Signaux de DM en rayons γ en provenance de galaxies naines

Contraintes sur $\langle \sigma v \rangle$ avec HESS

Photo : Galaxie Naine Fornax - Crédit: ESO/Digitized Sky Survey 2

5 Mai, 2017

Céline Armand, M2 PSC

Où chercher dans la Galaxie ?

Densité de DM élevée $\longrightarrow$ Plus de chance d'annihilation de DM

Image: https://infograph.venngage.com/p/215976/milky-way-galaxy-jessica-waldbusser

$\rightarrow$ Centre Galactique (GC) = beaucoup d'autres sources de rayons γ

$\rightarrow$ Galaxies Naines Sphéroïdes (DSphs) :

- Forte concentration de DM.
- Faible masse lumineuse.
- Absence d'objets astrophysiques actifs.

Recherche dans les galaxies naines sphéroïdes

45 galaxies naines candidates

Photos: Leo I, Sculptor, Leo T - Credits: SDSS, ESO, SDSS-II

Dsphs observées par HESS (non publiées):

Leo II (1.7h) - Bootes II (1.8h) - Grus II (6.3h) - Indus II (0.9h)

Flux intégré

$$\Phi_\gamma(E_\gamma) = \int_{E_{min}}^{E_{max}} \frac{1}{2} \frac{\langle \sigma v \rangle}{4\pi m_\chi^2} \sum_f B_f \frac{dN_\gamma^f}{dE_\gamma} \int_{\Delta\Omega(\alpha,\phi)} d\Omega' \int_{los} ds \rho_{DM}^2(r(s, \alpha_{int}))$$

Flux de γ **Facteur Φ_{PP}** **Facteur $\mathscr{J}$**

HESS **Physique des Particules** **Astrophysique**

Avec :

- $\langle \sigma v \rangle$: Section efficace d'annihilation moyennée sur la distribution des vitesses.
Valeur de référence: $\langle \sigma v \rangle \sim 3 \times 10^{-26} \text{cm}^3.\text{s}^{-1}$
- $\frac{dN_\gamma^f}{dE_\gamma}$: Nombre de γ par annihilation par intervalle d'énergie.
- B_f : Rapport de branchement.
- ρ_{DM} : Densité de matière noire.

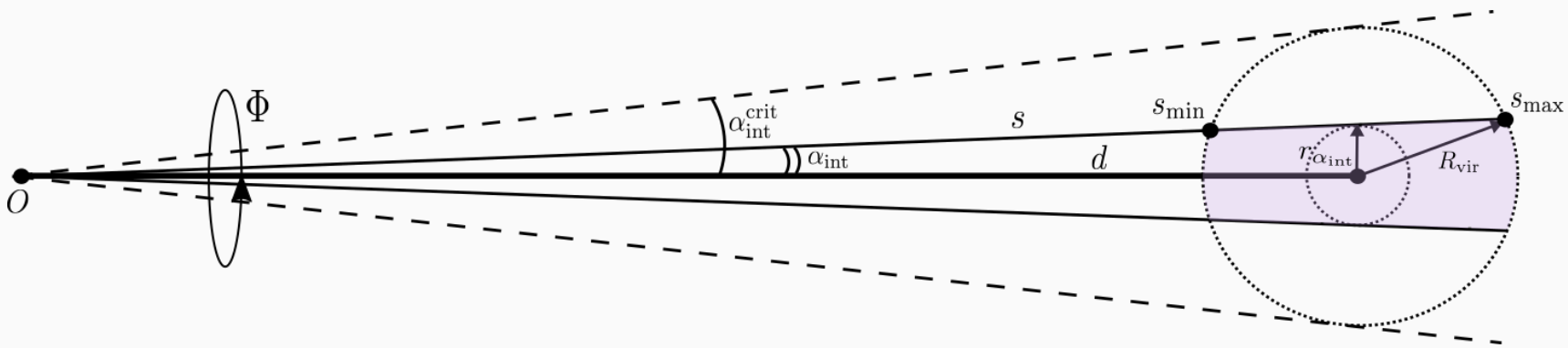
Facteur $\mathscr{J}$ pour les galaxies naines

Hypothèses :

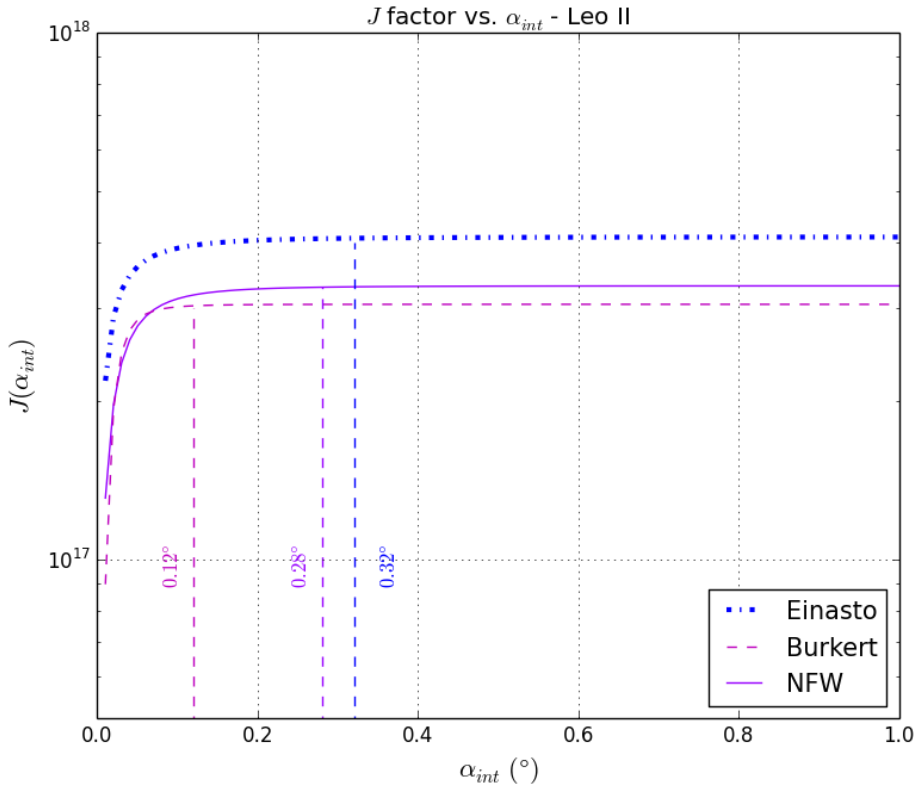
- Symétrie sphérique
- Profils de densité de DM

Domaine d'intégration :

- $s \in [s_{\text{min}}, s_{\text{max}}]$
- $\alpha_{\text{int}} \in [0, \alpha_{\text{int}}^{\text{crit}}]$
- $\Phi \in [0, 2\pi]$



Facteur $\mathscr{J}$ pour Leo II



Profil NFW :

$$\rho_{NFW}(r) = \rho_s \frac{r_s}{r}\left(1+\frac{r}{r_s}\right)^{-2}$$

Profil Einasto :

$$\rho_{Ein}(r) = \rho_s \exp\left\{-\frac{2}{0.15}\left[\left(\frac{r}{r_s}\right)^{0.15}-1\right]\right\}$$

Profil Burkert:

$$\rho_{iso}(r) = \rho_s \frac{r_s^3}{(r+r_s)(r^2+r_s^2)}$$

- $\mathscr{J}$ augmente jusqu'à un certain angle $\alpha_{\text{int}}^{\text{crit}}$.
- **Au-delà :** plus de contribution $\rightarrow$ Plateau.

$$\Rightarrow \boxed{\mathscr{J}_{\text{DSph}}^{\text{max}} \sim 10^{17}(\text{GeV}^2.\text{cm}^{-5}.\text{sr})}$$

Leo II - Extension du halo de matière noire

Angle critique:

- NFW: $\alpha_{\text{int}}^{\text{crit}} = 0.28°$
- Einasto: $\alpha_{\text{int}}^{\text{crit}} = 0.32°$
- Burkert: $\alpha_{\text{int}}^{\text{crit}} = 0.12°$

Rayon :

- NFW: $R_{\text{DSph}} = 1.14$ kpc
- Einasto: $R_{\text{DSph}} = 1.30$ kpc
- Burkert: $R_{\text{DSph}} = 0.48$ kpc

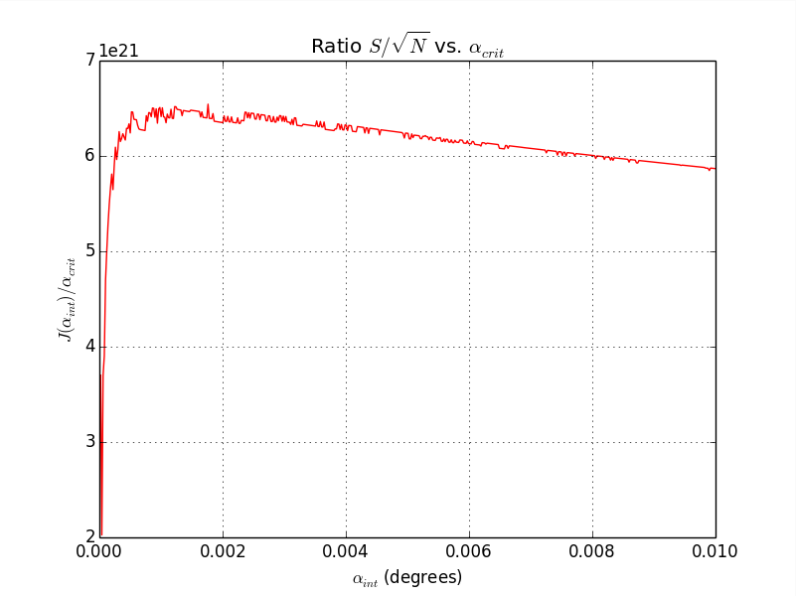
Dans l'analyse HESS: Source étendue ou ponctuelle ?

Signal sur bruit

Rapport Signal sur bruit en fonction de l'angle α

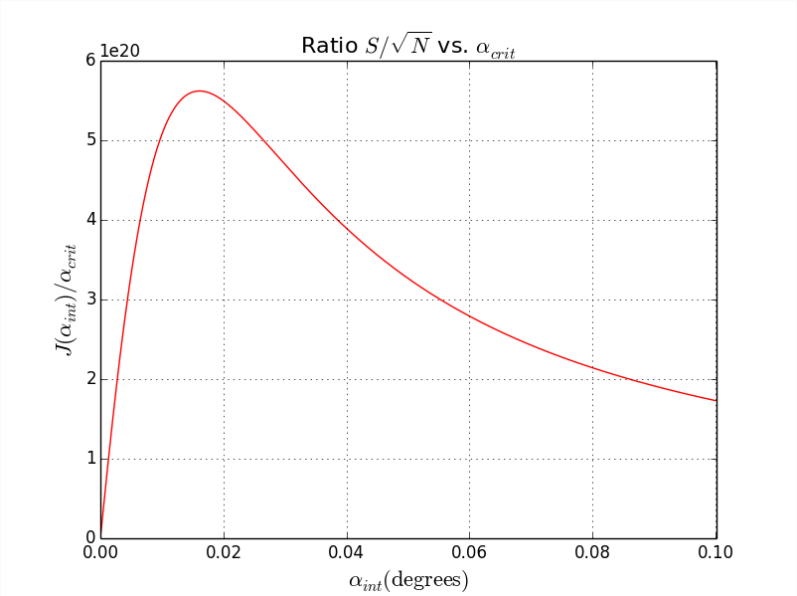
$$\boxed{\frac{S}{\sqrt{N}} \propto \frac{J(\alpha)}{\alpha}} \qquad r = d \tan\alpha \propto \alpha$$

NFW



Max $\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right) \rightarrow \alpha \approx 0.001°$

Burkert



Max $\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right) \rightarrow \alpha \approx 0.015°$

$\Rightarrow$ Source ponctuelle ($\alpha = 0.1°$)

Analyse HESS pour Leo II

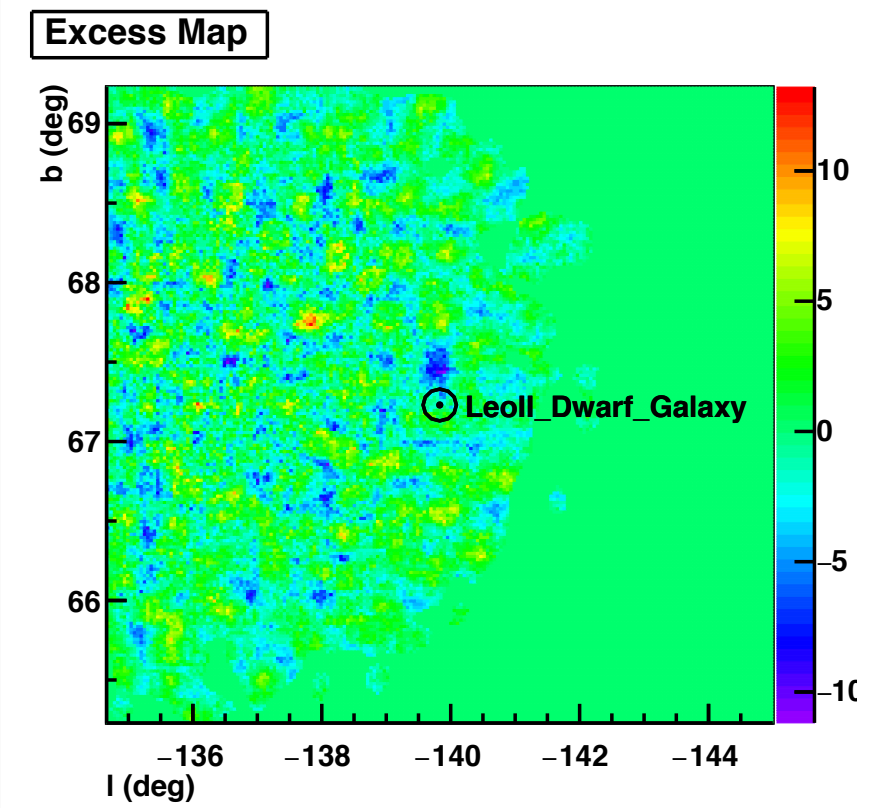
Paramètres utilisés

- Point like source
- Model++ Stereo HESS1 Std
- Ring Background

Data

- 1.7 live hours (0.7 acc. corr.)
- $N_{ON} = 10$
- $N_{OFF} = 643$
- $\alpha = 48.32$
- $\boxed{S = -3.3\,\gamma}$

$\Rightarrow$ Pas d'excès de γ



Extraction des données - Leo II

Flux intégré et énergies

- $E_{\text{min}} = 0.53$ TeV
- $E_{\text{max}} = 2.36$ TeV
- $\boxed{\Phi_{\gamma}^{(0.53 \leq E_{\gamma} \leq 2.36)} \leq 1.51 \times 10^{-8}\ \gamma.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}\ (95\%\text{C.L.})}$

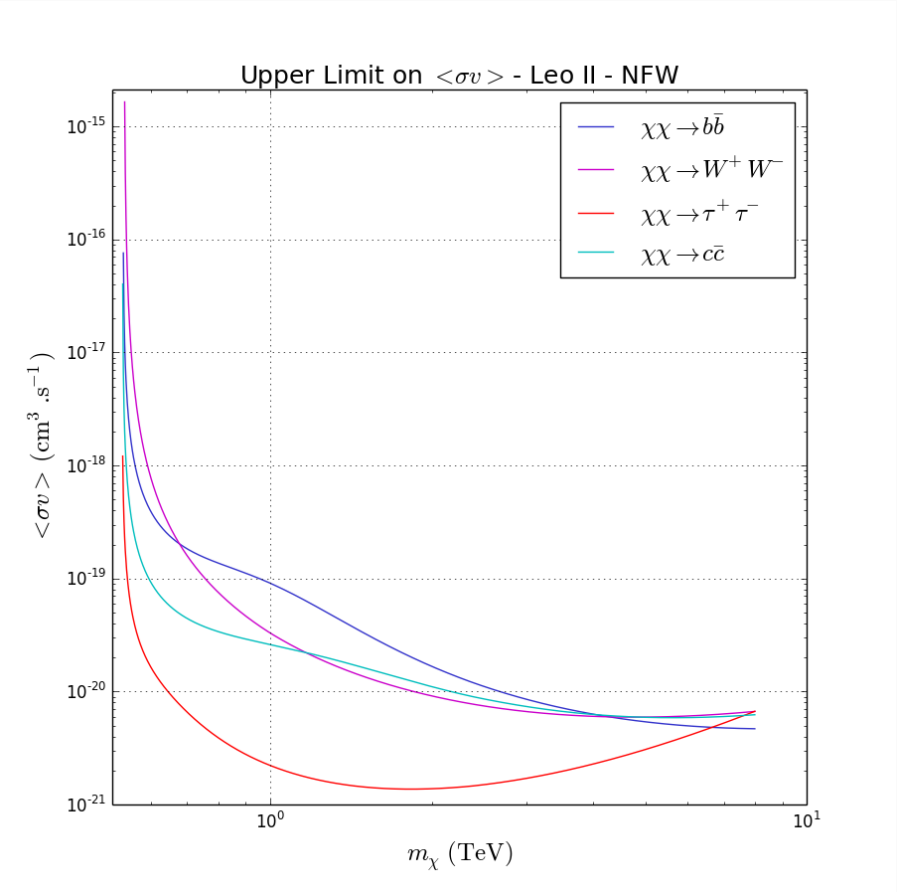
Pour chaque m_{χ} $\rightarrow$ Section efficace d'annihilation $\langle \sigma v \rangle$

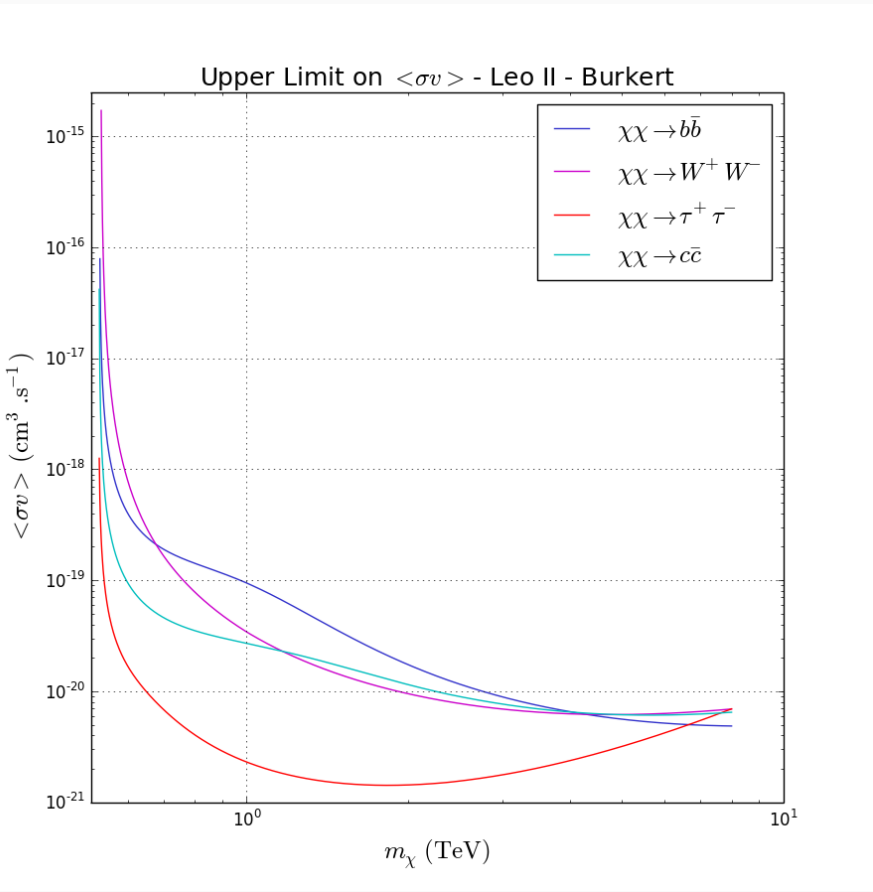
$$\Phi_{\gamma}(E_{\gamma}) = \frac{1}{2} \frac{\langle \sigma v \rangle}{4\pi m_{\chi}^2} \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{max}}} \sum_{f} B_f \frac{dN_{\gamma}^{f}}{dE_{\gamma}} \mathscr{J}$$

Avec:

- $\mathscr{J}_{\text{NFW}}(\alpha = 0.1^{\circ}) = 3.1.10^{+17}\ \text{GeV}^2.\text{cm}^{-5}$
- $\mathscr{J}_{\text{Burkert}}(\alpha = 0.1^{\circ}) = 3.0.10^{+17}\ \text{GeV}^2.\text{cm}^{-5}$

Contraintes sur $\langle \sigma v \rangle$ avec Leo II





Contraintes sur la section efficace d'annihilation $\langle \sigma v \rangle$

$\langle \sigma v \rangle \leq 10^{-20} - 10^{-21}$ cm^3.s^{-1} (95%$C.L.$)

Perspectives

Photo: Galaxie Naine Leo II
Credit: Digitized Sky Survey/Walker

- Contraintes sur Leo II
- Reproduire les contraintes sur Sculptor
- Contraintes sur Bootes II, Grus II, Indus II
- Contraintes sur les 4 galaxies combinées
- Travail avec Aion du 29 mai au 2 juin

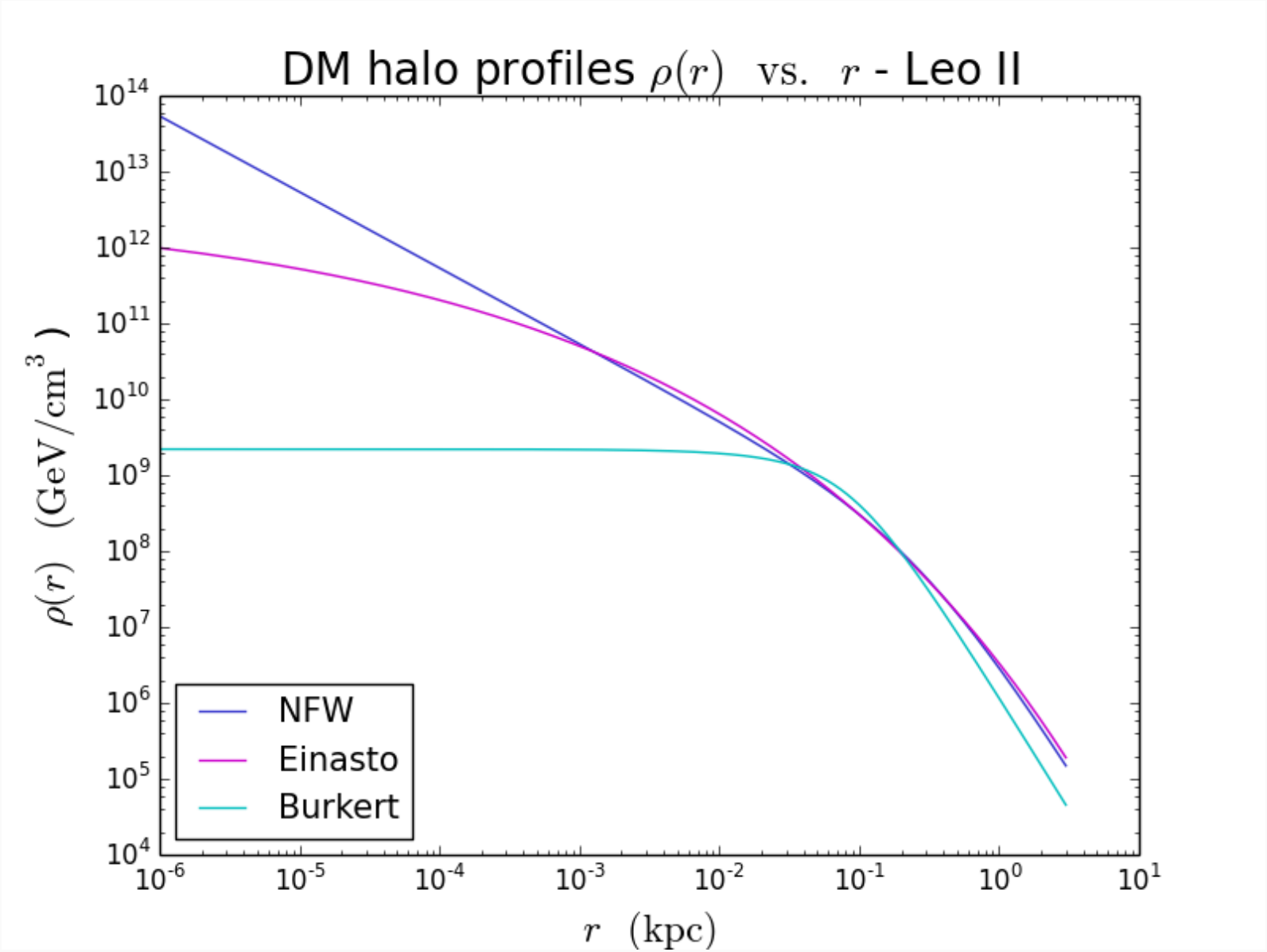
Merci pour votre attention !

Spectres $b\bar{b}, W^+W^-, \tau^+\tau^-, c\bar{c}$

Quarks et Leptons:

$$\frac{dN_\gamma}{dx} = a_1 x^{-1.5} \exp\left(-b_1 x^{n_1} - b_2 x^{n_2} - \frac{c_1}{x^{d_1}} + \frac{c_2}{x^{d_2}}\right) + q \ln(p(1-x)) \frac{x^2 - 2x + 2}{x}$$

Bosons W et Z:

$$\frac{dN_\gamma}{dx} = a_1 x^{-1.5} \exp\left(-b_1 x^{n_1} - \frac{c_1}{x^{d_1}}\right) \left(\frac{\ln(p(j-x))}{\ln p}\right)^q$$

Profils de densité - Leo II