

Germain Vincent

Master 2 P3TMA

*Toward multi-messenger astronomy with  
Advanced Virgo: Contributions to a low latency  
pipeline to search for gravitational waves from  
compact coalescing binaries*

Directeur de thèse :  
Didier Verkindt  
chargé de recherches  
CNRS, LAPP

Co-directeur :  
Loïc Rolland  
chargé de recherches  
CNRS, LAPP



25 Septembre 2014



# Études de Master (M1)

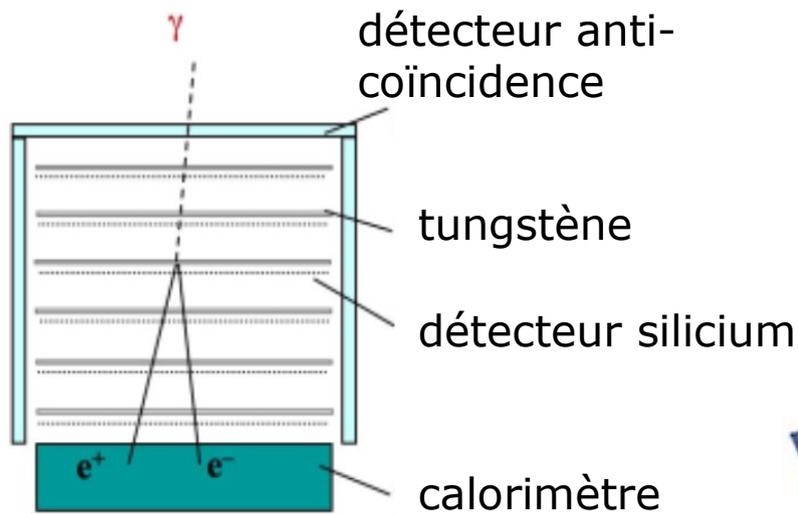
2012 – 2013 :

- Master 1 Physique, à Aix-Marseille Université (AMU), Mention Assez Bien, classement 4/25
  - Stage de 2 mois au Centre de Physique des Particules de Marseille (CPPM) intitulé :  
« The relation between the AGN feedback and the shape of the halo occupation distribution »
    - impact du trou noir central sur la formation stellaire dans les galaxies

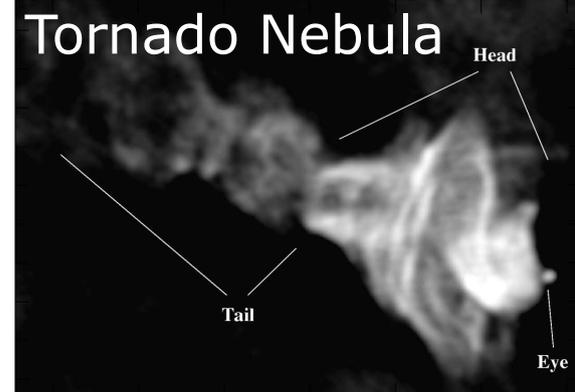
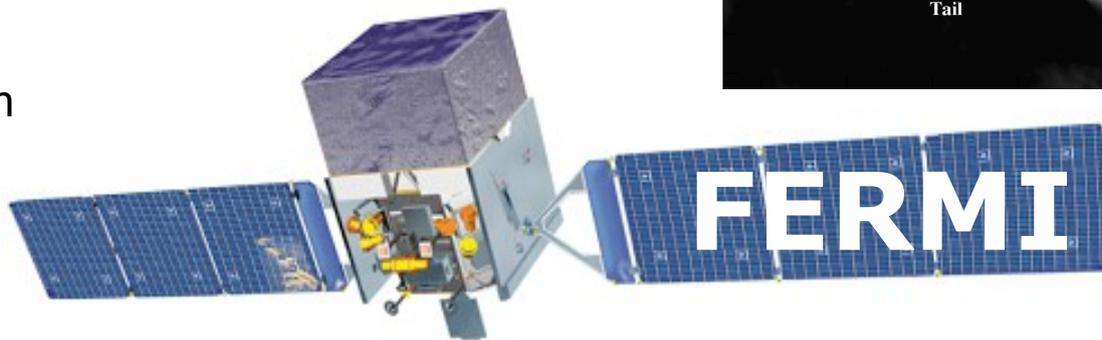
# Études de Master (M2)

2013 – 2014 :

- Master 2 Recherche Physique Théorique et Mathématique, Physique des Particules et Astrophysique (**P3TMA**), à Aix-Marseille Université, Mention Assez Bien, classement 9/18
- Stage de 4 mois au Centre de Physique des Particules de Marseille (CPPM) intitulé « Analyse de MSH 17-39 (Tornado Nebula) en rayonnement gamma avec les expériences FERMI et HESS »



# Stage M2

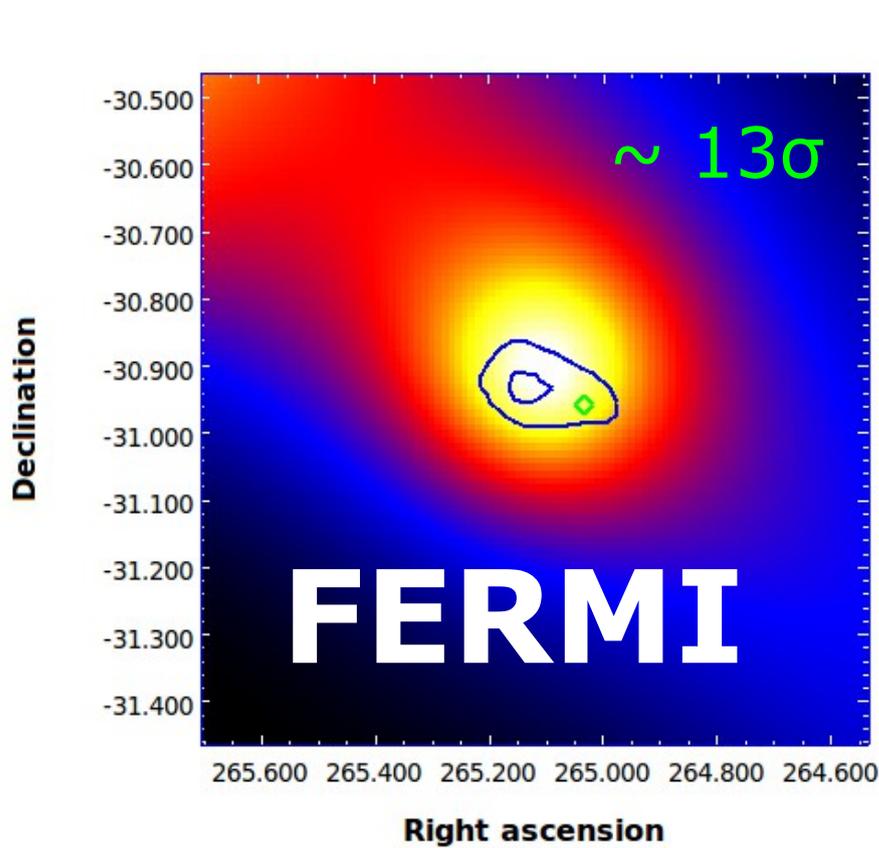


Analyse de la Tornado Nebula (vestige de supernova) au voisinage du centre galactique (étude de la position et spectre en énergie)

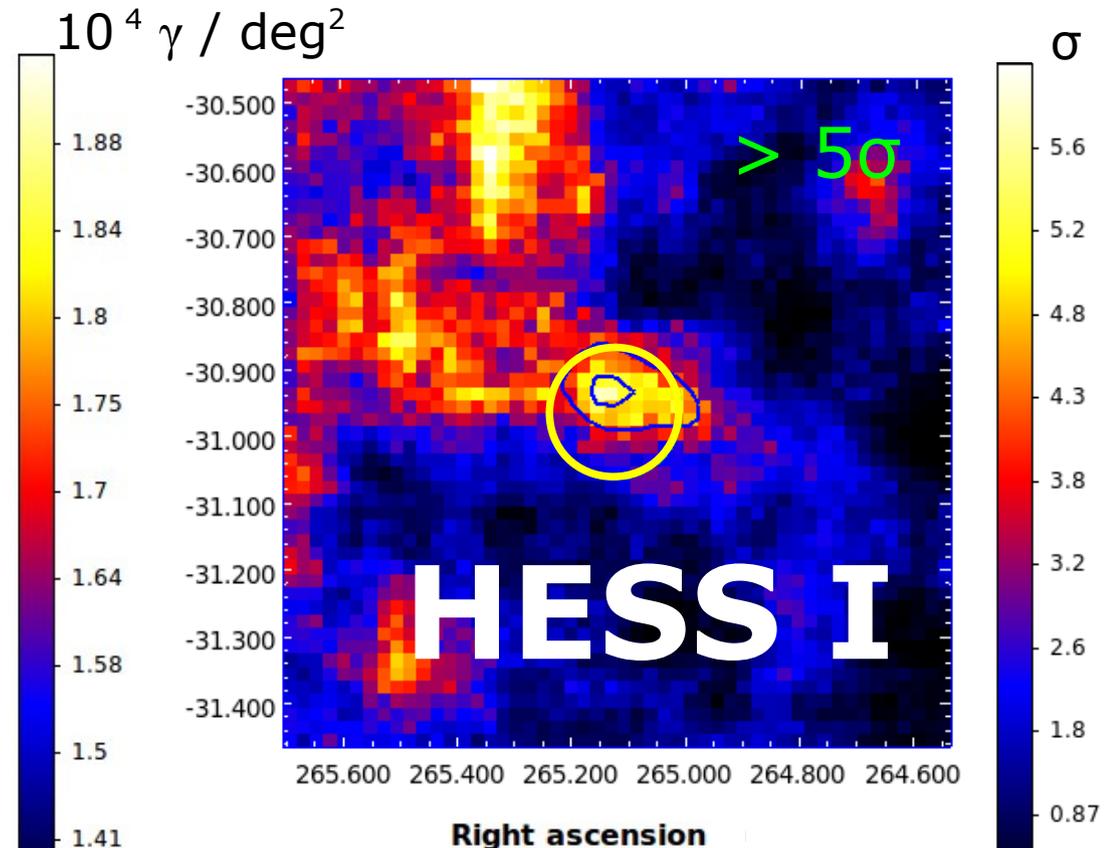
- Analyse des données du satellite FERMI (801 jours)
- Analyse des données HESS I (4 télescopes 12m, 122h)



Champ de vue :  $1^\circ \times 1^\circ$



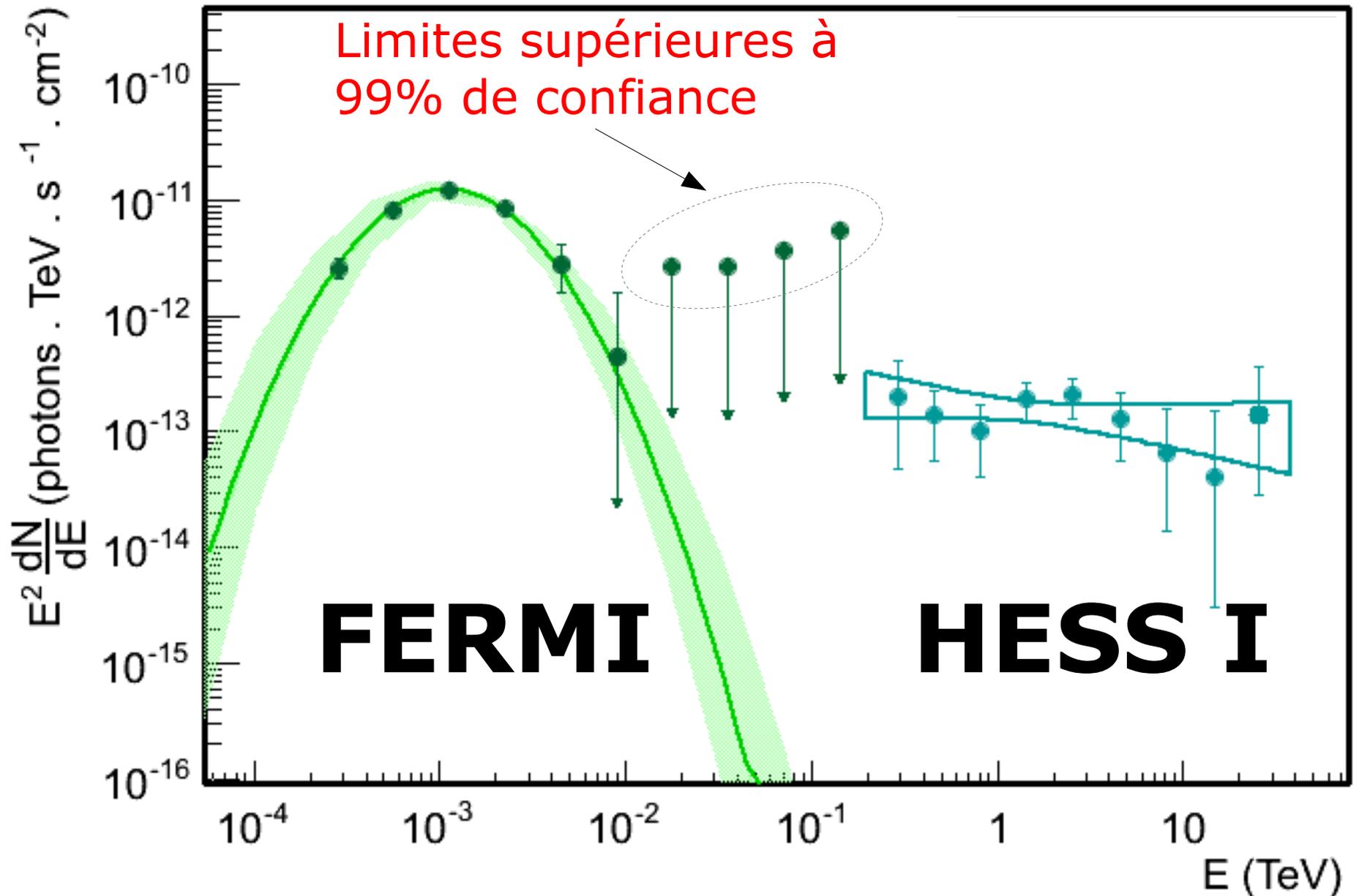
◆ MASER OH de 1720 MHz  
○ Contour à  $4\sigma$  et  $5\sigma$  analyse HESS I



○ Rayon de  $0.1^\circ$  centré sur la TN

- FERMI : Modélisation de la source basée sur un ajustement global des données Fermi dans un cercle de rayon  $10^\circ$ , pour des événements entre 200 MeV et 200 GeV. Chaque pixel fait  $0.01^\circ$  de côté.
- Analyse personnelle des données de FERMI par un test  $\chi^2$ .
- HESS I : Carte de signficance de la source. Chaque pixel fait  $0.02^\circ$  de côté.

# Spectre en énergie



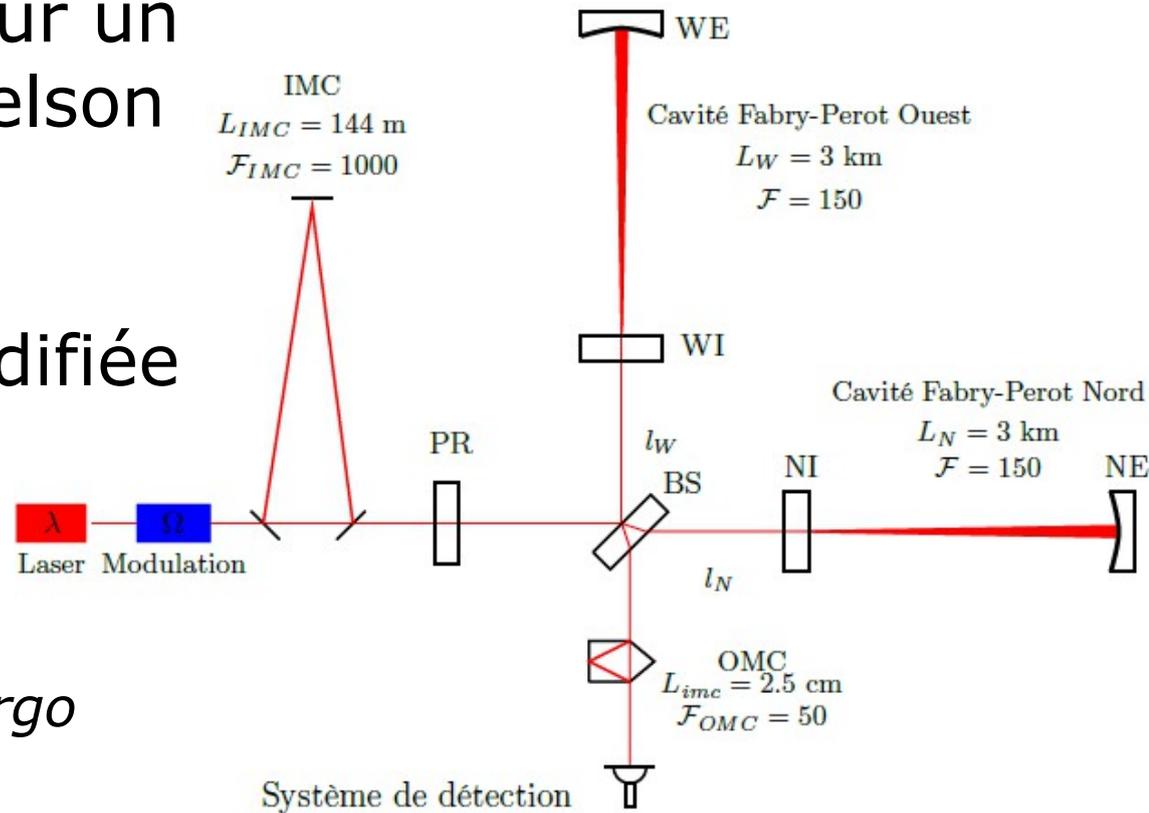
# Conclusions du stage

- Analyse FERMI + HESS I → correspondance en position mais **discontinuité  $\sim 100$  GeV** entre les deux instruments
- Sensibilité de FERMI trop faible à 100 GeV
- Mise à niveau de HESS I + HESS II → meilleure sensibilité dans la gamme d'énergie entre FERMI et HESS I
- MASER OH(1720MHz) → **interactions** entre un nuage de gaz moléculaire ( $\text{H}_2$ ) et un vestige de supernova (**SNR**)
- Domaine d'étude 200 MeV à 50 TeV → analyses **X** et **radio** pour **contraindre les modèles** décrivant l'accélération et les interactions des particules dans la Tornado Nebula

# Expérience Virgo

- Système optique basé sur un interféromètre de Michelson
- Onde gravitationnelle
  - longueur des bras modifiée
  - quantité de lumière modifiée en sortie

*Configuration optique de Virgo*



# Thèse

Nouveaux détecteurs → Advanced Virgo

Début de la prise de données : **fin 2015 / 2016**

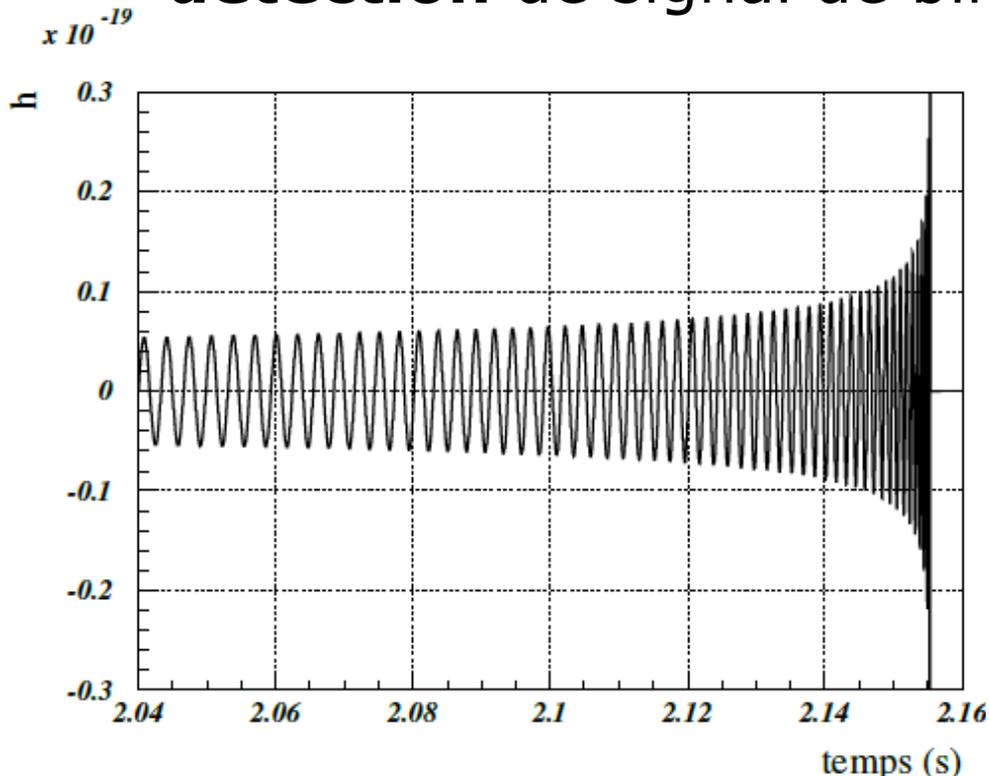
- Détection des ondes gravitationnelles → **alertes**
- Collaboration AdV/aLIGO → **position des sources**
- Observation des sources détectées avec des télescopes électromagnétiques (optiques, gamma,...)
- Binaires Compactes en Coalescence (**CBC**) :  
→ meilleurs candidats pour une **détection commune**



*Vue d'artiste de CBC*  
Source : NASA / Dana Berry, Sky Works Digital

# Thèse

- Mesures de **calibration** pour reconstruire les ondes gravitationnelles du détecteur d'Advanced Virgo
- Développer des méthodes pour **améliorer la qualité** des données en ligne d'Advanced Virgo
- Améliorer l'**efficacité du pipeline** de recherche MBTA pour la **détection** de signal de binaires compactes en coalescence



*Signal d'une coalescence de deux étoiles à neutrons de  $1.4 M_{\odot}$  à 1 Mpc*

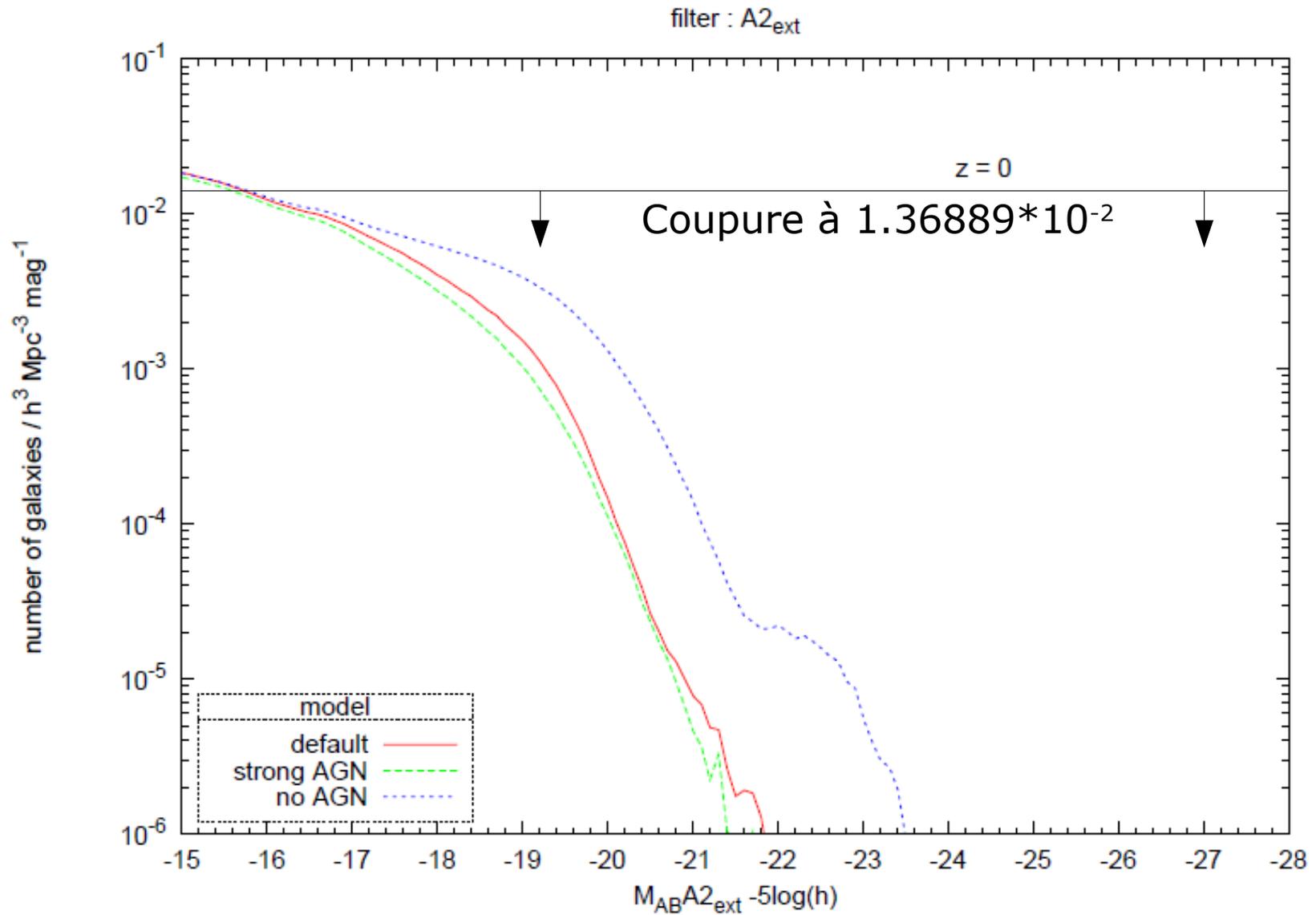
source : thèse de Timothée Accadia  
(2012, LAPP)

# Enjeux de la Thèse

- Détecteurs avancés → probable **première détection** dans les prochaines années
- Étude et compréhension du détecteur + recherche de signaux d'ondes gravitationnelles
- Différents types d'observation → approche **multi-messenger**
- Plusieurs interféromètres (réseau) → précision augmentée
- Au-delà de la thèse : débuts de l'**astronomie gravitationnelle**

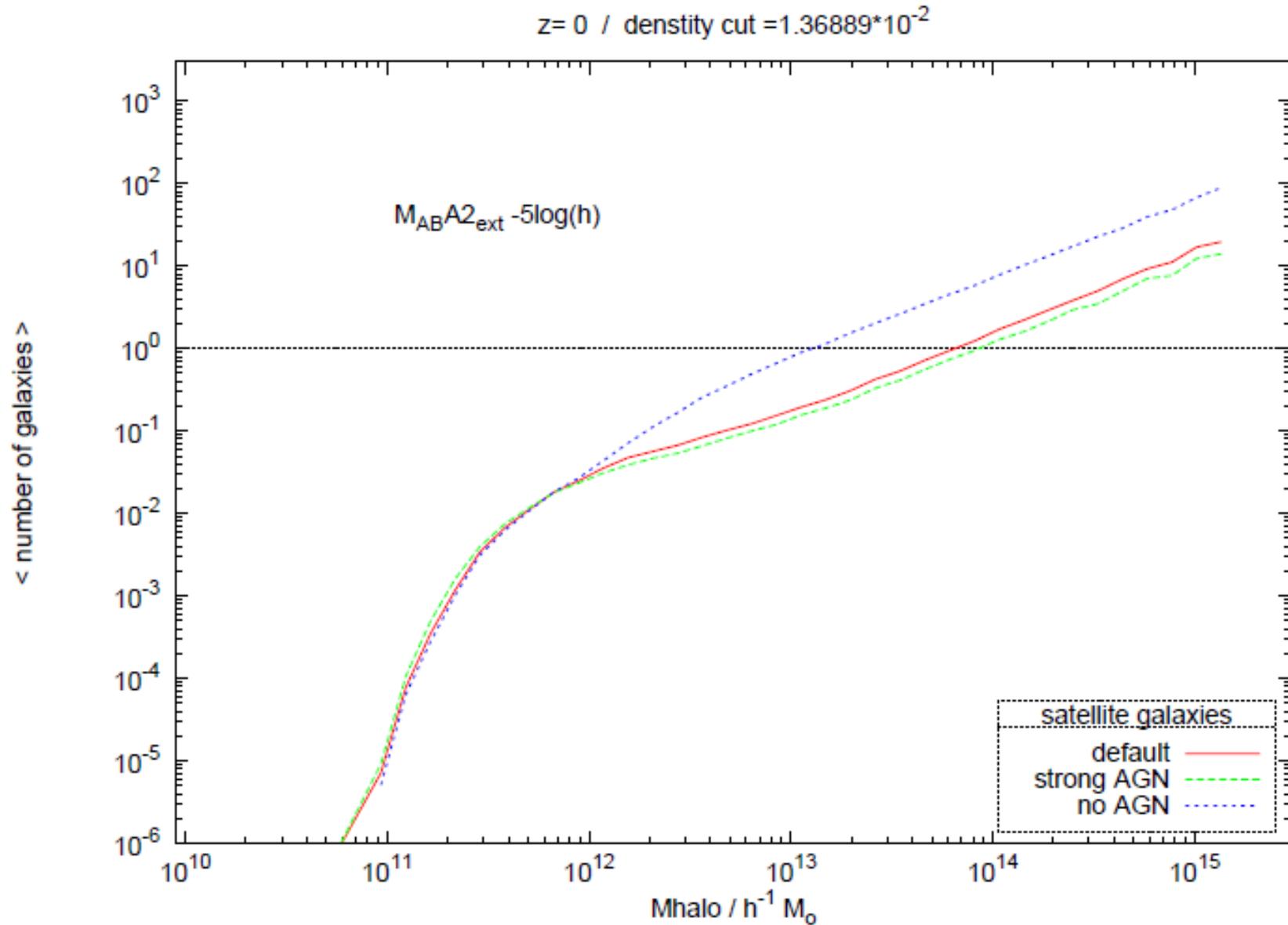
Merci de votre attention

# Back-up : stage M1



**Fonction de luminosité pour le filtre A2 (UV)**

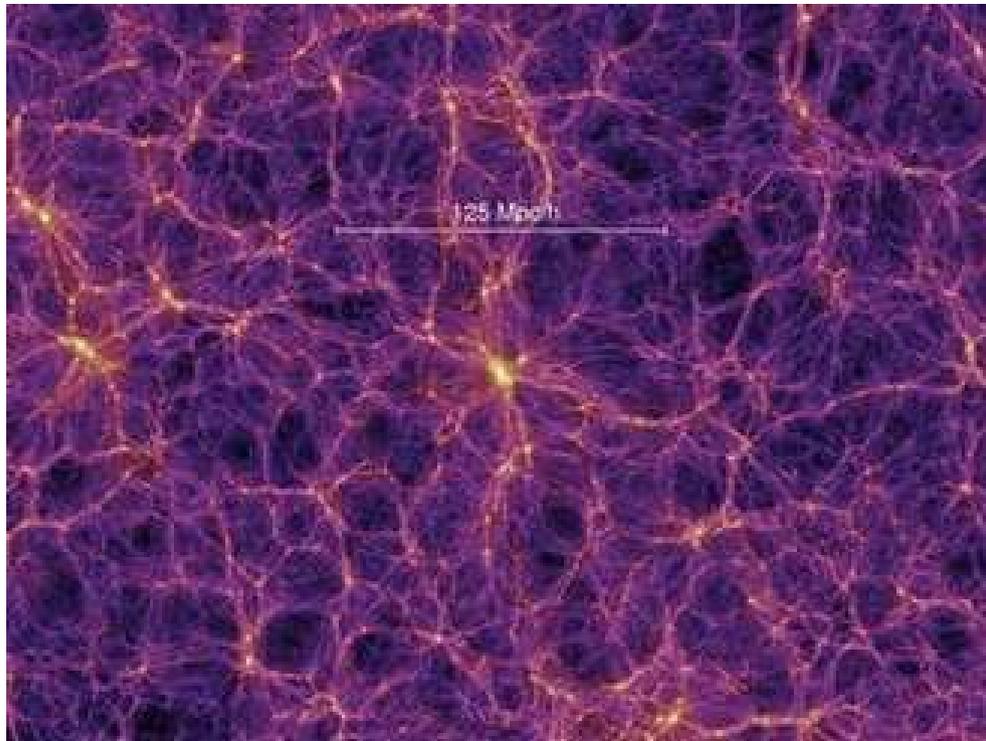
# Back-up : stage M1



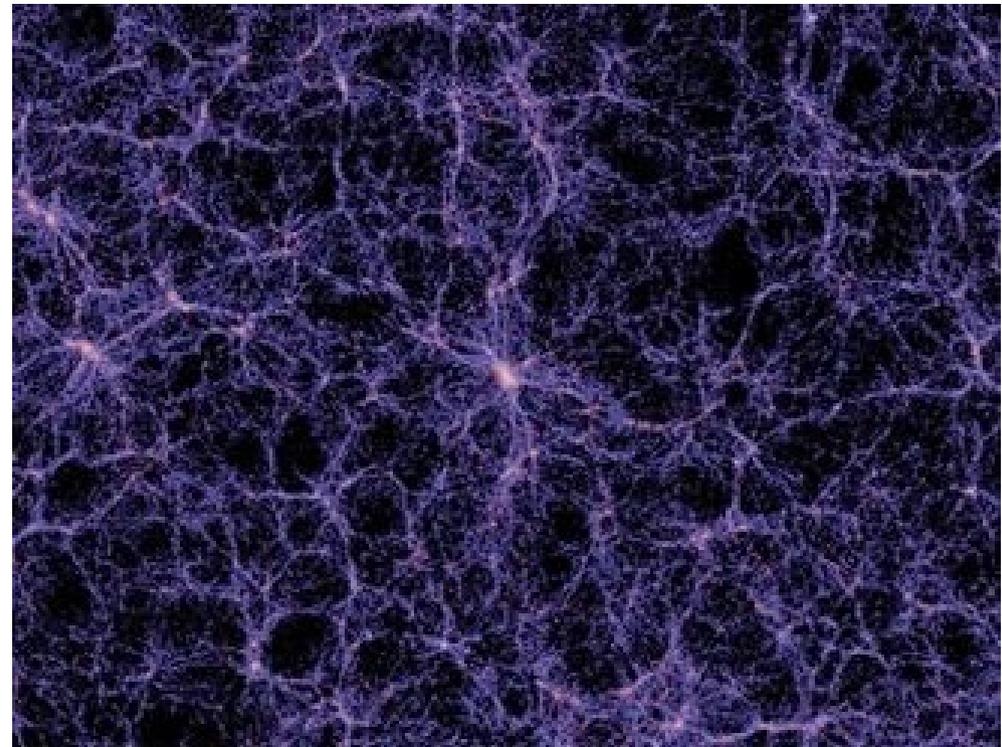
**Distribution d'occupation des halos**

# Back-up : stage M1

Modélisation de la matière noire depuis la simulation Millennium

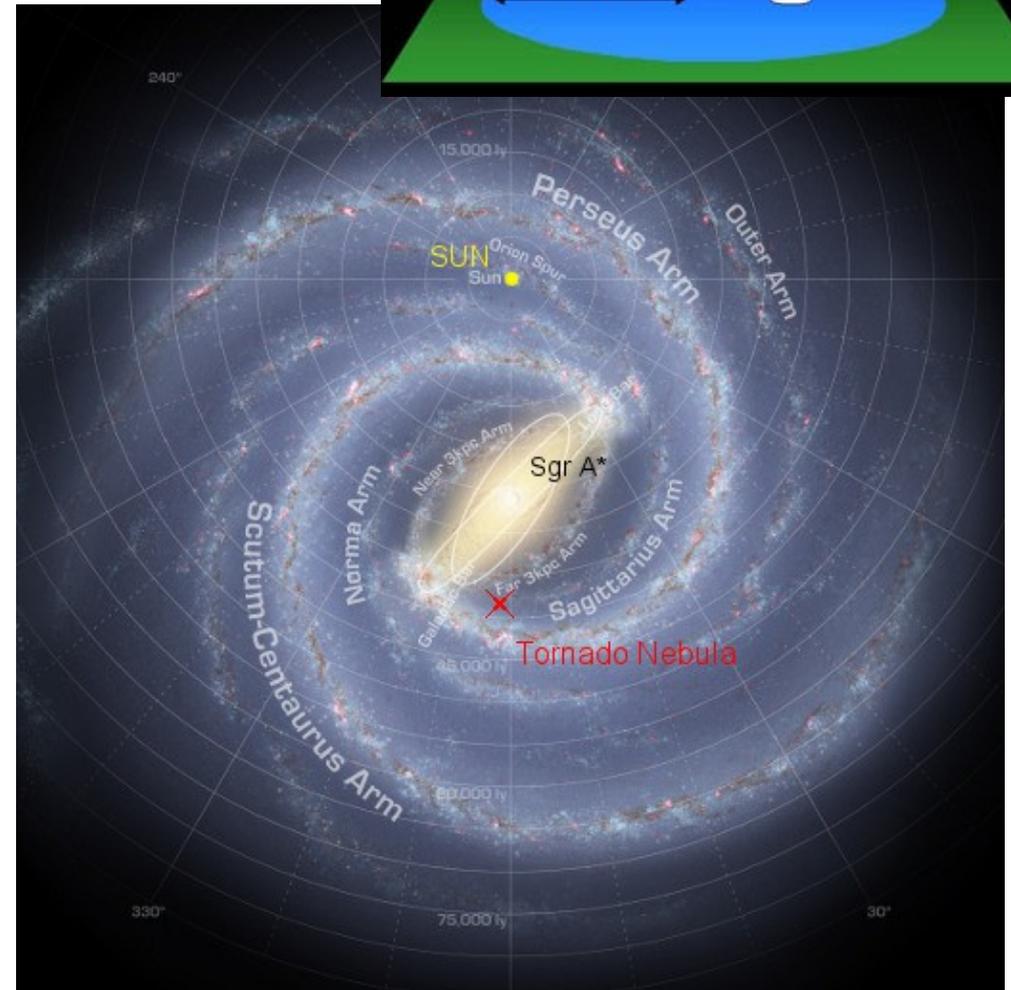
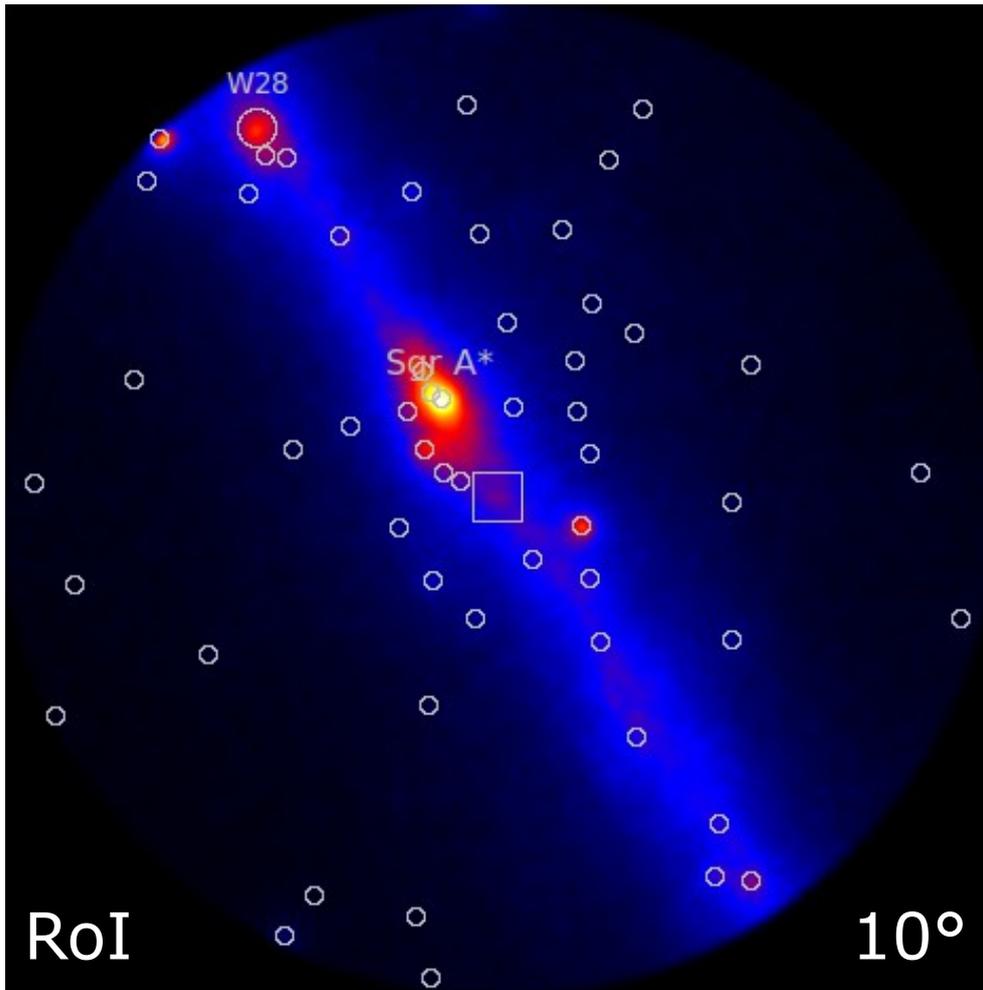
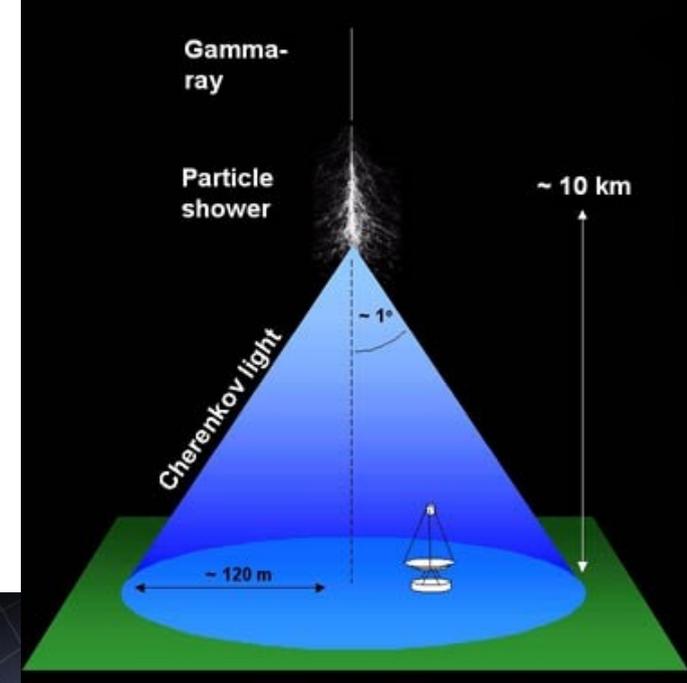


Distribution des galaxies dans les halos de matière noire par la simulation GALFORM



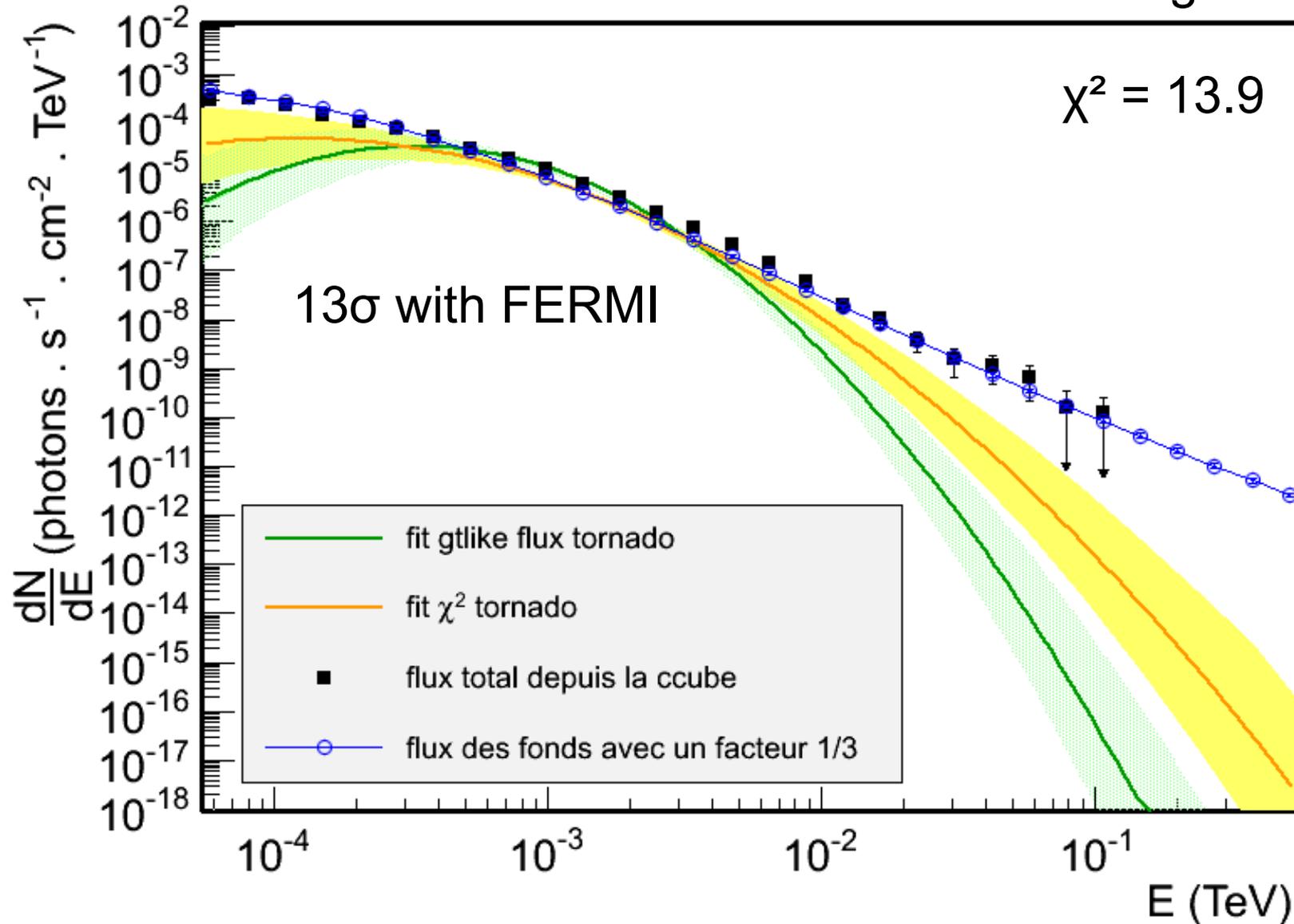
Source : Springel et al., 2005

# Back-up : stage M2



# FERMI personal analysis : $\chi^2$

0.625°x0.625° region



20 points – 3 free parameters = 17 NdF  $\rightarrow \chi^2 / \text{NdF} = 0.82$