

Etude des vestiges de supernovae avec H.E.S.S. II



Cyril Trichard

JRJC 12-2013

lapp.

H.E.S.S. High Energy Stereoscopic System



- Réseau de 5 télescopes Tcherenkov
Localisé en Namibie
- Détection des rayons gamma :
100 GeV - 100 TeV
- Atmosphère comme calorimètre
- Détection de l'émission Tcherenkov des
gerbes de particules secondaires
- Vue stéréoscopique d'un même évènement

H.E.S.S. phase 2 :

- 5e télescope au centre du réseau (2012)
- 28m de diamètre (« petits » : 13m)
- Baisse le seuil en énergie => ~30 GeV
- Augmentation surface effective

H.E.S.S. High Energy Stereoscopic System

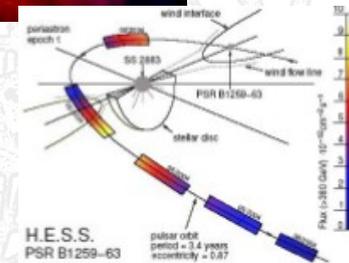
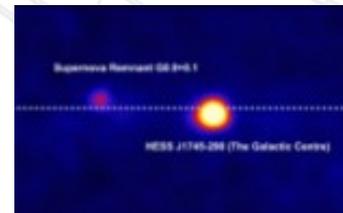
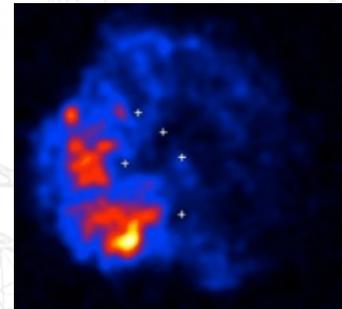


Quelle science?

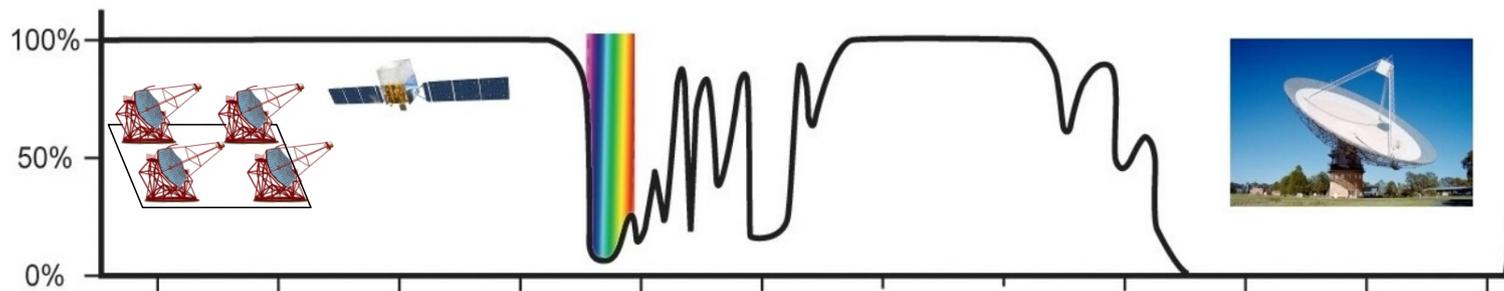
- Vestiges de supernovae
- Nébuleuses de pulsars
- Systèmes binaires
- Centre galactique

- Noyaux actifs de galaxie

- Matière Noire
- Invariance de Lorentz

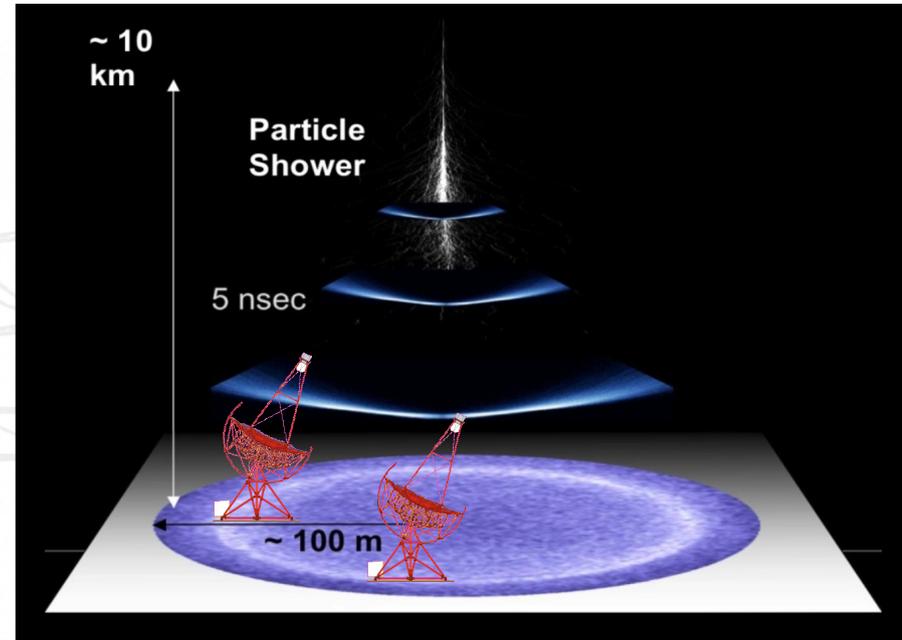
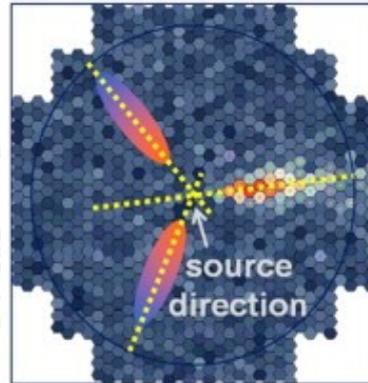
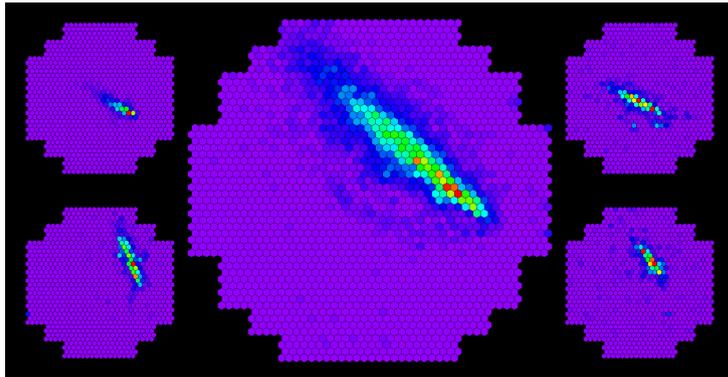


H.E.S.S. High Energy Stereoscopic System

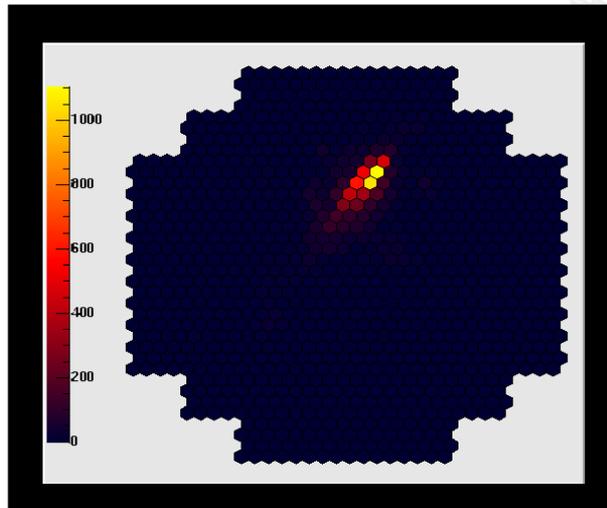


- Atmosphère opaque
- Extrémité du spectre EM (encore faiblement étudié)
=> Beaucoup de chose à découvrir
- Complémentarité en particulier avec Fermi (GeV)

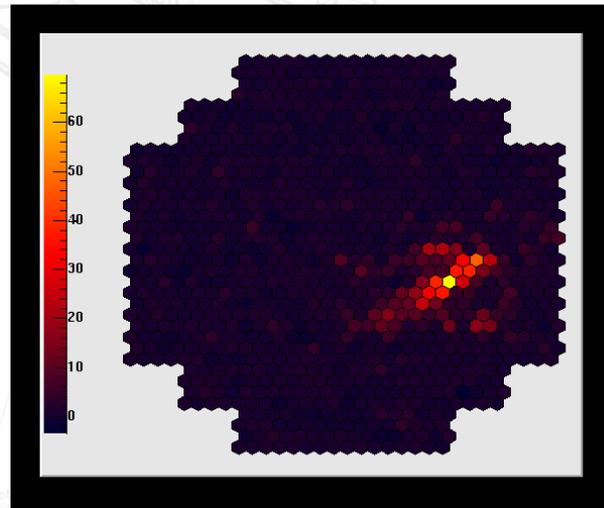
Détection des rayons γ



Gerbe électromagnétique



Gerbe hadronique



Plusieurs méthodes indépendantes pour déterminer des critères de sélection :

- Critères géométriques
- Likelihood
- Modélisation 3D

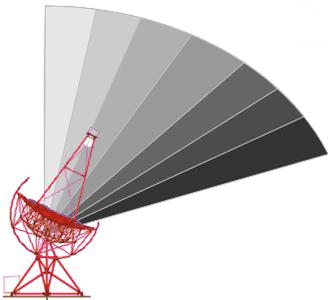
Combinaison analytique des
différentes variables discriminantes



Améliorer la réjection du
bruit de fond des hadrons

Produit des PDFs de chaque variable => Détermination d'un estimateur unique

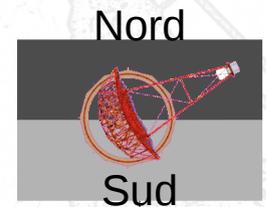
Angle Zenithal



Energie



Angle Azimuthal



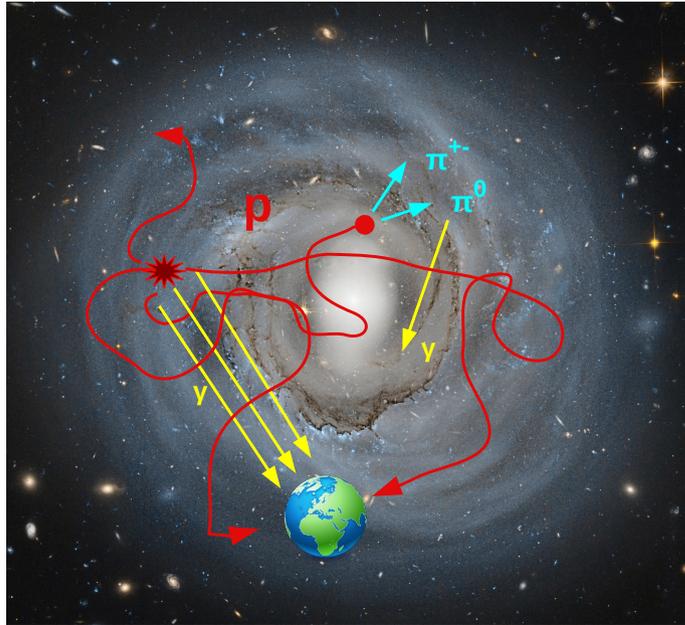
Optimisation fine en fonction des conditions d'observation

Amélioration du rapport signal sur bruit

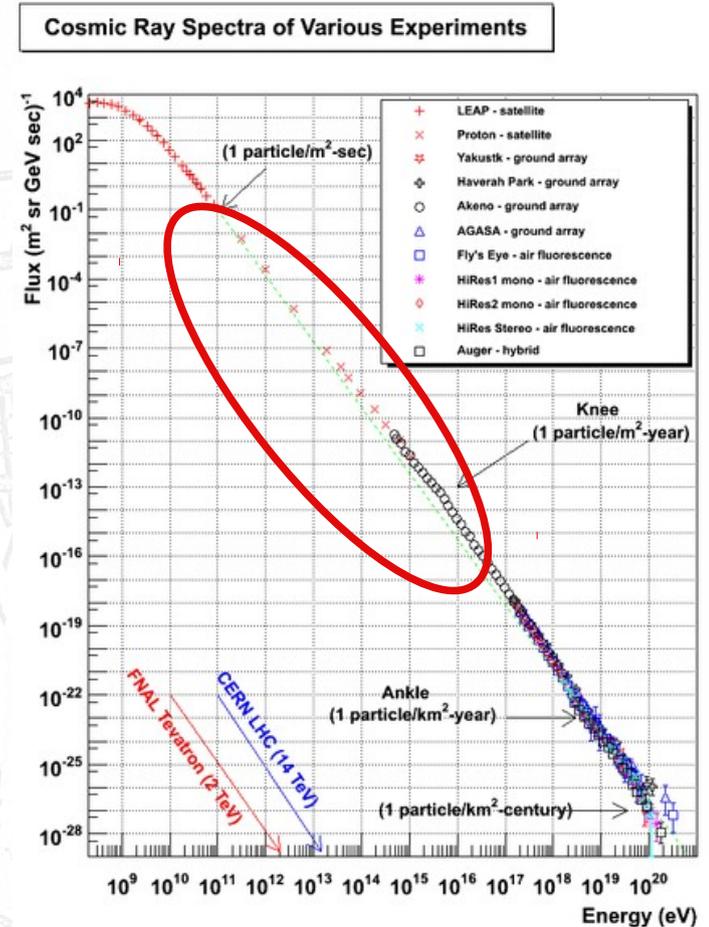


Pourquoi étudier les vestiges de supernovae (SNR) ?

L'origine des rayons cosmiques



Confinement magnétique des rayons cosmiques ($E < 10^{15}$ eV)



- Accélération dans la galaxie
- Utilisation de messagers neutres pour sonder les lieux d'accélération

L'origine des rayons cosmiques

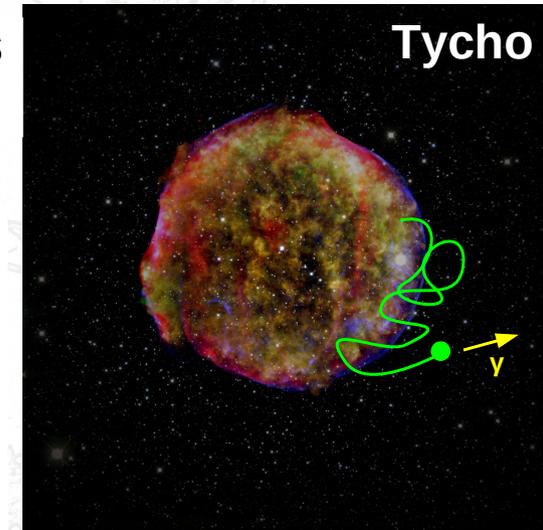
L'hypothèse des vestiges de supernovae

Mort d'une étoile massive ($> 5M_{\odot}$) \Rightarrow Ejection des couches extérieures

Création d'une onde de choc \Rightarrow $\sim 10\,000$ km/s

Accélération de particules par l'onde de choc :

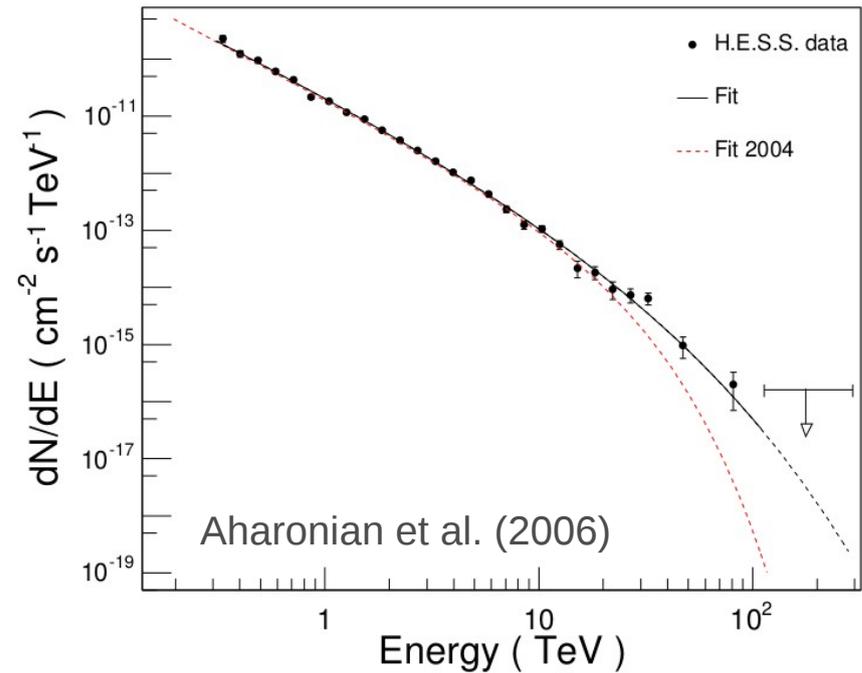
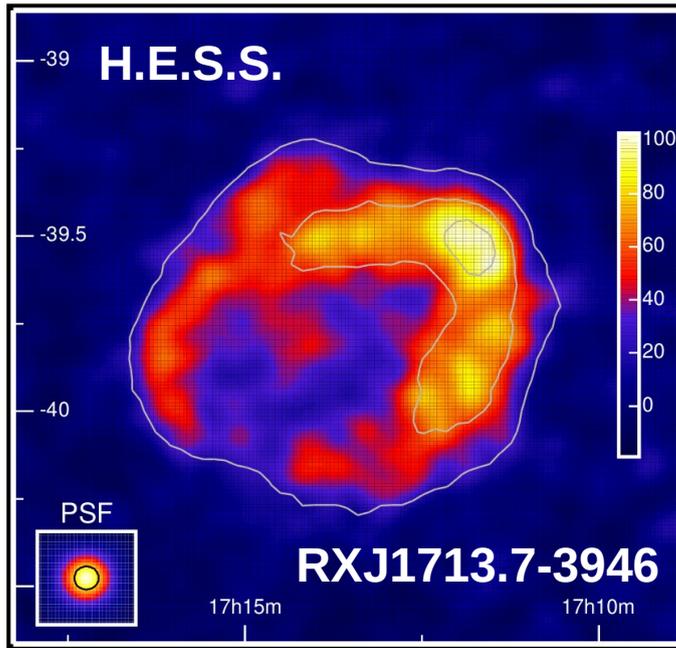
- Mécanisme de Fermi
- Accélération possible jusqu'au genou
- Compatible avec le flux de rayons cosmique observé sur Terre :
 - Bilan énergétique compatible ($\sim 10\%$ E_{SNR})
 - Indice spectral après propagation



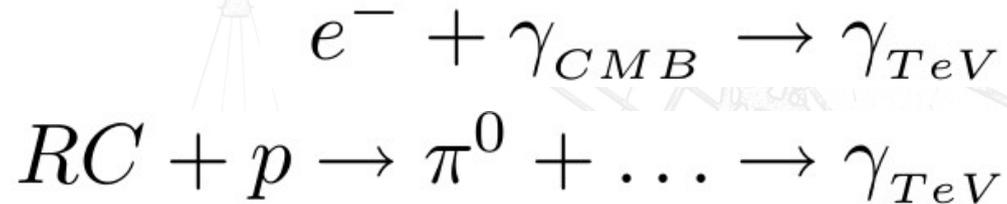
Comment vérifier cette hypothèse ?

- Recherche de l'émission gamma au niveau de vestiges (interaction des particules accélérées avec le milieu environnant)
- Identification de l'origine de l'émission (leptonique ou hadronique)

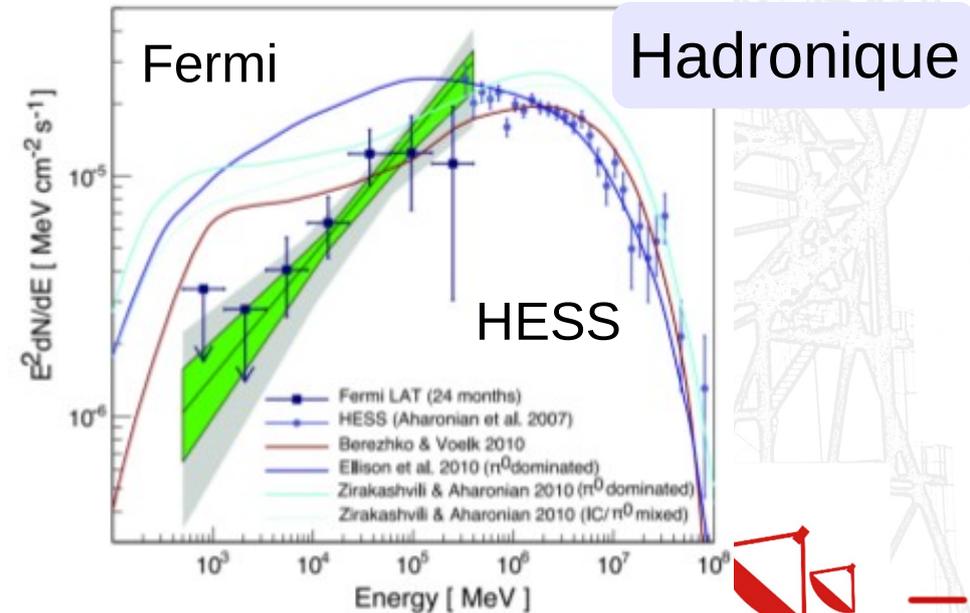
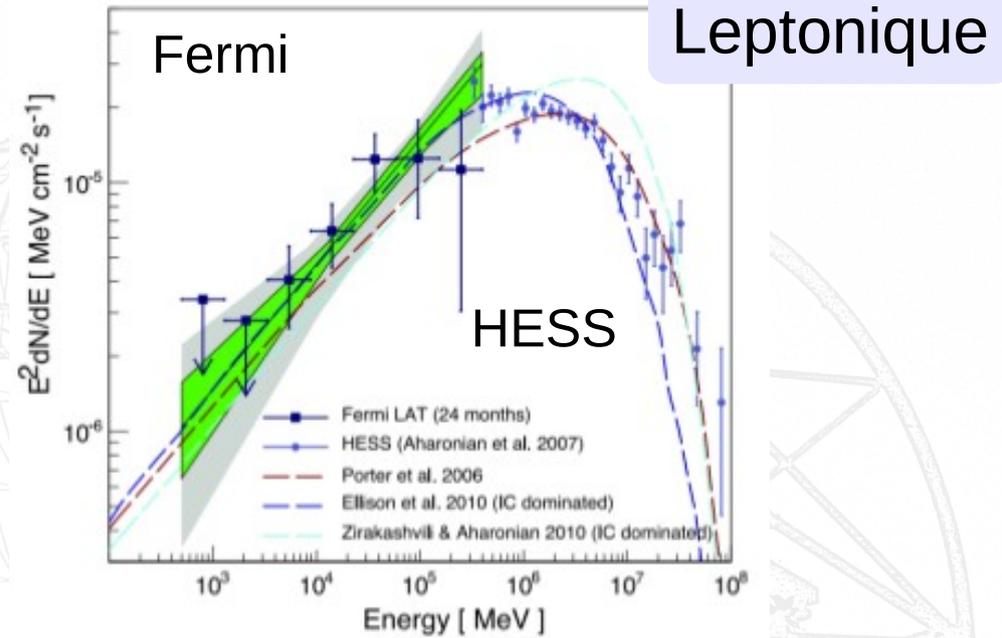
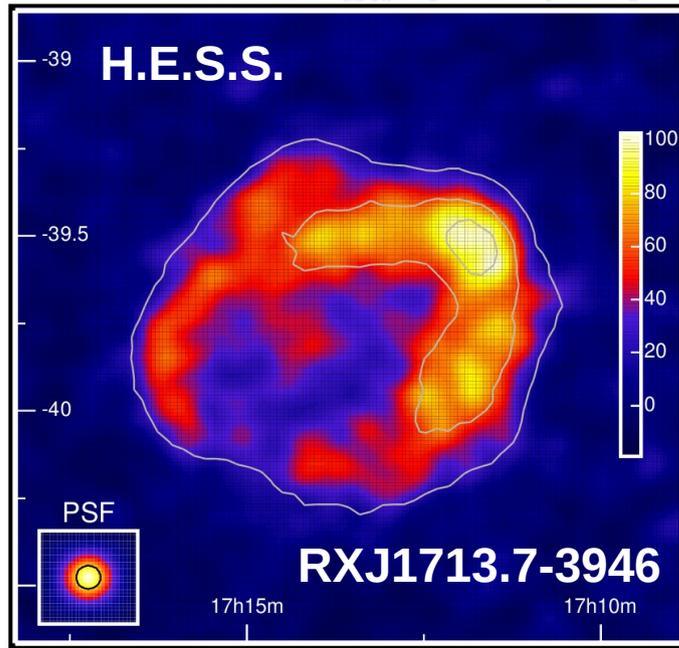
L'hypothèse des vestiges de supernovae



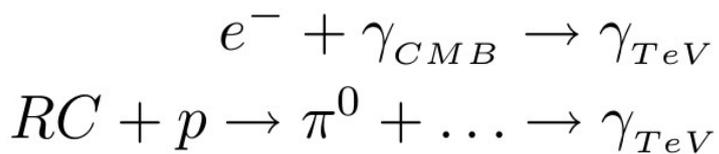
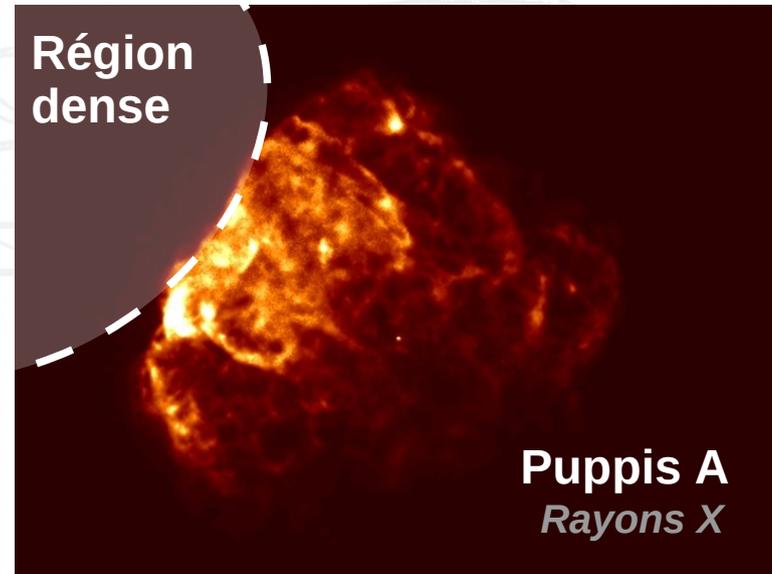
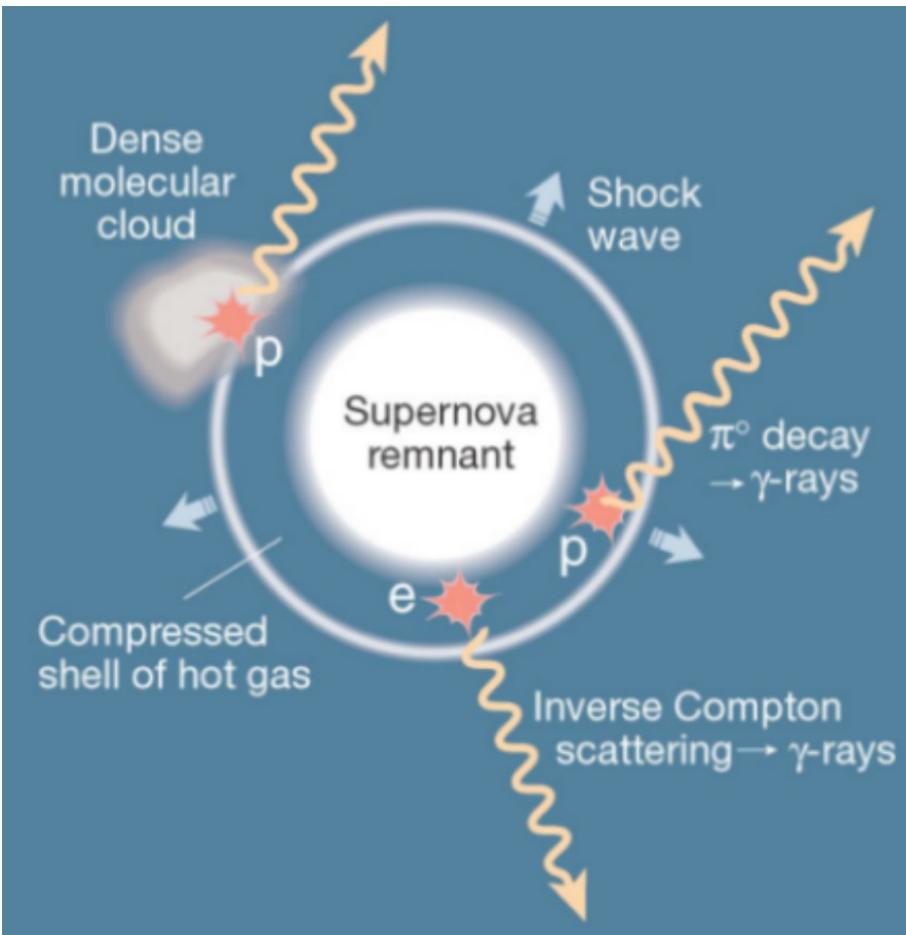
Particules accélérées par processus de Fermi jusqu'à $\sim 10^{14}$ - $\sim 10^{15}$ eV



L'hypothèse des vestiges de supernovae



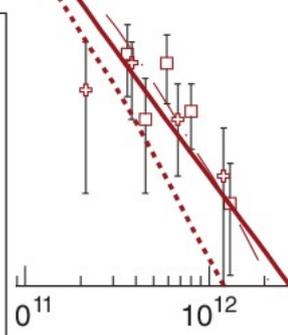
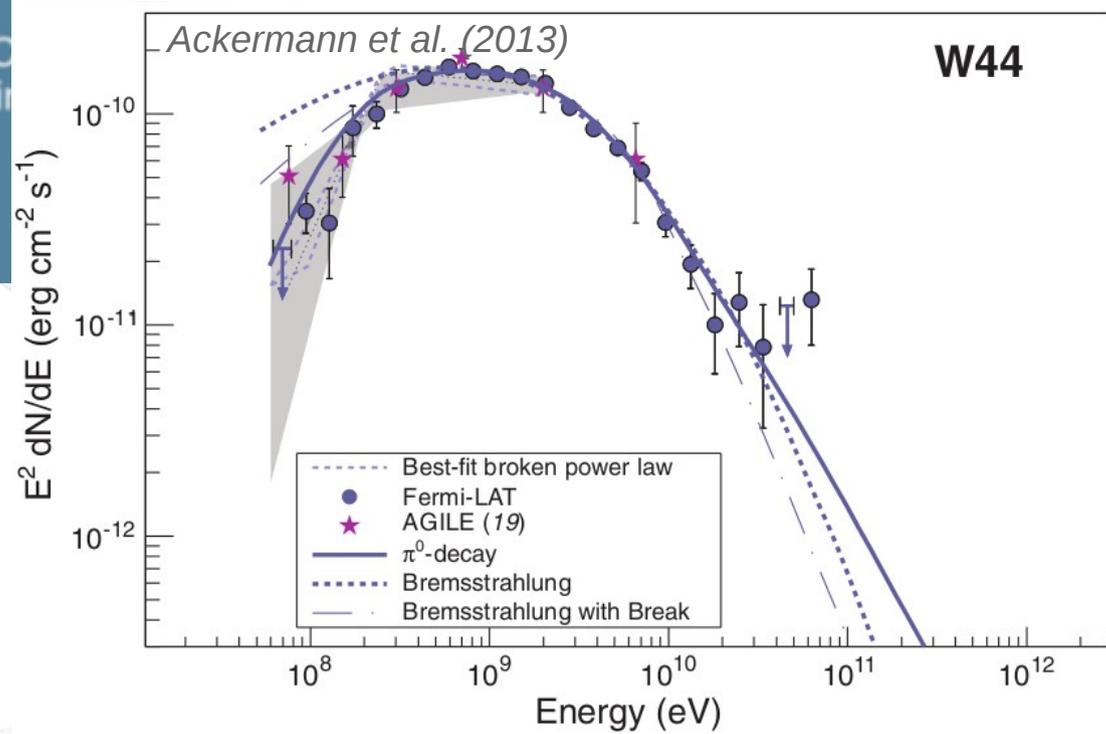
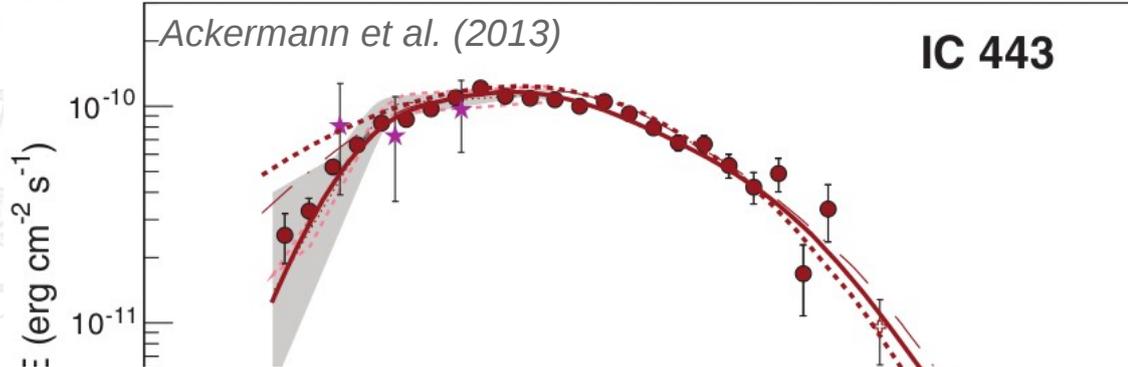
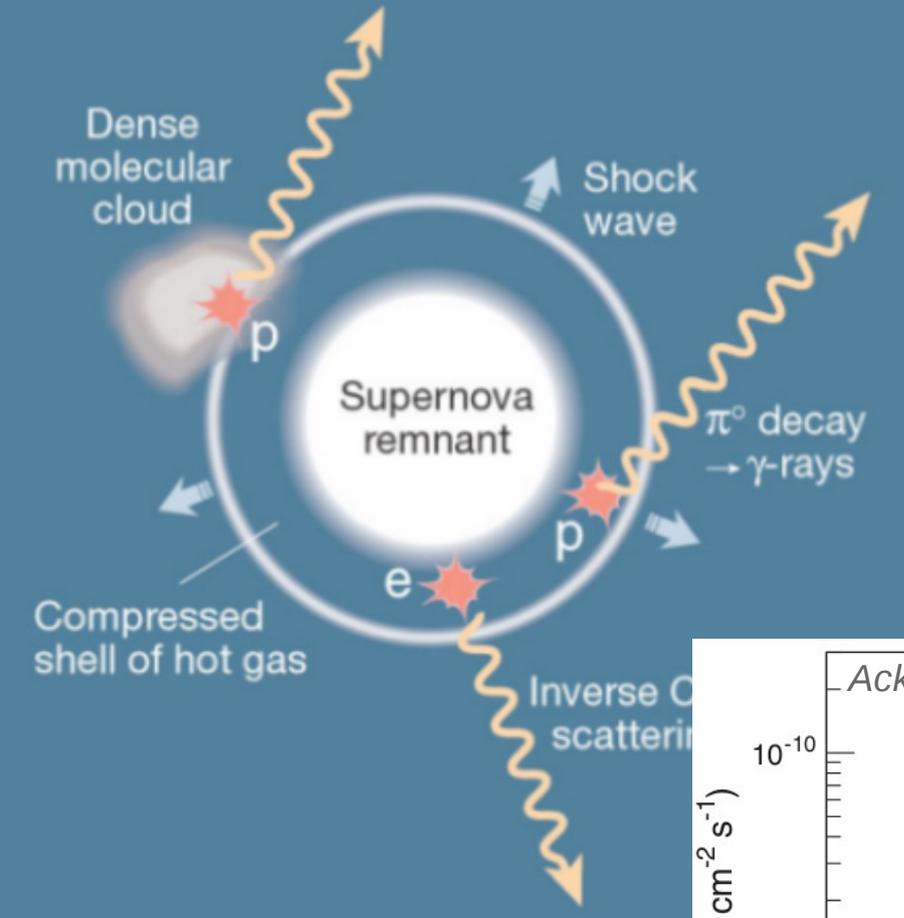
L'Interêt des vestiges de supernovae en interaction



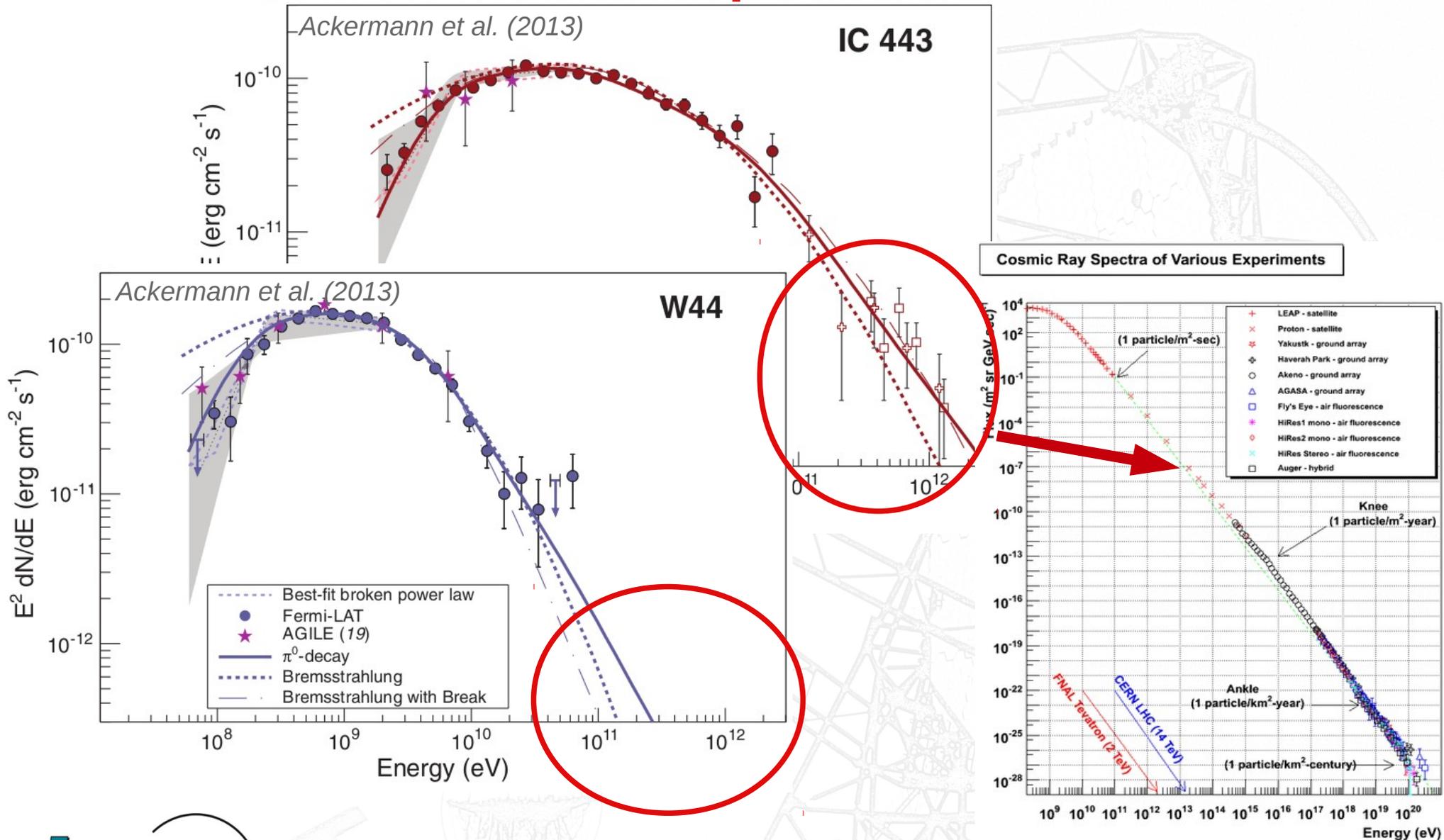
Plus de matière :

- Plus de collisions proton-proton
- Distinction entre émission hadronique et leptonique plus facile

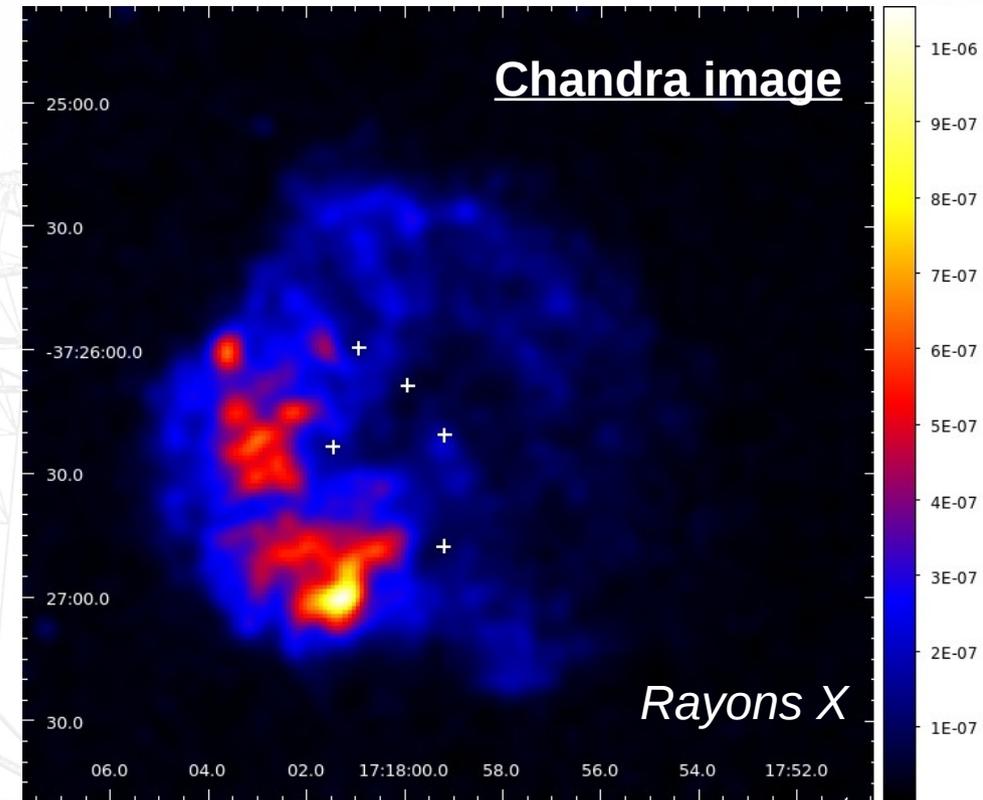
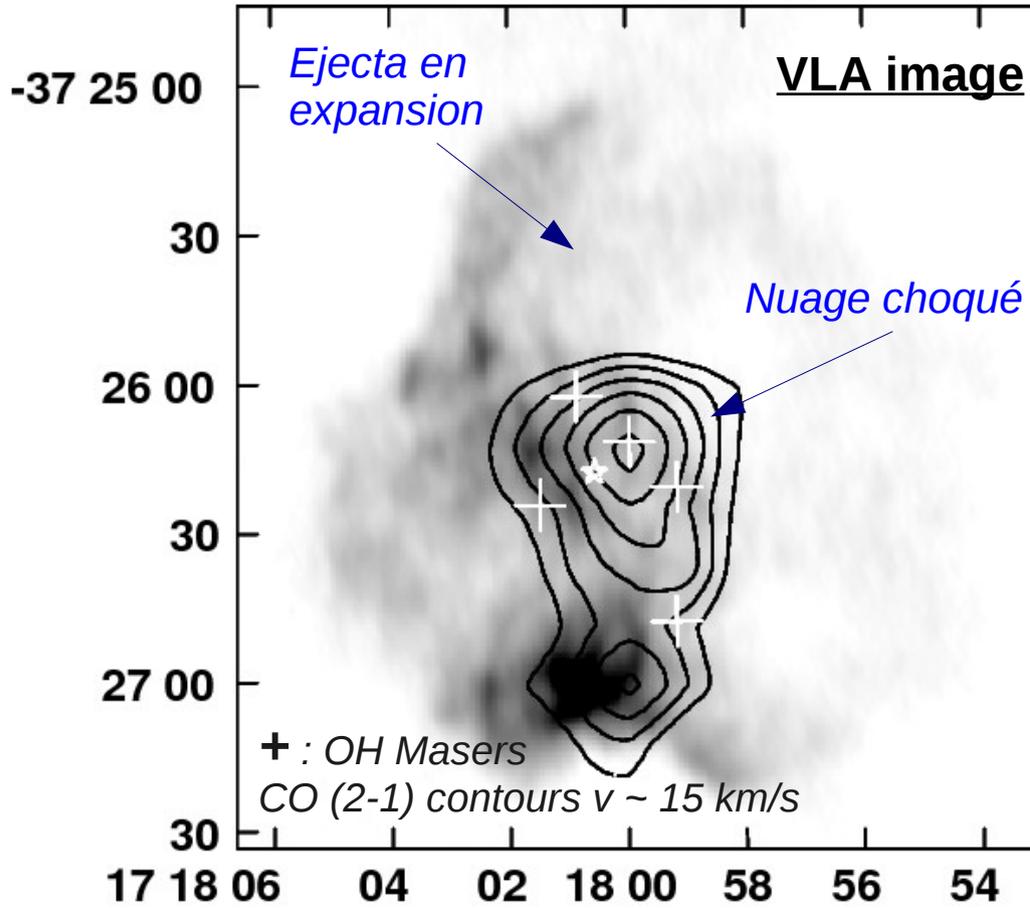
L'Interêt des vestiges de supernovae en interaction



L'Interêt des vestiges de supernovae en interaction



G349.7+0.2

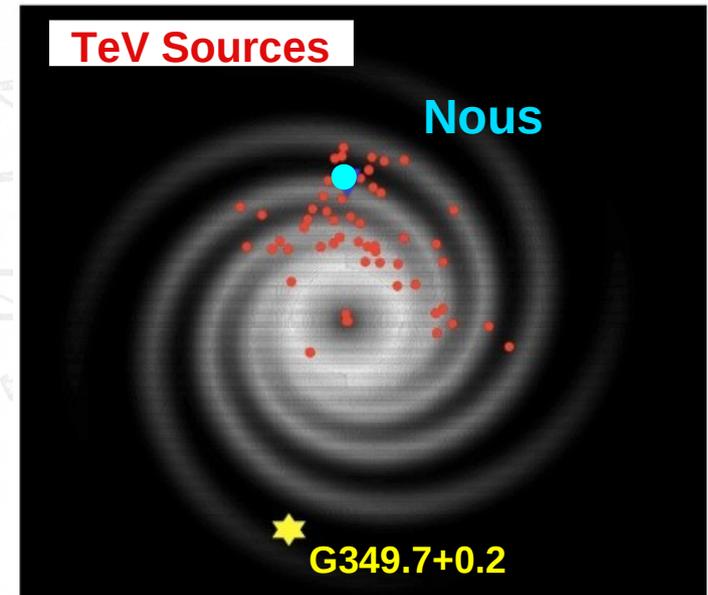
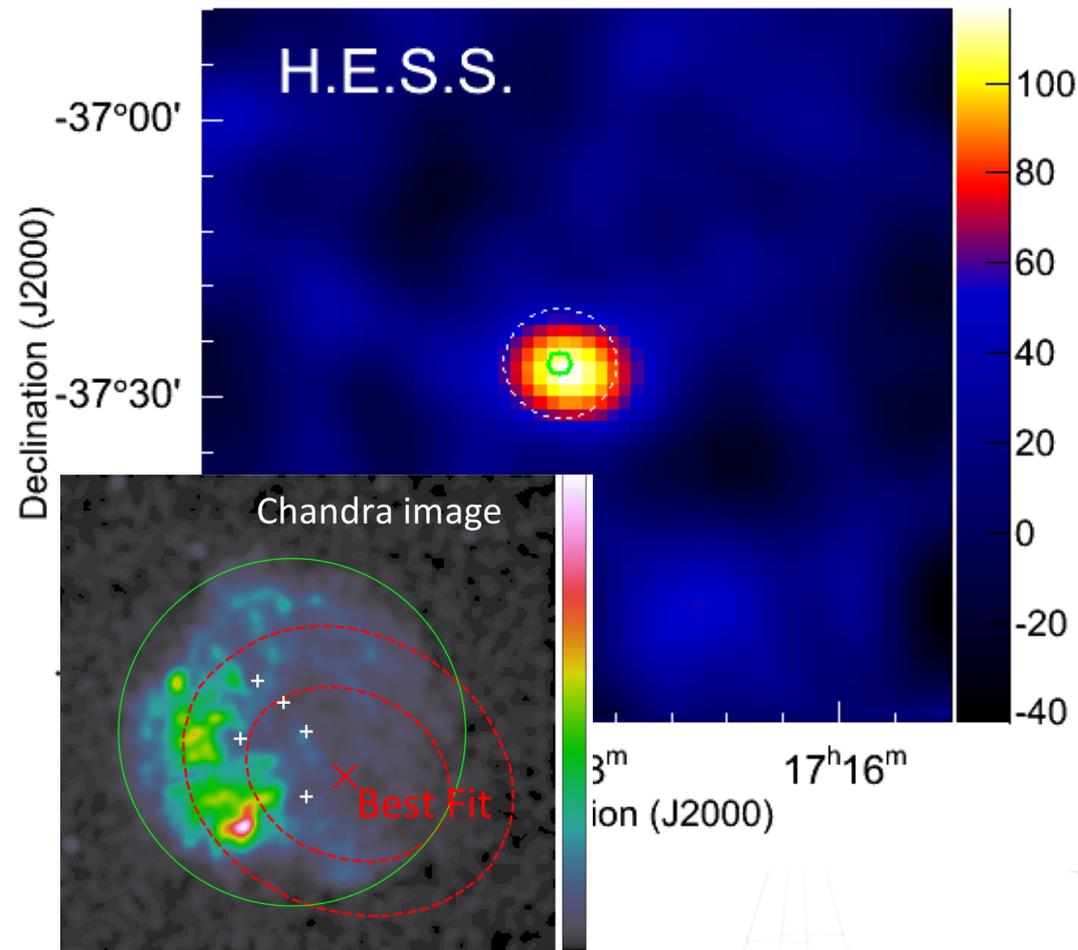


SNR en interaction avec un nuage moléculaire

Pas d'électron accélérés visibles à d'autres longueurs d'onde

G349.7+0.2

Analyse des données H.E.S.S.

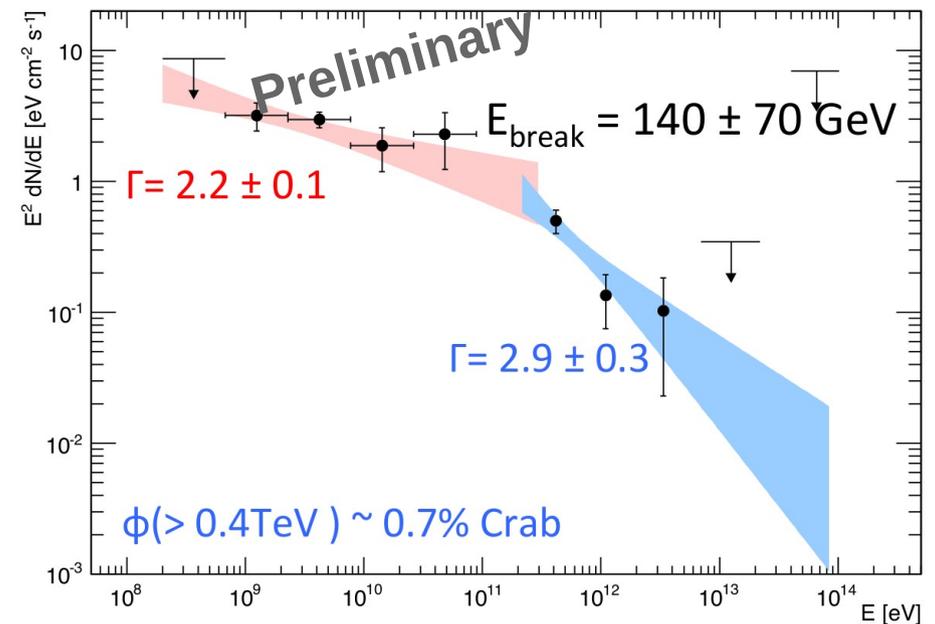
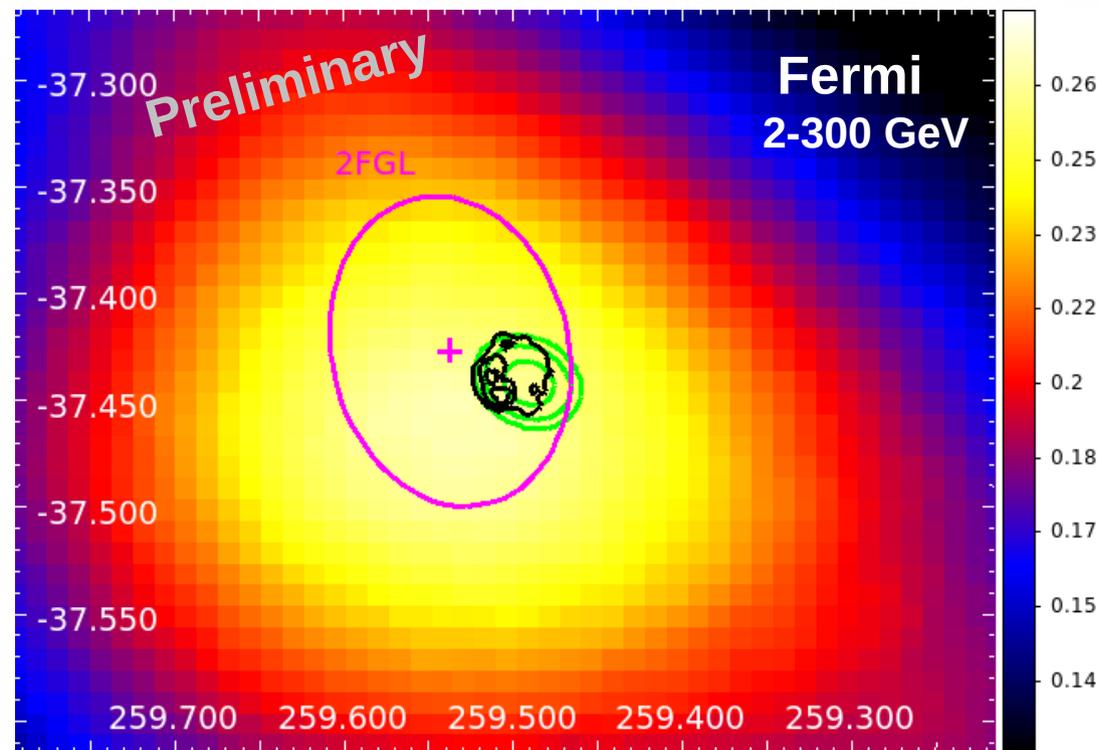


**Plus lointaine source galactique
détectée au TeV**

- Intrinsèquement très lumineuse
- Très intéressant pour l'étude des RC

G349.7+0.2

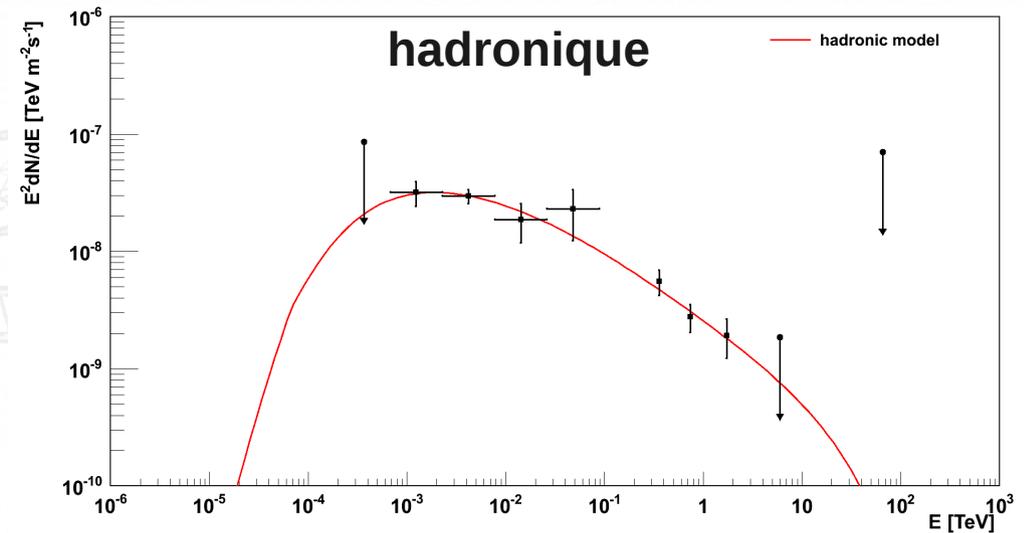
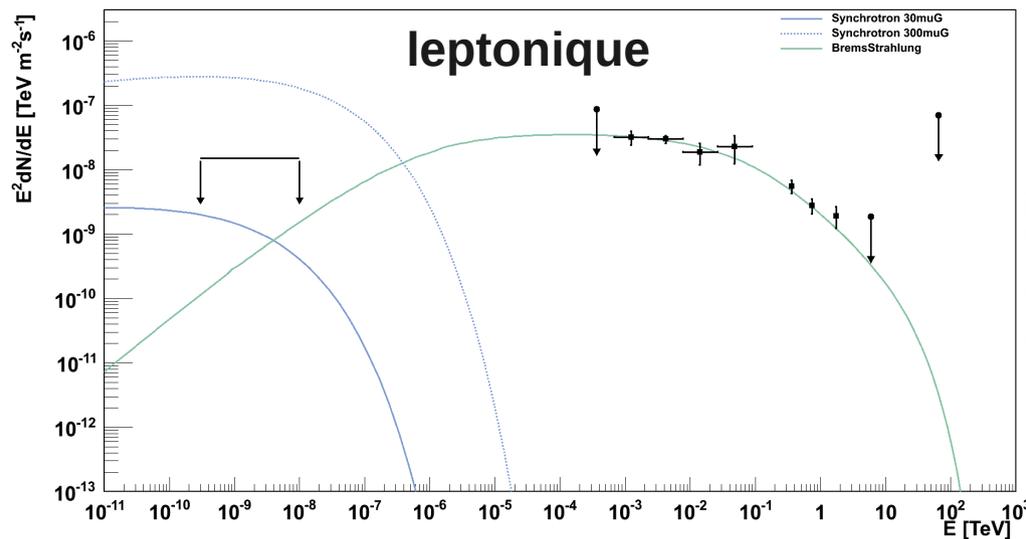
Analyse des données Fermi



- Coïncident avec l'excès obtenu dans H.E.S.S.
- Cassure spectrale sujette à interprétation...
- ... mais similaire à d'autres cas de SNR interagissant avec un nuage moléculaire

G349.7+0.2 Interprétation

Plusieurs scénarios :

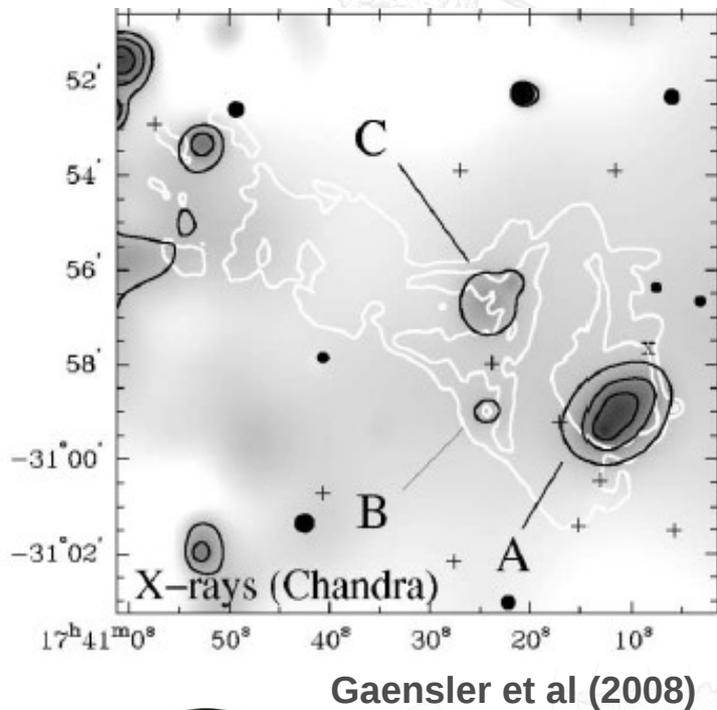
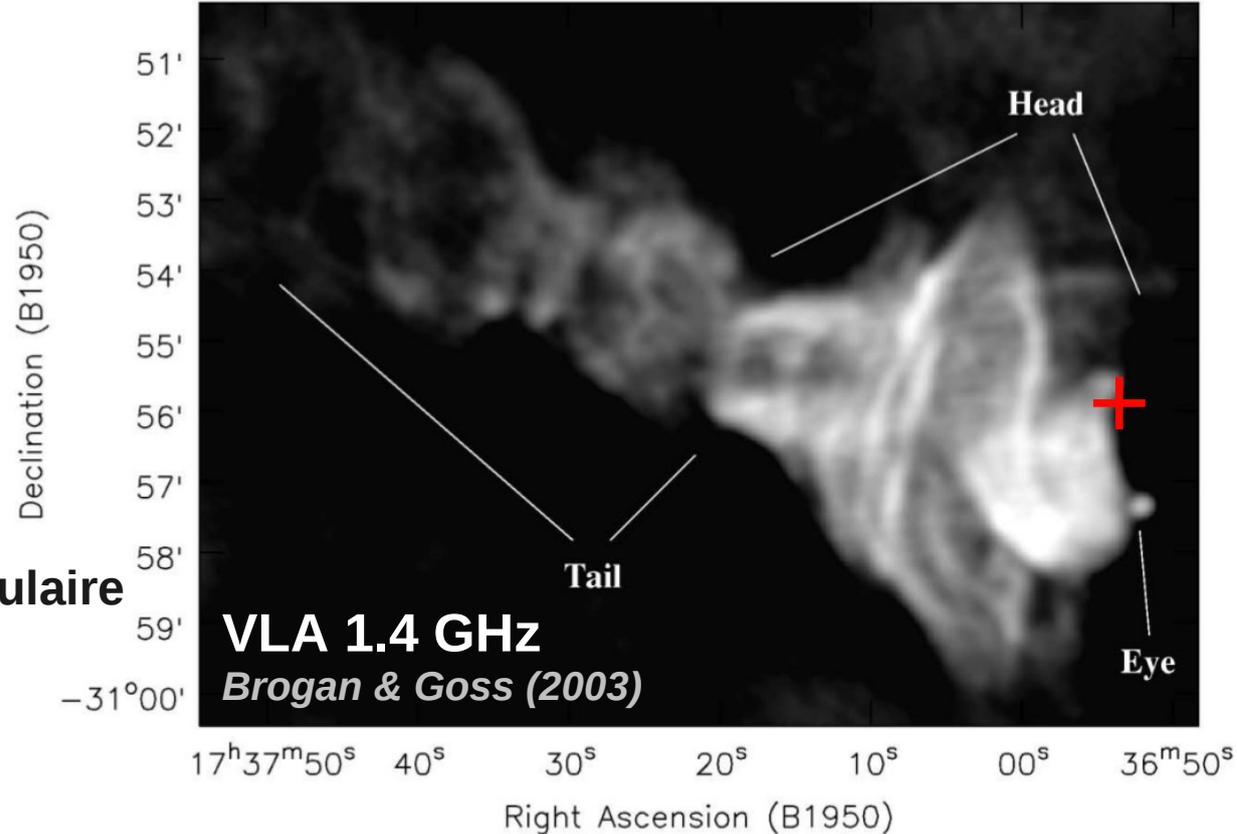


- Origine leptonique peu probable => E nécessaire dans les e- trop importante
- Origine hadronique fonctionne

- Etude du break : Interprétation en terme de diffusion des RC dans le milieu
Echappement du vestige de supernova
- Nouvelle source de rayonnement hadronique : Mettre en évidence des caractéristiques communes

Tornado nebula ?

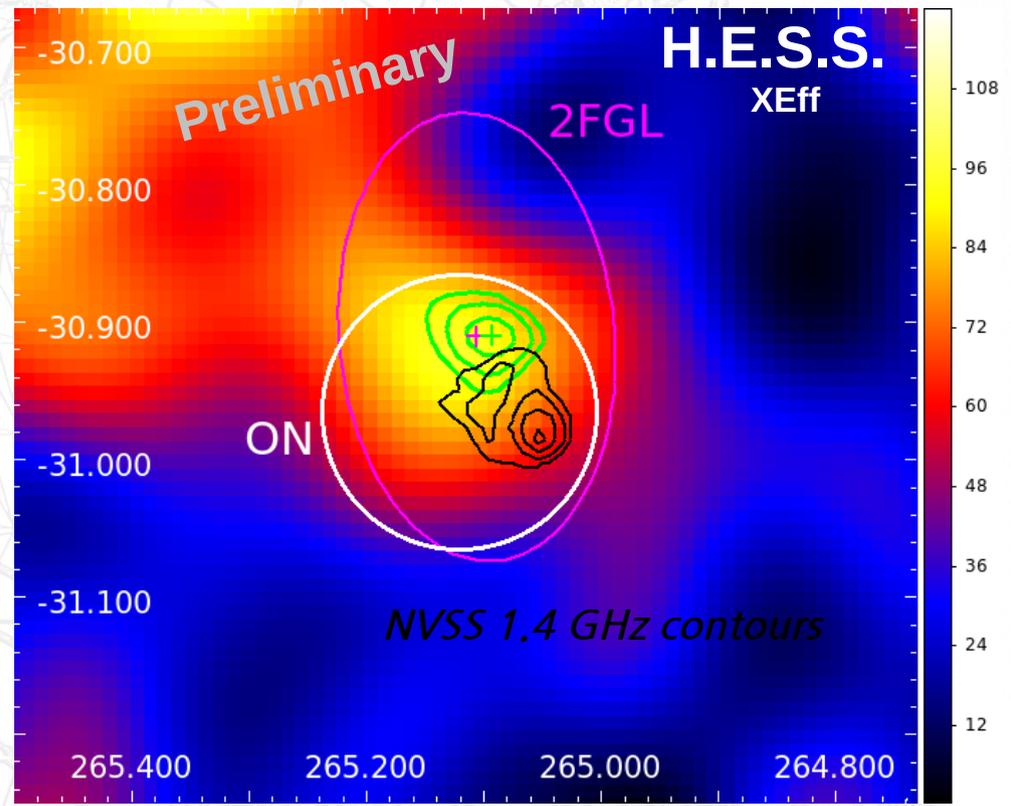
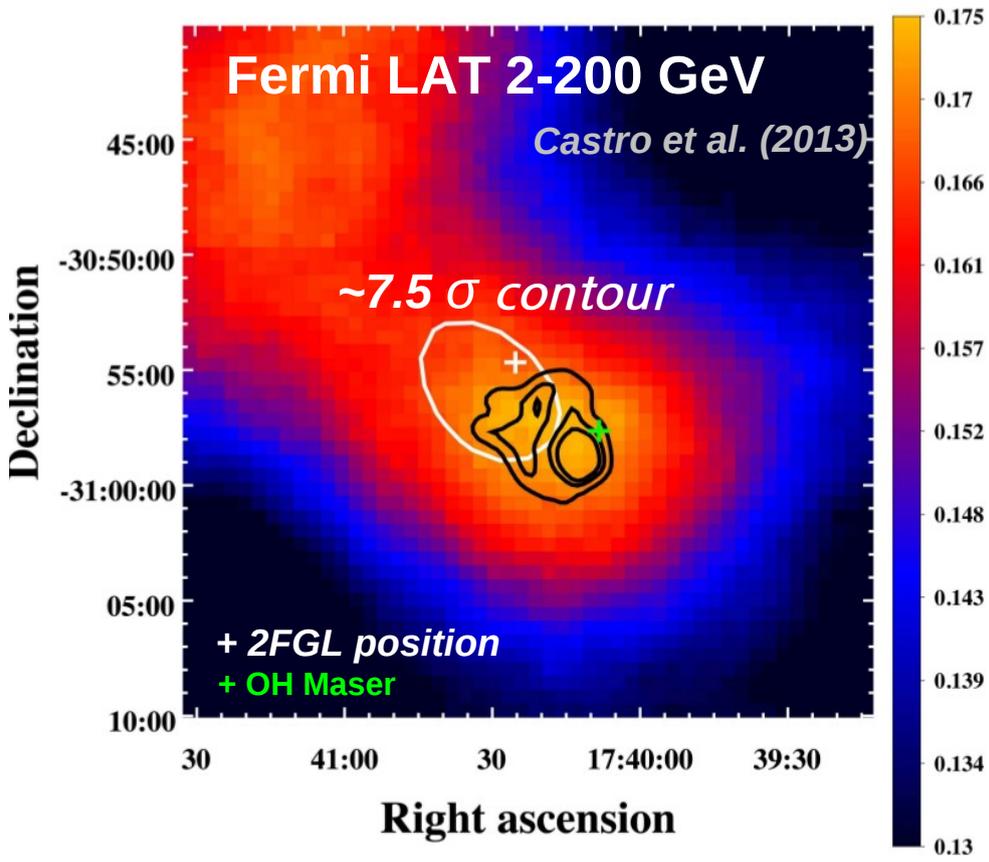
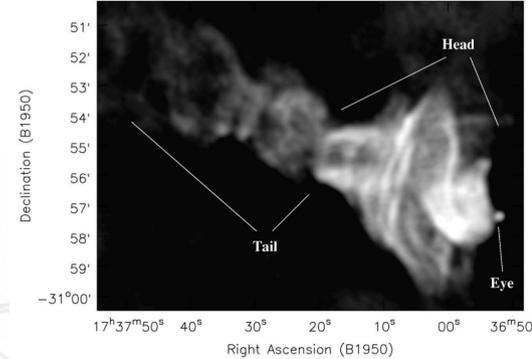
- Vestige de supernova
 - OH-maser
 - ^{13}CO et émission H_2 excité
 - Emission thermique en X
- En interaction avec un nuage moléculaire



Morphologie complexe

- Forte émission radio de la SNR
Coïncidence avec émission X thermique
- Emission de la « queue » de la tornade non expliquée

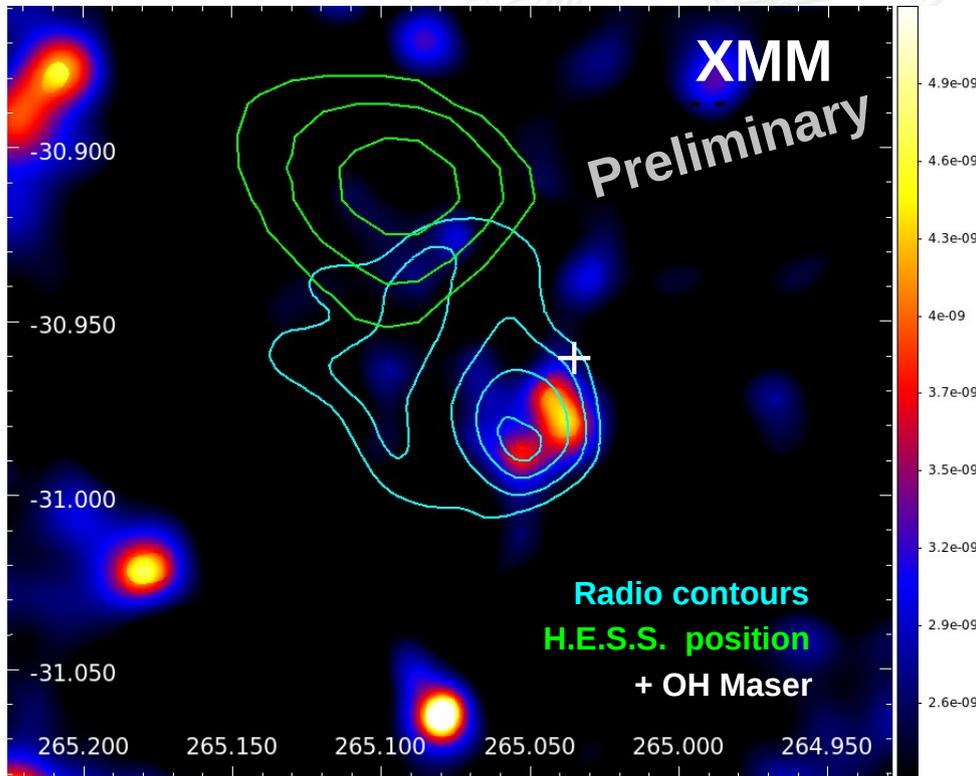
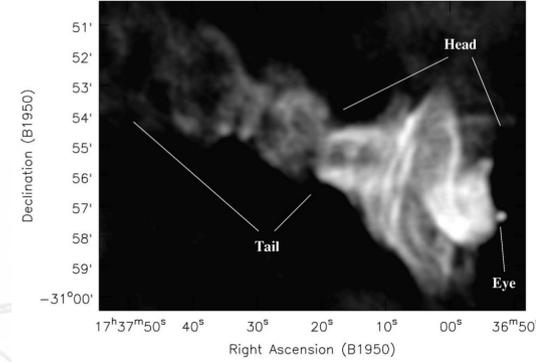
Emission de rayons γ ?



Coïncidence de l'émission au GeV - TeV

Emission de rayons X ?

- Electrons accélérés => rayonnement synchrotron
- Permet de contraindre la nature des rayons gammas



Pas de rayonnement non thermique en X ?

- XMM compatible avec les résultats publiés de Chandra
- Position de la source TeV peu compatible avec l'émission X de la SNR
- XMM permet une limite supérieure plus contraignante
- Favorise une interprétation hadronique du rayonnement gamma ?

Résumé

Etude du rayonnement gamma des vestiges de supernovae :

- Principaux candidat à l'accélération des RC galactiques
- Processus de Fermi fonctionne

SNRs interagissant avec un nuage moléculaire :

- Emission hadronique plus facilement détectable
- Premières observations d'accélération de protons
- Besoin de plus de sources astrophysiques ...
- ... avec une émission à très haute énergie

G349.7+0.2

- Plus lointaine SNR détectée au TeV
- Emission gamma hadronique probable
- Etude de l'échappement des RC du vestige de supernova (break spectral)

Tornado

- SNR avec une morphologie inexplicée
- Analyse XEff
- Emission gamma hadronique probable (absence de rayons X)

Résumé

Etude du rayonnement gamma des vestiges de supernovae :

- Principaux candidat à l'accélération des RC galactiques
- Processus de Fermi fonctionne

SNRs interagissant avec un nuage moléculaire :

- Emission hadronique plus facilement détectable
- Premières observations d'accélération de protons
- Besoin de plus de sources astrophysiques ...
- ... avec une émission à très haute énergie

Apport de H.E.S.S II :

- Meilleur recouvrement avec Fermi => plus de contrainte sur les SED
=> cassure spectrale
- Seuil en énergie plus bas => détections de sources avec spectre mou
- Aider à la distinction hadronique / leptonique pour ces sources
- Surface effective plus grande => nouvelles détections



Merci !