



**Introductions aux
activités du groupe GT1 :
détermination des
paramètres du neutrino**



Thierry Lasserre (CEA/Saclay & APC)
Dominique Duchesneau (LAPP)
Laboratoire APC
21-22 Juin 2007

Rappel des paramètres à mesurer

$$[\Delta m_{21}^2 - \theta_{12}] - [\Delta m_{32}^2 - \theta_{23}] - \underbrace{\text{signe}(\Delta m_{32}^2) - \theta_{13} - \delta}$$

ν solaires
+
KamLAND
+
réacteur @80 km

ν atmosphériques
+
K2K
+
MINOS & Superfaisceaux

Superfaisceaux
+
réacteurs @1-2 km
+
Usines à ν faisceaux β



MSW-LMA

$\Delta m_{12}^2 \sim O(10^{-4/-5}) \text{ eV}^2$
 $\sin^2(2\theta_{12}) \sim 0.8$
(grand angle)



$\Delta m_{32}^2 \sim 2-3 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$
 $\sin^2(2\theta_{23}) \sim 1$
(angle maxi ?)



$\sin^2(2\theta_{13}) < 0.15$ (CHOOZ) $\rightarrow \theta_{13} ?$
(petit angle)

Hierarchie de masse $\rightarrow \text{signe}(\Delta m_{32}^2) ?$

Violation CP \rightarrow phase $\delta ?$

Mais pas d'échelle de masse absolue avec les oscillations $\rightarrow \beta$ & $\beta\beta 0\nu ?$

Programme du groupe GT1

Ce groupe de travail s'articule autour des diverses approches expérimentales afin de déterminer les paramètres des neutrinos. Les objectifs de ce groupe sont de:

Favoriser les échanges d'informations entre les diverses équipes françaises engagées sur des expériences neutrinos au travers de brèves présentations et de 'status report' lors des rencontres :

- **NEMO** (nature du neutrino et échelle de masse absolue) & **SuperNemo** ;
- **Borexino et KamLAND** (secteur « solaire », Δm^2_{21} et θ_{12}) ;
- **OPERA, MINOS** (secteur « atmosphérique », légère amélioration de notre connaissance de l'angle de mélange θ_{13}) ;
- **Double Chooz** (amélioration de notre connaissance de l'angle de mélange θ_{13}) ;
- **T2K** (amélioration des paramètres atmosphériques Δm^2_{32} et θ_{23} , et de notre connaissance de l'angle de mélange θ_{13} - phase préliminaire de mesure de la phase δ) ;
- Impliquer des **théoriciens & phénoménologues** dans certains aspects pouvant amener une avancée dans les résultats expérimentaux (ex : calcul d'éléments de matrice nucléaire pour la double bêta, modèles prédisant la structure de la matrice PMNS, modèle de masses des neutrinos, flux des réacteurs, section efficaces)

Les étapes de travail

- **Étape 1** : Confirmation des oscillations, mesures de Δm_{atm}^2 et θ_{13} , et panorama actuel en double bêta. Synthèse des connaissances actuelles de la matrice PMNS. Revue des expériences impliquant les groupes français et discussion des méthodes d'extraction des paramètres des données : Nêmo, K2K, CNGS/OPERA, Borexino, KamLAND, MINOS, Double Chooz, T2K ...
- **Étape 2** : Vers la détermination de θ_{13} (si $\sin^2(2\theta_{13}) < 0,01$), de la hiérarchie de masse, et de l'échelle de masse absolue. Les projets et leurs potentiels : prochaine génération de manip double bêta, T2K et autres super faisceaux, faisceaux bêta, deuxième génération de manip réacteur, usine à neutrino ...
- **Étape 3** : Quelles expériences & combinaisons d'expériences pour extraire les paramètres des neutrinos et particulièrement la phase δ (*partenariat avec les autres groupes de travail*). Complémentarité et synergies des projets : double bêta, accélérateurs, réacteurs, et utilisant les sources naturelles de neutrinos.
 - Implications des groupes français?
 - Recommandations

Feuille de route pour les oscillations

- Réacteurs Double Chooz & Daya Bay
- Présentation T2K 2km + T2HK
- Présentation & discussion du projet CERN To Fréjus (C2F):
 - faisceau très intense de protons de 4 MW (CERN ?).
 - grand détecteur mégatonne dans un agrandissement du laboratoire souterrain du Fréjus.
- Présentation & discussion du projet Beta-beams ("bas γ):
 - projet basé au CERN couplé à un détecteur lointain au Fréjus.
 - faisceaux intenses de neutrinos en utilisant des faisceaux d'ions radioactifs émetteurs bêta.

Thèmes à discuter :

- ✓ Sensibilité à la mesure de θ_{13} (sensibilité $\sin^2(2\theta_{13}) > 0.002$)
- ✓ Sensibilité à la violation CP dans le domaine leptonique.
- ✓ synergie avec la physique « hors accélérateurs »

... projet à l'horizon 20XY, $X \geq 2$

Usine à neutrinos :

- faisceau intense de neutrino produit par un faisceau de muons accélérés.
 - nécessite un important R&D pour démontrer sa faisabilité.
 - détecteur de 50 kt
- Présentation du potentiel physique

Beta-beams ("haut γ ") :

- R&D pour production d'un faisceau à "haut γ ".
 - Il serait une suite du projet « bas γ »
- Présentation du potentiel physique

Thèmes à discuter:

- ✓ Si et seulement si $\sin^2(2\theta_{13}) < 0.01$?
- ✓ Synergie avec la physique « hors accélérateurs » ?
- ✓ ...

Hors accélérateur

- **Présentation : Les prochaines expériences $\beta\beta 0\nu$**
 - Super-Nemo
 - Gerda-Majorana
 - EXO
 - ...
- **Questions :**
 - Liens hiérarchie de masse, précision θ_{13} & contraintes de $\beta\beta 0\nu$
- **Présentation : Les expériences réacteurs à l'échelle de 1-10 kt**
 - Daya Bay, Tripe Chooz, Angra, KASKA ...
- **Questions :**
 - Amélioration contraintes θ_{13}
 - Intérêt d'une nouvelle mesure de θ_{12}

En ouverture ...

Autres thème de physique à développer :

- Présentation des efforts pour la mise en évidence de la diffusion cohérente des neutrinos (+ applications)
 - Germanium à très bas seuil en énergie
 - TPC
 - ...
- Revue des sections efficaces
- Le moment magnétique du neutrino
- INO, neutrino atmosphérique et hiérarchie de masse

GT1 Aujourd'hui

- **10:45 Introduction (*Thierry Lasserre*)**
- **10:55 Sterile neutrino oscillations after first MiniBooNE results (*Thomas Schwetz*) [→ hier!](#)**
- **11:35 Revue sur l'état des lieux des mesures de section efficaces des neutrinos (*Federico Sanchez*)**
- **12:20 Prochains objectifs du GT1 (*Dominique Duchesneau et Thierry Lasserre*)**

A venir ...

- **Suivi des projets en cours**
 - T2K
 - Double Chooz
 - Daya Bay (→ invitation)
 - Towards a comparative analysis

- **Status of Borexino**

- **Status of Katrin**

A venir ...

- **Potentiel de physique de la future génération de grand détecteurs pour la mesure des paramètres du neutrinos**
 - **Présentation de Laguna**
 - **Détecteurs Cerenkov à eau : HK, Memphys, ...**
 - **Détecteurs Argon Liquide : Glacier ...**
 - **Détecteur liquide scintillant : LENA, Hano-Hano**