

# Neutrinos et matière noire

- Neutrinos

theorie (Modele Standard) :  $m_\nu = 0$

Observations :  $m_\nu \neq 0$

Enjeu pour la cosmologie (Planck, 6dF...)

- Dark Matter (25% du contenu de l'Univers)

- Courbe de rotation des Galaxies
- Silk damping
- parametres cosmologiques
- nucleosynthese...

} Neutrinos ou ???

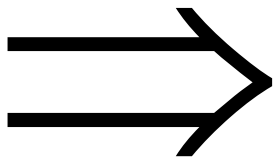
# 1 mot clef: oscillations

- 3 saveurs de neutrinos:  $\nu_e$   $\nu_\mu$   $\nu_\tau$
- Model Standard du soleil: estimation de  $\nu_e$
- Observations sur terre: deficite de  $\nu_e$  !!
- Reponse:

$$\nu_e \longrightarrow \nu_{\mu,\tau}$$

# 3 ``types de preuves'' en faveur des oscillations

- Solaires  $\nu_e \rightarrow \nu_{\mu,\tau}$
- Atmosphériques  $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$
- Reacteurs  $\nu_e \rightarrow \nu_{\tau}$



1. Melange !
2. Besoin de definir des etats propres!

## Solar

...Gallex, SAGE,  
BOREXINO

Kamiokande +  
SK

KAMLAND

SNO

## Atmospheric (Baseline)

Minos

(Rodolphe)

Opera

(Carole, Muriele)

## Reactors

CHOOZ

(Guillaume)

KAMLAND

---

$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$

LSND

MiniBoone

Et bien d'autres!!!!

Flavor eigenstates

Mass eigenstates

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \end{pmatrix}$$

$$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = \sin^2(2\theta) \sin^2\left(1.27 \Delta m^2 \frac{L}{E}\right)$$



3 \* 3

Mass eigenstates

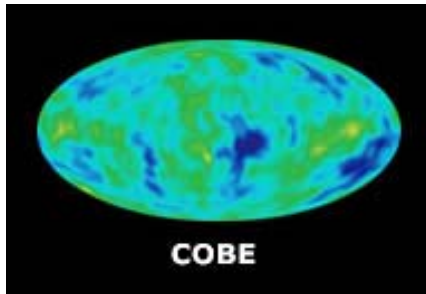
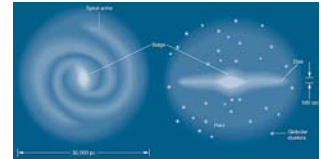
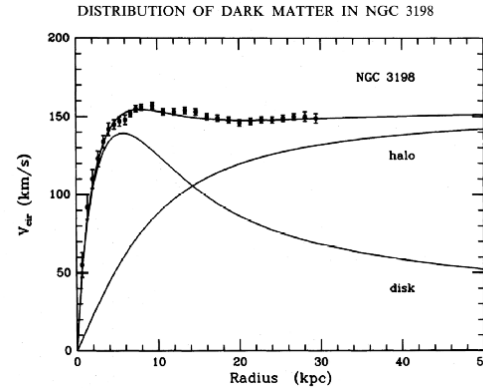
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = (U_{MNS}) \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix} \begin{matrix} \theta_{12} \\ \theta_{23} \\ \theta_{13} \end{matrix}$$

Mais quelle theorie sous  
jacente? **(Paola)**

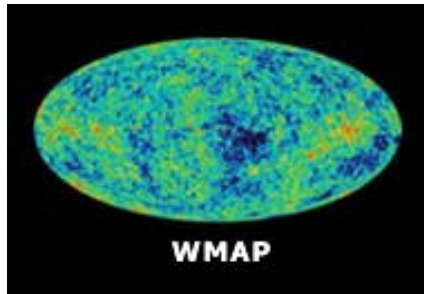
# Matiere Noire...

**Pas de galaxies ou amas de galaxies sans matiere noire.**

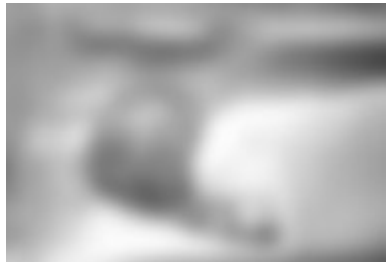
**Courbes de rotation, Mesure des parametres cosmologiques (wmap)**



COBE



WMAP



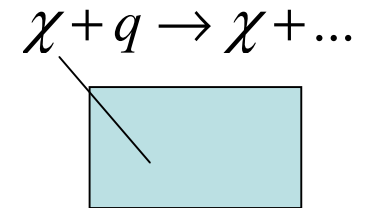
- **Stable, neutre, massive, sans interactions elect.**  
Weakly Interacting Massive Particles, ( WIMP)
- **Pas de particules dans le MS avec ces proprietes!**
- **Par contre la supersymetrie en predit une!**

neutralinos

# Comment detecter la MN?

- **Accelerateurs ( $m > 37$  GeV...):**

- LEP, Tevatron, LHC



- **Directement (detecteurs, effet de recul):**

- Edelweiss (**Veronique**)
- MACHe3 (**Emmanuel**)

- **Indirectement (annihilations):**

- Spectres de gammas (AMS, GLAST)
- Spectres de neutrinos (**AMANDA, Daan**)
- Spectres de positrons, protons (**AMS, Jonathan**)