Galactique

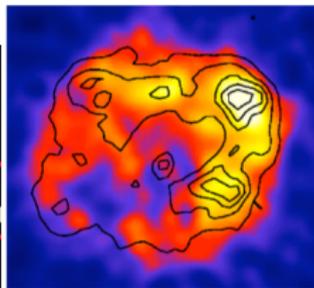


Carte de 3 ans de données de Fermi, $E > 1$ GeV.

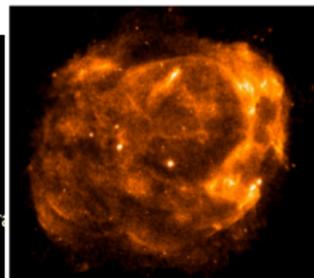
Fermi : contexte multi-longueur d'onde



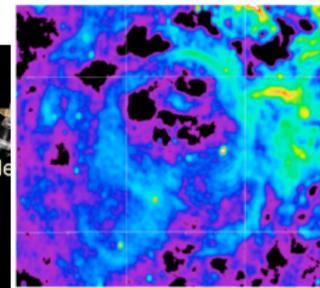
Fermi : contexte multi-longueur d'onde



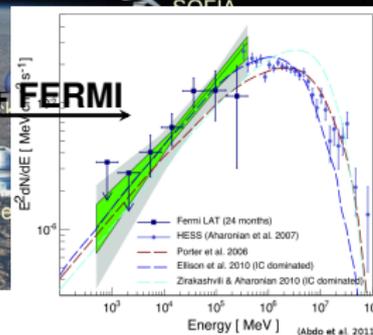
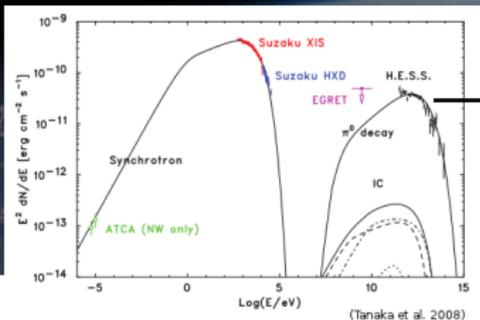
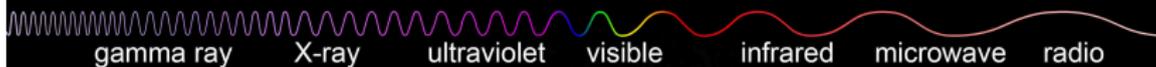
Rayons gamma - HESS



Rayons X - XMM-Newton

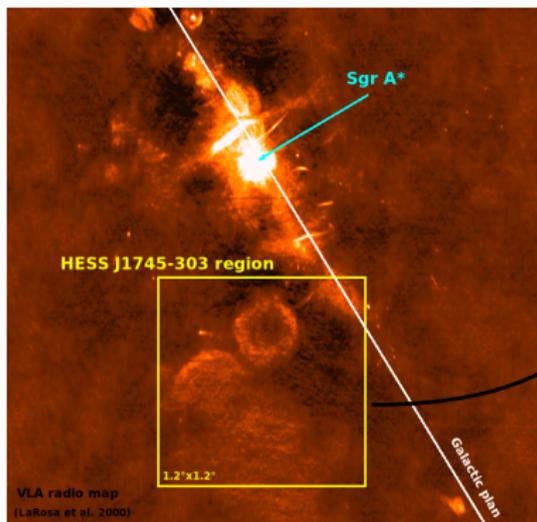


Radio - ATCA

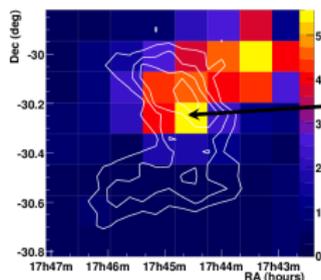
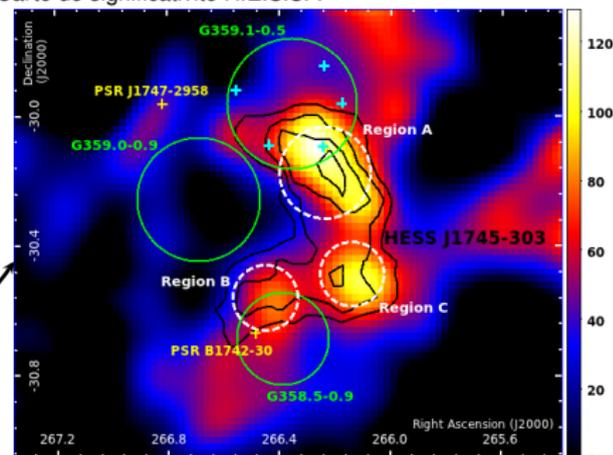


Exemple : vestige de supernova (SNR) RX J1713.7–3946

Région de HESS J1745–303 : résumé multi-longueur d'onde

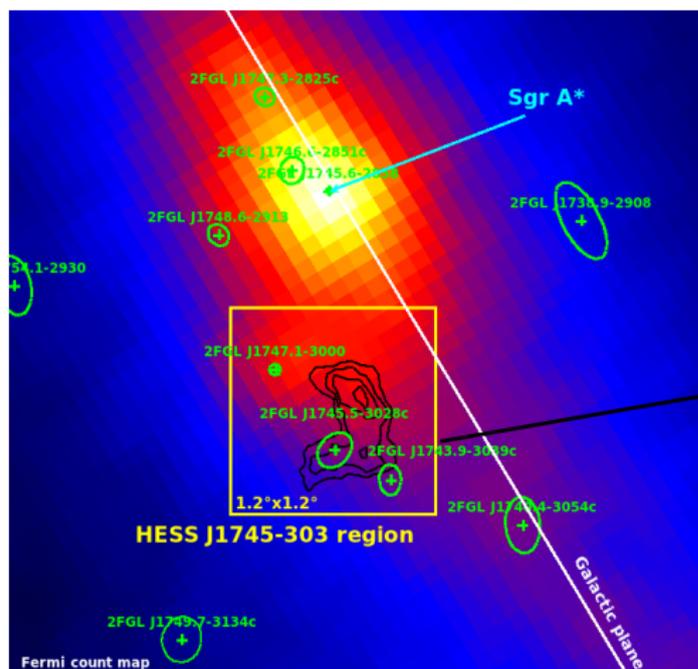


Carte de significativité H.E.S.S. :



- ▶ 2 **pulsars radio** (ATNF catalog)
- ▶ 3 **vestiges de supernova** (Green, 2009)
- ▶ **émission CO** (Aharonian et al., 2008)
- ▶ **masers OH** (Uchida & Roberts, 1995)
- ▶ 1 source étendue **H.E.S.S.** : 3 régions d'émissions **A** \gg **C** $>$ **B** (Aharonian et al., 2008)

HESS J1745–303 : région en rayons γ (Fermi)



300 MeV < E < 200 GeV

Région γ complexe :

- émission diffuse intense ;
- 14 **sources ponctuelles γ** présentes dans le 2FGL (Nolan et al., 2012) dans 3° autour du CG ;

Région de HESS J1745–303 :

- ▶ 2 sources ponctuelles confuses (2FGL J1745.5–3028c et 2FGL J1743.9–3039c) ;
- ▶ le pulsar de la Souris 2FGL J1747.1–3000.

- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi**
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303
- 4 Modélisation des processus radiatifs
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303
- 6 Analyses complémentaires
- 7 Conclusions

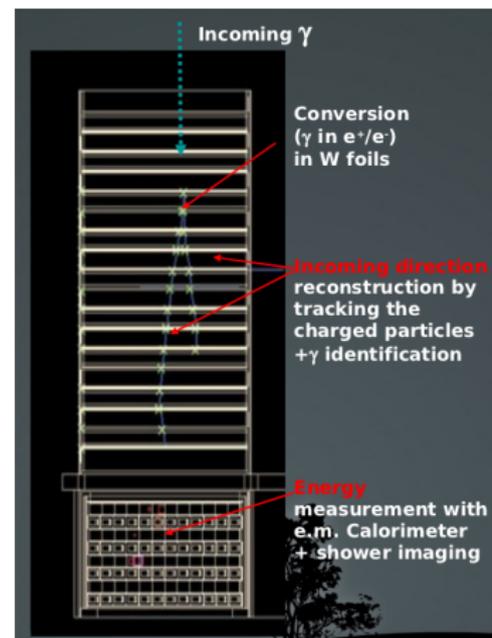
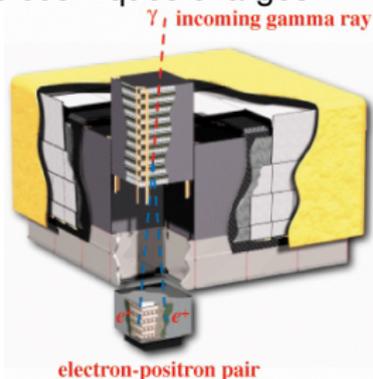
L'observatoire spatial Fermi

- **2 instruments** à bord :
 - ▶ “Large Area Telescope” (**LAT**),
 $20 \text{ MeV} \lesssim E \lesssim 300 \text{ GeV}$.
 - ▶ “Gamma-ray Burst Monitor” (**GBM**),
 $8 \text{ keV} \lesssim E \lesssim 40 \text{ MeV}$.
- Objectif : explorer le ciel en **rayon γ** ;
- Données publiques ;
- Lancement en Juin 2008 ;
- Altitude : 565 km ; période de révolution : 1h30.



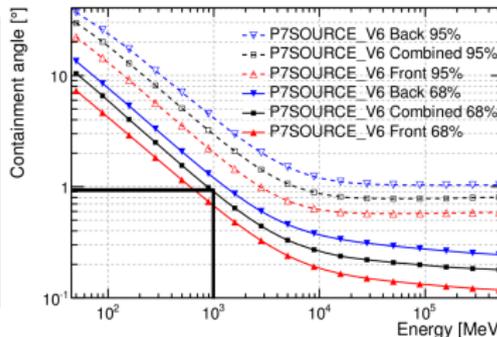
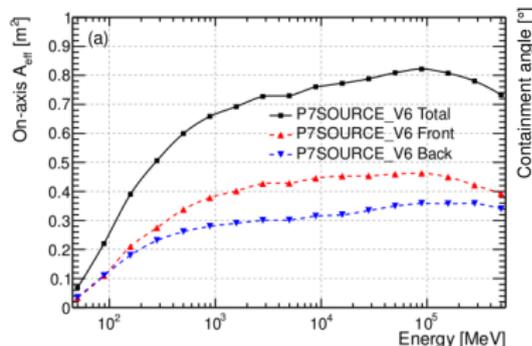
Le télescope spatial Fermi : le LAT

- Champ de vue de 2.4 st, observation de 20% du ciel à chaque instant, ciel entier toutes les 3h (= 2 orbites) ;
- 16 tours identiques constituées d'un **trajectographe** et d'un **calorimètre**
 - ▶ trajectographe : tungstène (conversion $\gamma \rightarrow e^+ + e^-$) + silicium (traces des e^\pm) \Rightarrow direction incidente du photon γ ;
 - ▶ calorimètre : cristaux CsI + $e^\pm \rightarrow$ gerbe électromagnétique \Rightarrow énergie du photon γ ;
- Détecteur **anti-coïncidence** : tuiles de scintillateurs \rightarrow rejet rayons cosmiques chargés

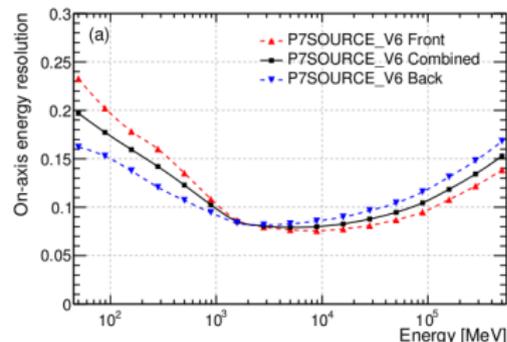


Le télescope spatial Fermi : performances du LAT

Fonctions de réponse (IRFs = surface effective, résolutions angulaire et en énergie) : caractérisent les principales données relatives au LAT.



- $A_{eff} \sim 0.8 \text{ m}^2$ ($E > 10 \text{ GeV}$);
- PSF :
 $\sim 6^\circ$ à 100 MeV,
 $\sim 1^\circ$ à 1 GeV,
 $\sim 0.2^\circ$ à 10 GeV;
- $\Delta E \sim 10\text{--}20\%$.



♣ Historique lots de données et IRFs :

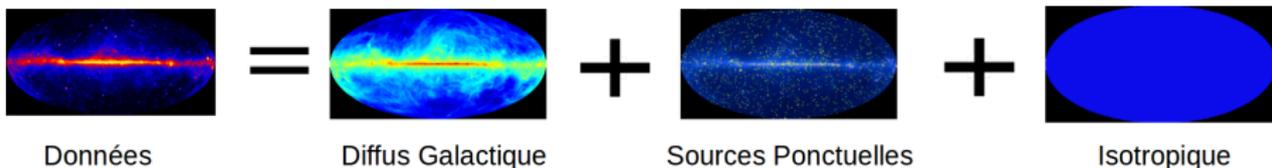
- ⇒ “pass6” (publique : 2008) ;
- ⇒ “**pass7**” (2011) ;
- ⇒ “pass7 reprocessé” (10/2013) ;
- ⇒ “pass8” (2014).

(Ackermann et al. 2012, http://www.slac.stanford.edu/exp/glast/groups/canda/lat_Performance.htm)

- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303**
- 4 Modélisation des processus radiatifs
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303
- 6 Analyses complémentaires
- 7 Conclusions

Analyse Fermi-LAT : introduction

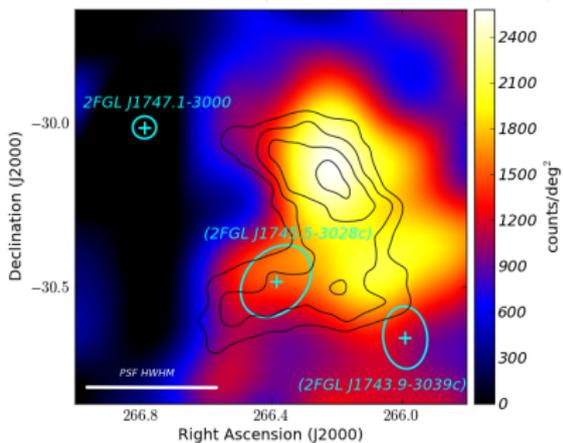
- Lot de données : **45 mois, P7SOURCE_V6, 300 MeV à 200 GeV**, région d'intérêt = 10 deg, centré sur HESS J1745-303.



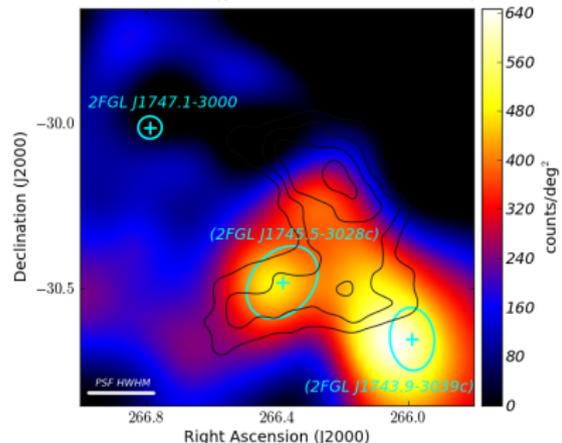
- Modèle des sources :
 - sources ponctuelles et étendues présents dans le **catalogue 2FGL** ;
 - modèles des émissions diffuses Galactique et isotropique.
- Analyse effectuée avec les outils `pointlike` et `gtlike` :
 - méthode du maximum de vraisemblance \Rightarrow ajustement des données à des modèles spectraux et morphologiques.
 - Statistique de Test** : $TS = -2(\ln L_{max,0} - \ln L_{max,1})$
 - $L_{max,0}$ = hypothèse 0
 - $L_{max,1}$ = hypothèse 1significativité $\sigma \sim \sqrt{TS}$

Étude morphologique : cartes des résidus en coupes

⇒ Données - Modèle (= émissions diffuses, source 2FGL J1747.1-3000 (pulsar de la souris))



300 MeV < E < 3 GeV

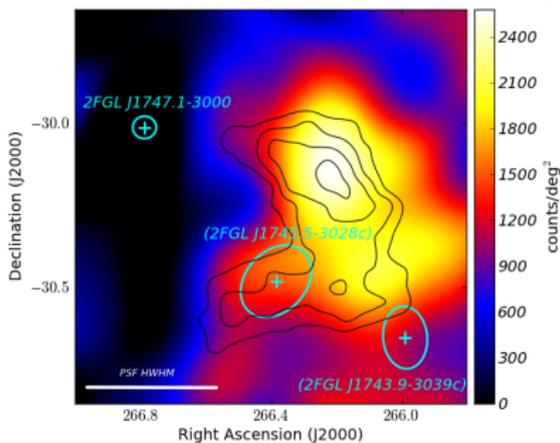


3 GeV < E < 200 GeV

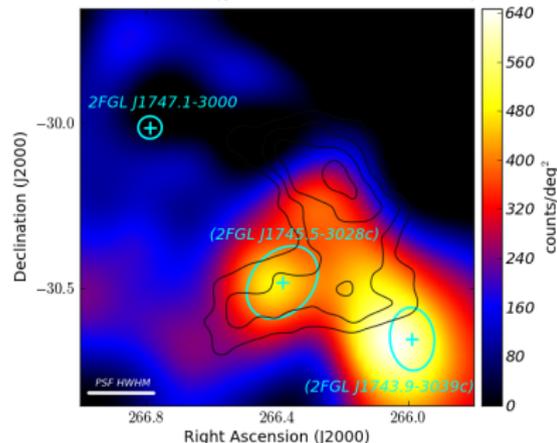
Changement de morphologie ⇒ Analyses séparées à basse/haute énergie nécessaire.

Étude morphologique : cartes des résidus en coups

⇒ Données - Modèle (= émissions diffuses, source 2FGL J1747.1-3000 (pulsar de la souris))



300 MeV < E < 3 GeV



3 GeV < E < 200 GeV

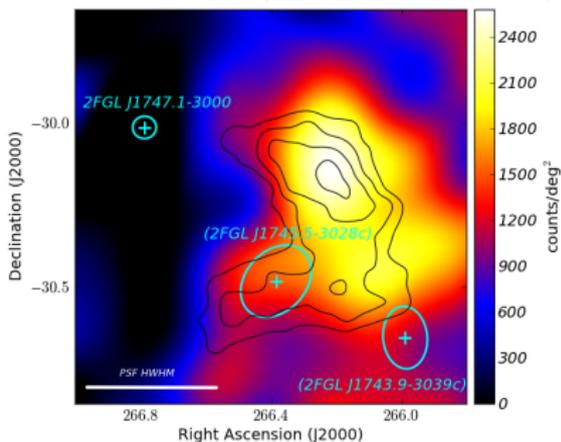
Changement de morphologie ⇒ Analyses séparées à basse/haute énergie nécessaire.

Plan de l'analyse :

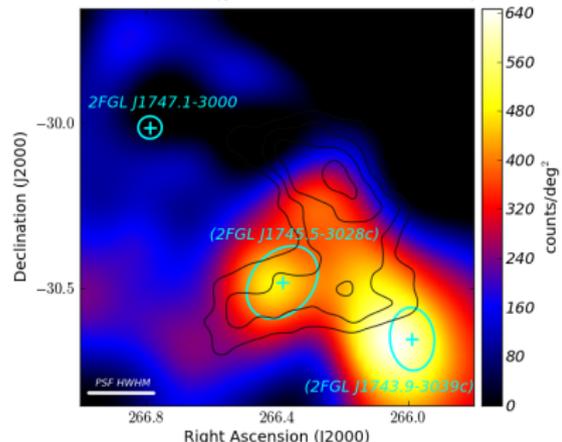
- 1) $E > 3 \text{ GeV}$
 ⇒ relocalisation de **2FGL J1743.9-3039c** (*Src2*) et **2FGL J1745.5-3028c** (*Src1*)
- 2) $300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$
 ⇒ localisation et fit spectral d'une **nouvelle source** (**Region A**) + relocalisation globale et nouveau fit

Étude morphologique : cartes des résidus en coups

⇒ Données - Modèle (= émissions diffuses, source 2FGL J1747.1-3000 (pulsar de la souris))



300 MeV < E < 3 GeV



3 GeV < E < 200 GeV

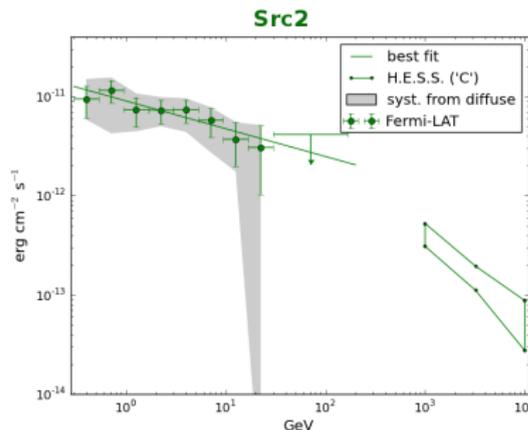
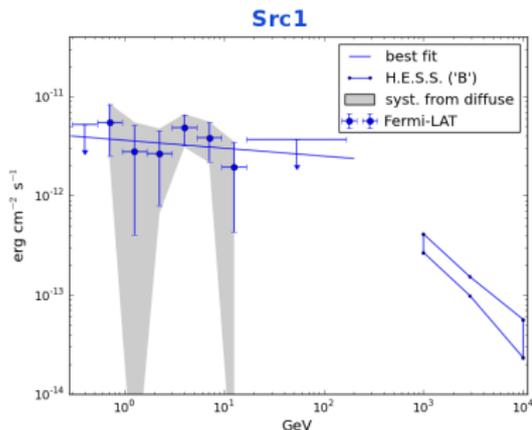
Changement de morphologie ⇒ Analyses séparées à basse/haute énergie nécessaire.

Plan de l'analyse :

- 1) $E > 3 \text{ GeV}$
 ⇒ relocalisation de **2FGL J1743.9-3039c** (*Src2*) et **2FGL J1745.5-3028c** (*Src1*)
- 2) $300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$
 ⇒ localisation et fit spectral d'une **nouvelle source (Region A)** + relocalisation globale et nouveau fit

Src1 (aka 2FGL J1745.5-3028c) et Src2 (aka 2FGL J1743.9-3039c)

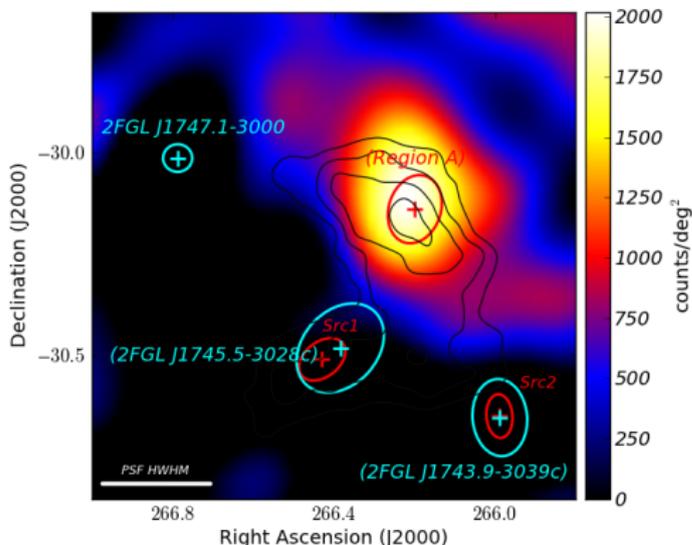
- Résultats après analyse globale ($E > 300$ MeV) \Rightarrow spectres en **loi de puissance**.
- Localisations compatibles à 95% de confiance avec les positions des sources 2FGL.
- Pas d'extension significative.



| $F = F_0 E^{-\Gamma}$ | Src1 | Src2 |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| $F_0 \times 10^{-13}$ (@ 3 GeV) [$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{MeV}^{-1}$] | $2.3 \pm 0.6_{\text{stat}}$ | $4.6 \pm 0.6_{\text{stat}}$ |
| Γ | $2.08 \pm 0.20_{\text{stat}}$ | $2.28 \pm 0.11_{\text{stat}}$ |
| Test Statistic | 27 | 78 |

Nouvelle source compatible avec “HESS-région A”

- Nouvelle source “Region A”

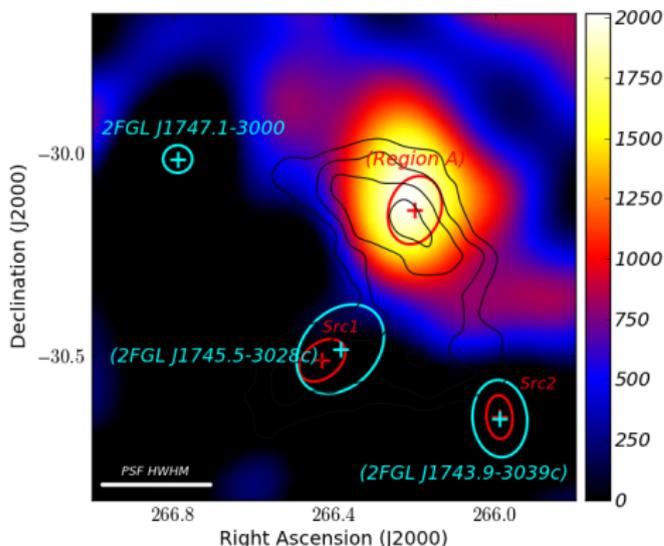


Carte des résidus en coups ($300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$), Region A non incluse au modèle.

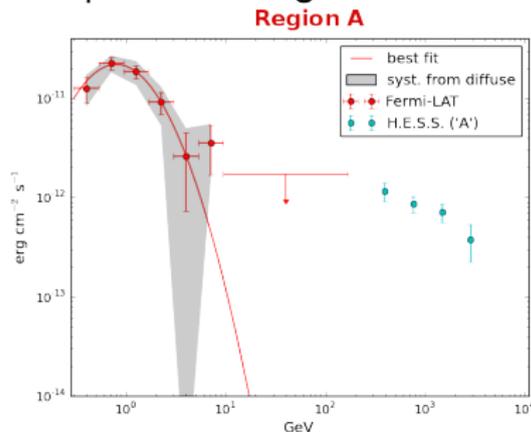
Nouvelle source compatible avec “HESS-région A”

- Nouvelle source “Region A” modélisée par un spectre de “**LogParabola**” :

$$TS_{\text{LogParabola}} - TS_{\text{PowerLaw}} \approx 17.$$



Carte des résidus en coups ($300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$), Region A non incluse au modèle.

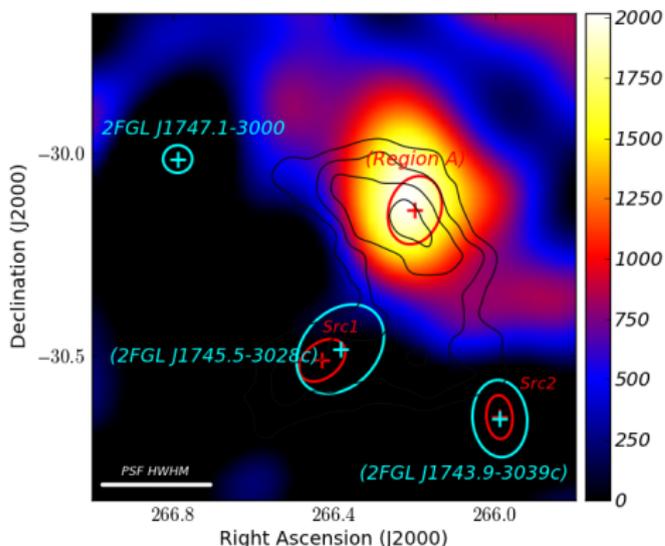


| $F = F_0 E^{-(\Gamma + \beta \log(E))}$ | Region A |
|--|-------------------------------|
| $F_0 \times 10^{-11}$ (@1 GeV) [$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MeV}^{-1}$] | $1.34 \pm 0.20_{\text{stat}}$ |
| Γ | $2.34 \pm 0.20_{\text{stat}}$ |
| β | $0.86 \pm 0.32_{\text{stat}}$ |
| Test Statistic | 76 |

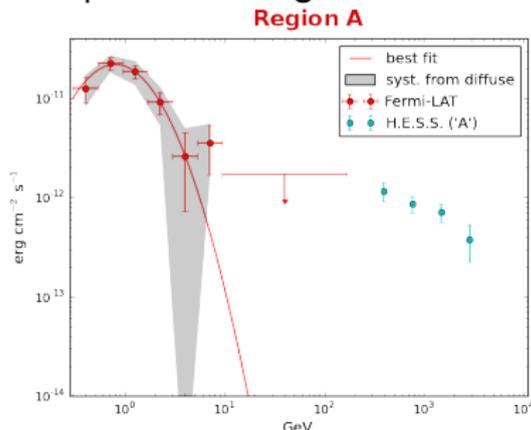
Nouvelle source compatible avec "HESS-région A"

- Nouvelle source "Region A" modélisée par un spectre de "LogParabola" :

$$TS_{\text{LogParabola}} - TS_{\text{PowerLaw}} \approx 17.$$



Carte des résidus en coups ($300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$), Region A non incluse au modèle.

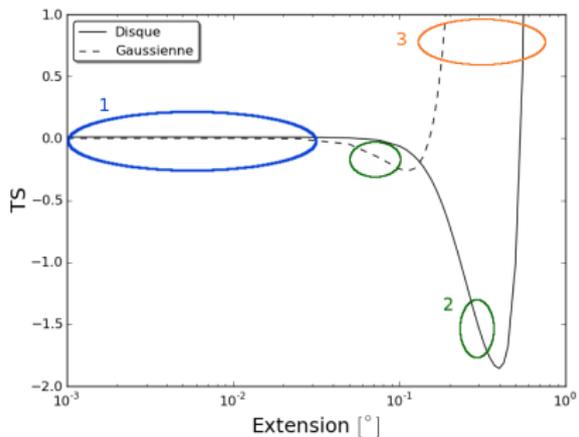


| $F = F_0 E^{-(\Gamma + \beta \log(E))}$ | Region A |
|--|-------------------------------|
| $F_0 \times 10^{-11}$ (@1 GeV) [$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MeV}^{-1}$] | $1.34 \pm 0.20_{\text{stat}}$ |
| Γ | $2.34 \pm 0.20_{\text{stat}}$ |
| β | $0.86 \pm 0.32_{\text{stat}}$ |
| Test Statistic | 76 |

- Fermi/H.E.S.S. : pas de compatibilité spectrale continue.
- Spectre typique de pulsar mais aucun signal pulsé détecté.

Étude de l'extension de Region A

- Comparaison de 2 modèles spatiaux :
 - ▶ distribution **gaussienne**, paramètre de largeur σ
 - ▶ **disque uniforme**, rayon r
- Hypothèse source ponctuelle : σ et $r = 0.001^\circ$
- Significativité de l'extension $\Rightarrow TS = -2 * (\ln L_{pct} - \ln L_{ext})$



- **1** : $TS \approx 0 \Rightarrow$ pas d'extension
- **2** : $TS \searrow \Rightarrow$ hyp. source étendue défavorable
- **3** : $TS \nearrow \Rightarrow$ hyp. source étendue favorable, mais probablement dû à la confusion des sources

\Rightarrow Region A ne présente **pas d'extension** significative.

Étude des erreurs systématiques

- Variation de la normalisation de l'**émission diffuse Galactique** :
 - ▶ à cause d'une connaissance imparfaite de l'émission diffuse Galactique ;
 - ▶ ⇒ variation norme $\pm 6\%$ (cf SNR W49B, Abdo et al. 2012).
- Utilisation des **IRFs modifiées** :
 - ▶ surface effective de détection A_{eff} modifiée pour maximiser l'erreur sur les paramètres spectraux ;
 - ▶ $A_{eff}^{modif}(E) = A_{eff}(E) * (1 + err(E) * b(E))$

| | Src1 | Src2 |
|--|--|--|
| Spectre | <i>Power Law</i> | <i>Power Law</i> |
| $F_0 \times 10^{-13}$ (@ 3 GeV) [cm ⁻² s ⁻¹ MeV ⁻¹] | $2.3 \pm 0.6_{stat} \pm 0.5_{syst_Gal} \pm 0.9_{syst_IRF}$ | $4.6 \pm 0.6_{stat} \pm 1.1_{syst_Gal} \pm 1.6_{syst_IRF}$ |
| Γ | $2.08 \pm 0.20_{stat} \pm 0.06_{syst_Gal} \pm 0.12_{syst_IRF}$ | $2.28 \pm 0.11_{stat} \pm 0.10_{syst_Gal} \pm 0.11_{syst_IRF}$ |

| Region A | |
|--|--|
| Spectre | <i>LogParabola</i> |
| $F_0 \times 10^{-11}$ (@ 1 GeV) [cm ⁻² s ⁻¹ MeV ⁻¹] | $1.34 \pm 0.20_{stat} \pm 0.21_{syst_Gal} \pm 0.49_{syst_IRF}$ |
| Γ | $2.32 \pm 0.20_{stat} \pm 0.19_{syst_Gal} \pm 0.05_{syst_IRF}$ |
| β | $0.88 \pm 0.31_{stat} \pm 0.31_{syst_Gal} \pm 0.08_{syst_IRF}$ |

Étude des erreurs systématiques : modèles de diffus alternatifs

● Modèles alternatifs de l'émission diffuse Galactique (catalogue SNRs, de Palma et al. 2013)

- ▶ **8 modèles "Gal"**, combinaison de \neq critères : distribution sources des RC (Lorimer et SNR) ; taille du halo (4 et 10 kpc) ; T_s (150 et 10^5 K) ;
 - ▶ pour chaque modèle Gal : **11 composants** (*potentiellement libres*) \Rightarrow IC, H_I ($\times 4$), CO ($\times 4$), Loop I & les Bulles ;
 - ▶ **8 modèles isotropiques** pour chacun des modèles Gal ;
- \Rightarrow erreurs plus faible que pour la méthode " **$\pm 6\%$** "

| | Src1 | Src2 |
|--|--|--|
| Spectre | <i>Power Law</i> | <i>Power Law</i> |
| $F_0 \times 10^{-13}$ (@ 3 GeV) [cm ⁻² s ⁻¹ MeV ⁻¹] | $2.3 \pm 0.6_{stat} \pm 0.3_{syst_Gal-v2}$ | $4.6 \pm 0.6_{stat} \pm 1.4_{syst_Gal-v2}$ |
| Γ | $2.08 \pm 0.20_{stat} \pm 0.03_{syst_Gal-v2}$ | $2.28 \pm 0.11_{stat} \pm 0.05_{syst_Gal-v2}$ |

| Region A | |
|--|--|
| Spectre | <i>LogParabola</i> |
| $F_0 \times 10^{-11}$ (@ 1 GeV) [cm ⁻² s ⁻¹ MeV ⁻¹] | $1.34 \pm 0.20_{stat} \pm 0.09_{syst_Gal-v2}$ |
| Γ | $2.32 \pm 0.20_{stat} \pm 0.06_{syst_Gal-v2}$ |
| β | $0.88 \pm 0.31_{stat} \pm 0.41_{syst_Gal-v2}$ |

- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303
- 4 Modélisation des processus radiatifs**
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303
- 6 Analyses complémentaires
- 7 Conclusions

Modélisation des processus radiatifs

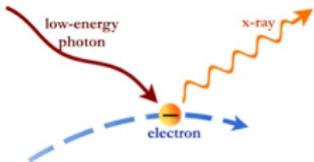
Photons produits de la **radio** aux γ par interaction de **particules chargées** (électrons ou protons) avec leur environnement \Rightarrow plusieurs **processus** :

- Émission **synchrotron** (radio, rayons X)



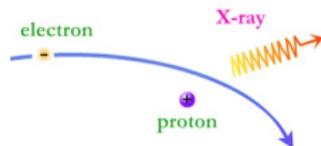
\Rightarrow champ magnétique homogène **B**.

- Émission **Compton inverse** (rayons X, γ)



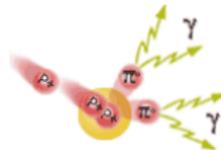
$n_{ph} \Rightarrow$ **champs de photons** (**T** et **U**)
CMB, IR (poussière), optique (étoiles)

- **Bremsstrahlung** (rayons X, γ)



Densité de particules n_S des différents gaz cibles \Rightarrow **n_H** .

- **Processus hadronique** (rayons X, γ)



+ émission particules secondaires (e^- et e^+) \Rightarrow émissions leptoniques.

Densité d'hydrogène \Rightarrow **n_H** .

Modélisation des processus radiatifs

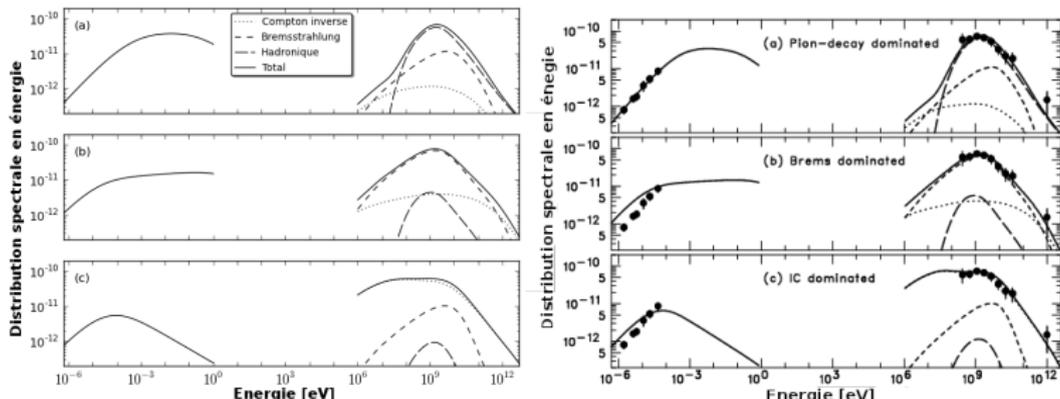
⇒ Développement d'un code de **modélisation** en *Python* : calcul des **distributions en énergie (SED)** à ajuster sur les **données**.

- **Spectre des particules** : ($i = e$ ou p) :

$$\frac{dN_i}{d\gamma} \propto \left(\frac{\gamma}{\gamma_0}\right)^{-\Gamma} * \exp\left(-\frac{\gamma}{\gamma_c}\right)$$

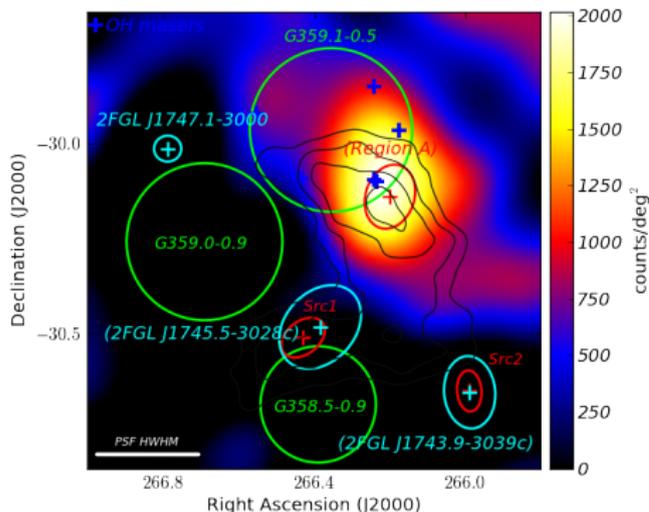
Paramètres W_i (quantité énergie allouée à classe de particule i), Γ et E_c ($\propto \gamma_c$).

- ⇒ **Hypothèses** (données astrophysiques) sur plusieurs paramètres (T , U , n_H).
- ⇒ **Ajustement** de B , W_i , Γ et E_c .
- Application SNR W51C (Abdo et al. 2009) :

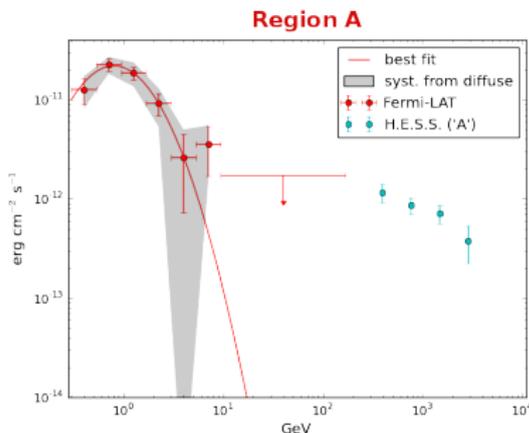


- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303
- 4 Modélisation des processus radiatifs
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303**
- 6 Analyses complémentaires
- 7 Conclusions

Interprétation : focus sur Region A

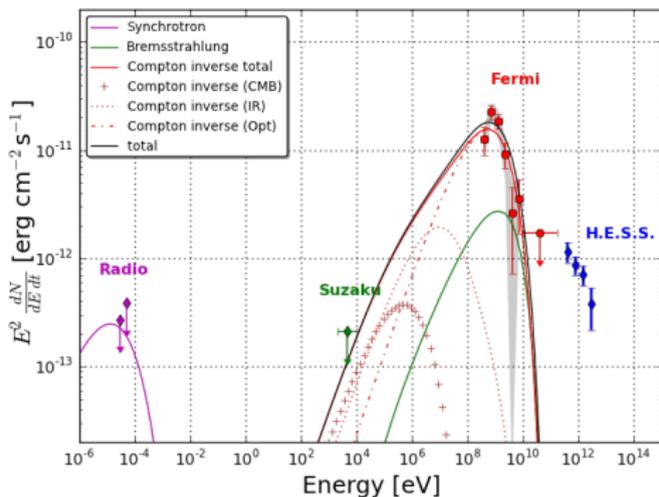


Carte de résidus en coup, $300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$, Region A non incluse au modèle.



- Processus d'émission de photons \Rightarrow 3 scénarios examinés :
 - I/ Compton inverse dominant
 - II/ Bremsstrahlung et hadronique
 - III/ Scénario hadronique

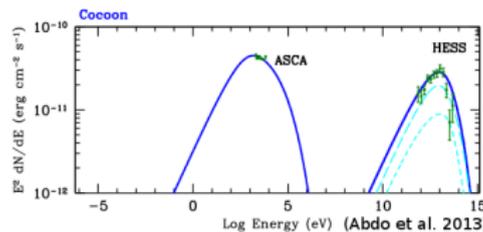
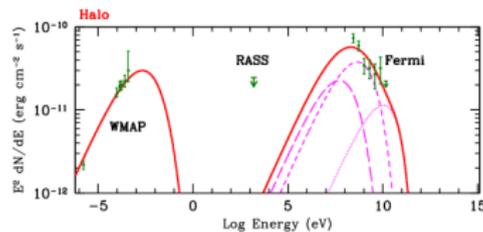
I/ Processus Compton inverse dominant (Fermi)



- $B \sim 2.5 \mu\text{G}$ est peu réaliste ;

- Scénario “à la” Vela X : nécessité d’avoir **2 population d’électrons** :

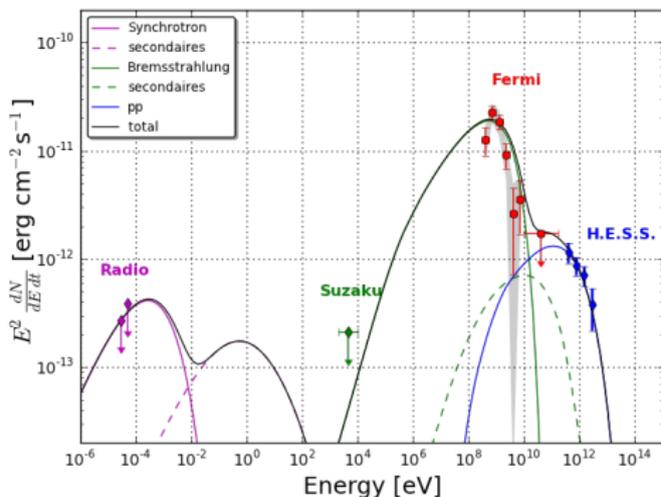
- ▶ *halo* de la PWN \Rightarrow IC au GeV (*Fermi*)
- ▶ *cocon* de la PWN \Rightarrow IC au TeV (H.E.S.S.)



| $n_H [\text{cm}^{-3}]$ | Γ | $E_{C,e} [\text{eV}]$ | $W_e [\text{erg}]$ | $B_{max} [\mu\text{G}]$ |
|------------------------|----------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 1.5 | 7×10^9 | 1.5×10^{50} | 2.5 |

\Rightarrow processus **leptonique pur** : scénario **peu probable**.

II/ Bremsstrahlung (Fermi) et hadronique (H.E.S.S.)



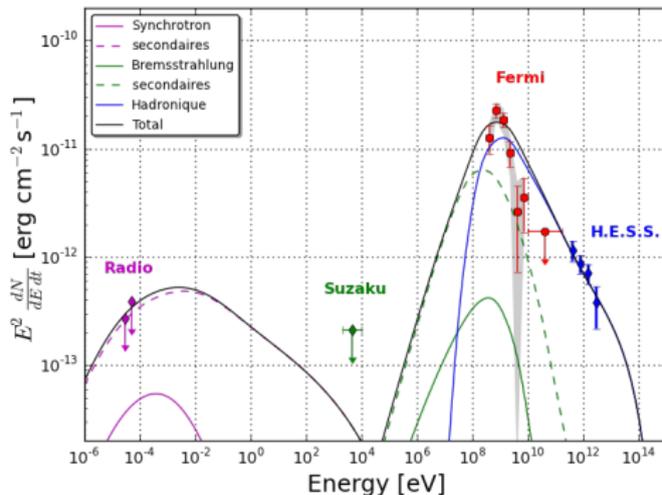
- W_e et W_p cohérentes par rapport à $W_{SNR} \approx 10^{51}$ erg ;
- $n_H = 5000 \text{ cm}^{-3} \Rightarrow W_e$ faible \Rightarrow pas d'émission IC ;
- si n_H plus faible $\Rightarrow W_e$ plus grand \Rightarrow émission IC dominant \Rightarrow cas I.

| n_H [cm ⁻³] | Γ | $E_{c,e}$ [eV] | $E_{c,p}$ [eV] | B_{max} [μG] | W_e [erg] | W_p [erg] |
|---------------------------|----------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| 5000 | 1.7 | 6×10^9 | 10×10^{12} | 110 | 5×10^{47} | 6×10^{46} |

\Rightarrow processus mixte **leptonique & hadronique** : scénario **possible** (mais **indice dur** ($1.7 < \sim 2$) pour un SNR âgé).

III/ Scénario hadronique (pour Fermi et H.E.S.S.)

$$\text{Spectres } e^- \text{ et } p : \frac{dN}{dE} \propto \left(\frac{E}{E_0}\right)^{-\Gamma} * \left(1 + \left(\frac{E}{E_{break}}\right)^2\right)^{-\Delta\Gamma/2}$$



- **Scénario favorisé** par le contexte astrophysique (SNR, MC, masers OH...);
- E_{break} : paramétrisation lors interaction SNR/nuage moléculaire ;
- Une seule population $p \Rightarrow$ “**tensions**” entre *Fermi* et H.E.S.S. ;
- **2 populations de protons** ? interaction SNR/MC (GeV) ? échappement RC (TeV) ?

| n_H [cm ⁻³] | Γ | $\Delta\Gamma$ | E_{break} [eV] | B_{max} [μG] | W_p [erg] | W_e [erg] |
|---------------------------|----------|----------------|------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| 5000 | 1.4 | 1.1 | 9×10^9 | 350 | 1×10^{48} | 1×10^{46} |

\Rightarrow processus **hadronique pur** : scénario **peu satisfaisant**.

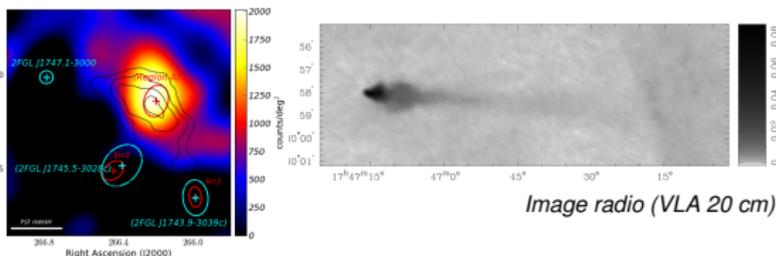
Interprétation : résumé

- Données multi- λ \Rightarrow ajustement des modèles d'émission suivant différents scénarios.
- Cas I (**purement leptonique**) :
 - ▶ e^- accélérés par nébuleuse de pulsar \Rightarrow photons au GeV ;
 - ▶ **mais** $B(max)$ peu réaliste, énergétique problématique.
- Cas II (**mixte**) :
 - ▶ protons échappés du SNR (photons au TeV) puis e^- (photons au GeV) ;
 - ▶ cas possible **mais** indice spectral dur.
- Cas III (**purement hadronique**) :
 - ▶ contexte astrophysique \Rightarrow interaction SNR/nuage moléculaire ;
 - ▶ **mais** indice spectral dur, tensions GeV/TeV.
- Émission *Fermi* : **pulsar ? !**

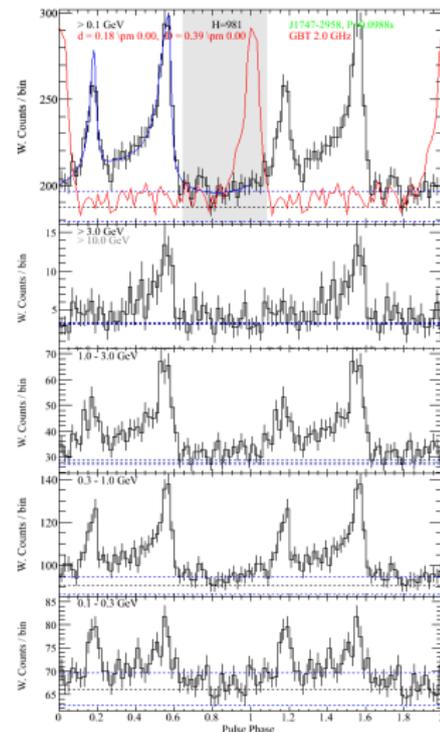
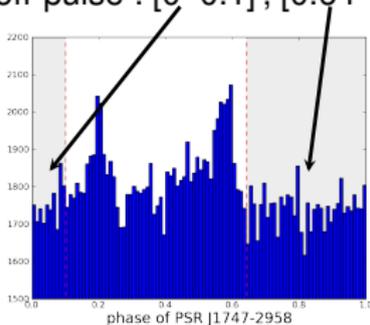
- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303
- 4 Modélisation des processus radiatifs
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303
- 6 Analyses complémentaires**
- 7 Conclusions

Analyse OFF-pulse (Pass7) : le pulsar de la Souris

- PSR J1747–2958 : pulsar de la Souris (PWN G359.23–0.82) ; âge $\approx 2.5 \times 10^5$ années ; $2 < d < 5.5$ kpc (Uchida et al., 1992 ; Manchester et al., 2002)

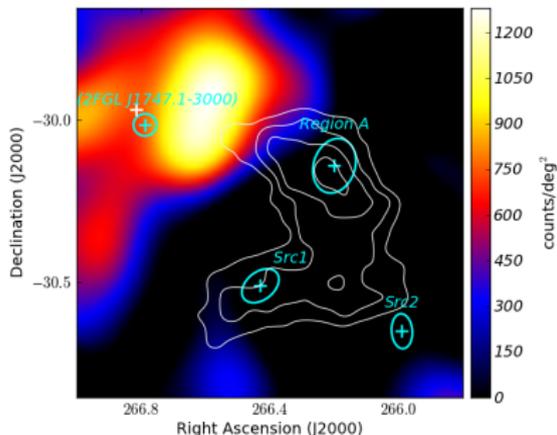


- pulsar détecté en rayons γ
 - ⇒ analyse **“off-pulse”** possible ;
 - ⇒ phase off-pulse : $[0-0.1]$; $[0.64-1]$.



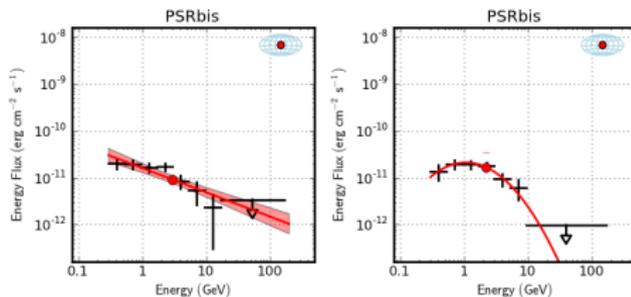
Phasogramme (Abdo et al., 2013)

Analyse OFF-pulse (Pass7)



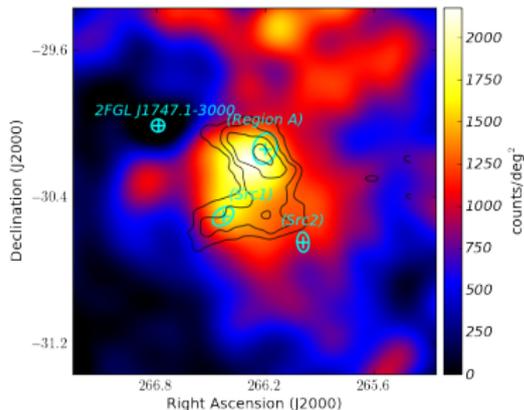
Cartes des résidus en coups, $300 \text{ MeV} < E < 200 \text{ GeV}$.

- Nouvel excès “PSRbis” ;
- Source significative : $TS \sim 100$;
- Source modélisée par un spectre de “LogParabola” :
 $TS_{\text{LogP}} - TS_{\text{PowerLaw}} \approx 9$
 $position_{\text{LogP}} - position_{\text{PowerLaw}} = 0.08^\circ$



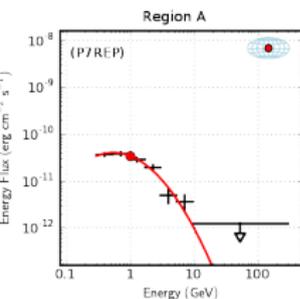
- Hypothèses sur l'origine de l'émission γ de PSRbis :
 - ▶ Nébuleuse de PSR J1747–2958 ?
 - ▶ PSR J1747–2958 présentant une **fraction d'émission γ non pulsée** ?

Analyse des données P7 reprocessées (P7REP)

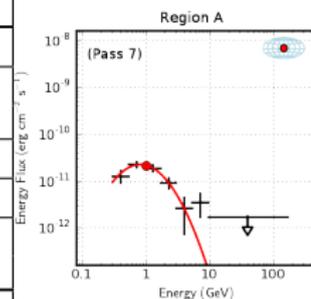


- $E > 1$ GeV, position de Region A : $\Delta(P7REP - P7) \sim 0.13^\circ$;
- Analyse spectrale $E > 300$ MeV : modèle en “LogParabola”, $TS \sim 400$;
- Region A seule semble suffisante pour modéliser la région.

Cartes des résidus en coups, $E > 1$ GeV.



| | Region A (P7REP) | Region A (Pass 7) |
|---|------------------------|------------------------|
| Position (RA, Dec) [°] | 266.24, -30.27 | 266.20, -30.14 |
| Spectre | <i>LogParabola</i> | <i>LogParabola</i> |
| $F_0 \times 10^{-11}$ (@ 1 GeV) [$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MeV}^{-1}$] | $2.12 \pm 0.14_{stat}$ | $1.34 \pm 0.20_{stat}$ |
| Γ | $2.52 \pm 0.07_{stat}$ | $2.32 \pm 0.20_{stat}$ |
| β | $0.45 \pm 0.09_{stat}$ | $0.88 \pm 0.32_{stat}$ |
| $F(0.1-100 \text{ GeV}) \times 10^{-8}$ [$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$] | $6.57 \pm 0.36_{stat}$ | $4.12 \pm 0.58_{stat}$ |
| TS | 408 | 76 |



- 1 Introduction à la région du Centre Galactique
- 2 L'observatoire spatial Fermi
- 3 Analyse des données du LAT de HESS J1745–303
- 4 Modélisation des processus radiatifs
- 5 Processus radiatifs : application sur la source Region A de HESS J1745–303
- 6 Analyses complémentaires
- 7 Conclusions**

Conclusions et perspectives

- **Étude complète** de la région de HESS J1745–303
- Analyse des données du *Fermi*-LAT :
 - ▶ **3 sources ponctuelles** dont source “Region A” ;
 - ▶ **étude robuste**, estimation **erreurs systématiques** + analyse **OFF-pulse** du PSR de la Souris (excès résiduel) ;
 - ▶ **données reprocessées** (“P7REP”)
- ☞ Quid de Pass8 ?
- ☞ Étude plus poussée sur l’excès vu en OFF-pulse ?
- Étude multi- λ : **interprétation** de l’émission de Region A ?
 - ▶ coïncidence spatiale émissions *Fermi* et H.E.S.S. ;
 - ▶ code développé en Python (**processus radiatifs**) ;
 - ▶ 3 cas étudiés, peu satisfaisants
⇒ *Fermi*-LAT observe un **pulsar** ?
- ☞ Contrainte sur émission pulsée (données *Fermi*) ?
- ☞ Nouvelles données de H.E.S.S. 2 ?

