



Réunion du groupe GT1: Détermination des paramètres du neutrino

D.Duchesneau, T. Lasserre

- Présentation du programme et ses Objectifs D.D.
- Présentation du projet: Scoping Study of a future Accelerator neutrino complex Luigi
- La double désintégration beta et après Nemo3 Corinne
- NNN05 et Discussion autour du projet Mégatonne Alain
- Discussion générale

IPN Orsay
13 juin 2005

Objectif 1:

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:

- NEMO3 (nature du neutrino et échelle de masse absolue) ;
- OPERA et K2K (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 (mesures précises des paramètres atmosphériques Δm_{23}^2 et θ_{23} , amélioration de notre connaissance de l'angle de mélange θ_{13}) ;
- impliquer des théoriciens 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)

Objectif 2

Fédérer et renforcer les travaux des experts français visant à **contribuer à la définition, puis à la réalisation** dans le cadre d'un partenariat international **des étapes pour le plus long terme** :

- La détermination de la nature du neutrino (Majorana ou Dirac), et l'échelle de masse absolue (mesure d'une masse effective de l'ordre de 30 meV) ;
- Recherche de la valeur de l'angle de mélange θ_{13} si celle-ci échappe à Double Chooz & T2K, ou équivalents ;
- Recherche de mise en évidence de la violation de CP dans le secteur leptonique ;
- Détermination de la hiérarchie de masse (signe de Δm_{23}^2) par mesure des effets de matière ;

Plusieurs chemins existent: il faut trouver le plus adapté!

Concrètement (objectifs):

Ces travaux nécessiteront d'effectuer des simulations, des études de performances. Il faudra collaborer avec les groupes internationaux déjà impliqués dans ces activités. Elles concernent :

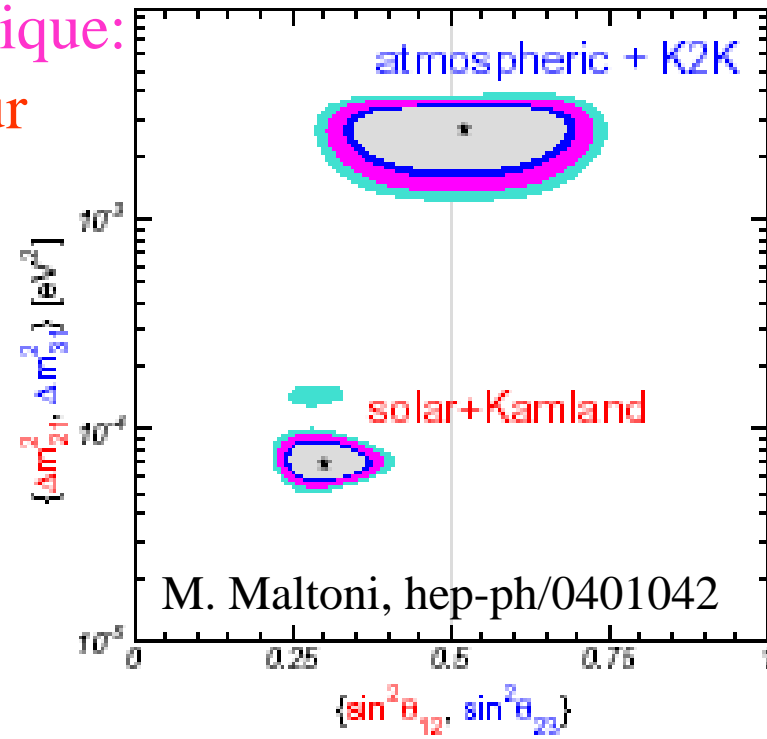
- ❑ La prochaine génération d'expériences double bêta sans neutrino; SuperNemo et autres projets.
- ❑ Les projets sur accélérateur avec des faisceaux de neutrinos de haute intensité (« super faisceau », « faisceau bêta », « usine à neutrinos ») ;
le cadre du 'International Scoping Study' discuté après.
- ❑ Les projets d'expérience de réacteur de 3^{ème} génération ;
- ❑ Les projets utilisant des sources naturelles de neutrinos (atmosphérique, solaire, Supernovae, ...)

N.B: ceci pour établir le 'cas de physique' et permettre de revoir de manière critique le potentiel de physique des divers projets en fonction de la connaissance des paramètres au démarrage du projet!

Etat actuel de la matrice de mélange leptonique:

$$U_{MNS} = \begin{pmatrix} \sim \frac{\sqrt{3}}{2} & \sim \frac{1}{2} & \sim \sin \theta_{13} e^{i\delta} \\ \sim -\frac{1}{2} & \sim \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} & \sim \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \sim \frac{1}{2\sqrt{2}} & \sim -\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} & \sim \frac{\sqrt{2}}{2} \end{pmatrix}$$

futur



Analyse globale a 3 ν

(C. Gonzalez-Garcia, NOON2004)

	best fit	intervalle à 3σ	“précision”
Δm^2_{21}	$7.1 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$	$5.2 \times 10^{-5} - 9.8 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$	33%
$ \Delta m^2_{31} $	$2.4 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$	$1.4 \times 10^{-3} - 3.4 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$	42%
θ_{12}	33.2°	$28.3^\circ - 38.7^\circ$ (+LMA-2)	15%
θ_{23}	45°	$35^\circ - 56^\circ$	23%
θ_{13}	limite (CHOOZ = 12° pour $ \Delta m^2_{31} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$)		
δ	inconnue		
$\text{sign}(\Delta m^2_{31})$	inconnu		

(a mettre a jour)

Mesure de θ_{13}

Pour les projets de Long Baseline:

Dans le vide

● $P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$

● $P_1 = \sin^2(\theta_{23}) \sin^2(2\theta_{13}) \sin^2(1.27 \Delta m_{13}^2 L/E)$

● $P_2 = \cos^2(\theta_{23}) \sin^2(2\theta_{12}) \sin^2(1.27 \Delta m_{12}^2 L/E)$ ← négligeable en LBL sur max. atm.

● $P_3 = \mp J \sin(\delta) \sin(1.27 \Delta m_{13}^2 L/E)$

● $P_4 = J \cos(\delta) \cos(1.27 \Delta m_{13}^2 L/E)$

where $J = \cos(\theta_{13}) \sin(2\theta_{12}) \sin(2\theta_{13}) \sin(2\theta_{23}) \times$

$\sin(1.27 \Delta m_{13}^2 L/E) \sin(1.27 \Delta m_{12}^2 L/E)$

Auquel doit s'ajouter les effets de matière:

$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)$ augmente pour la hiérarchie normale et diminue pour la hiérarchie inverse

Attention: les effets dus à θ_{13} et à δ sont indissociables avec une simple mesure de $P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \rightarrow$ paramètres sont corrélés

auprès de réacteurs:

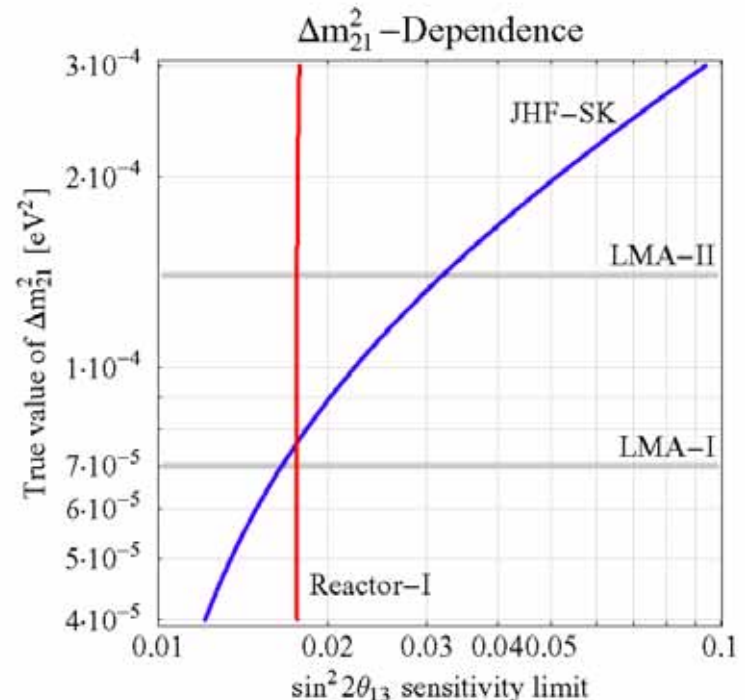
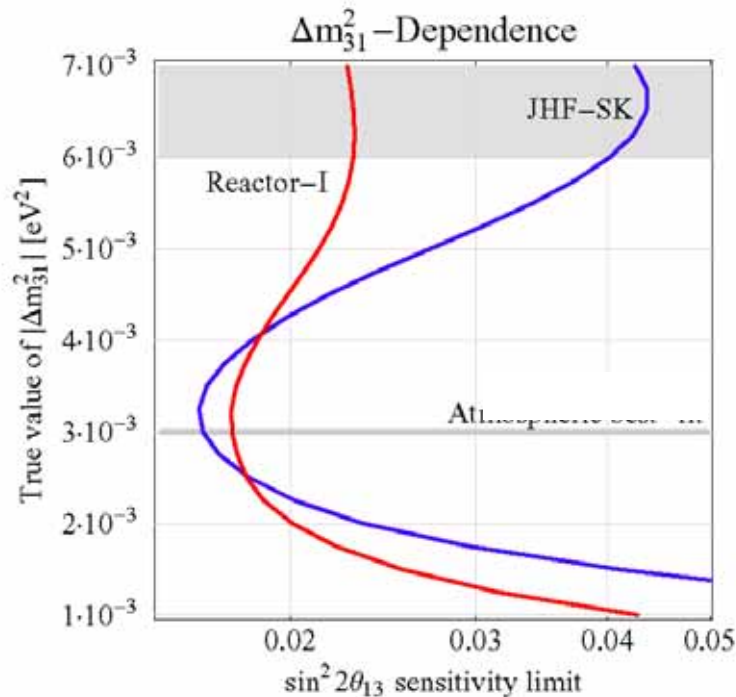
- mesure de θ_{13} à partir du taux de survie des $\bar{\nu}_e$

$$P_{ee} \approx 1 - \sin^2 2\theta_{13} \sin^2 \frac{\Delta m_{31}^2 L}{4E_\nu} + \underbrace{\left(\frac{\Delta m_{21}^2 L}{4E_\nu} \right) \cos^4 \theta_{13} \sin^2 2\theta_{12}}_{\text{terme négligeable}}$$

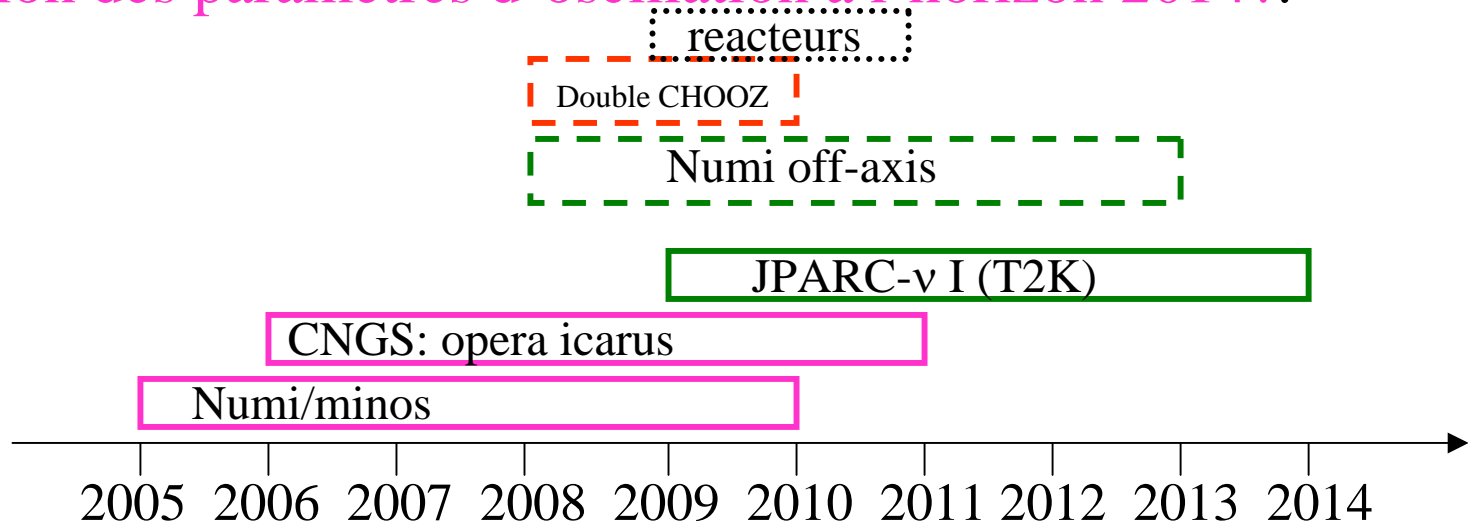
Avantages:

- Ne dépend pas de δ
- Effet de matière négligeable
- Seulement sensible à θ_{13}

terme négligeable si au maximum atmosphérique et $\sin^2 2\theta_{13} > 10^{-3}$



Evolution des parametres d'oscillation a l'horizon 2014?:



$\delta(\Delta m^2_{23})$:



$\delta(\sin^2 2\theta_{23})$



$\sin^2 2\theta_{13}$



QUID des autres paramètres et leur évolution?



Solar parameter, $m_{\nu e}$, $M_{\beta\beta}$, Σm_ν etc..

Il faut les étudier aussi! Voir par exemple:

G.L. Fogli et al.,

Global Analysis of 3 flavour neutrino masses and mixings,
hep-ph/0506083

Les étapes de travail envisagées:

1. Synthèse des connaissances actuelles de la matrice PMNS (Harmonisation de nos utilisations des paramètres pour les comparaisons) et futures évolutions des paramètres connus incluant hors oscillation.
2. Comprendre les domaines de variation des paramètres (theorie)
 septembre 2005
3. Revue des expériences impliquant les groupes français et discussion des méthodes d'extraction des paramètres des données, méthode statistique
4. Utilisation du logiciel GLOBES ou équivalent (cf: GT5) pour réévaluer les performances des différents projets en cours (CNGS, T2K, réacteurs?). Vérifier la cohérence avec les résultats précédents.
 octobre 2005

Les étapes de travail envisagées (suite):

4. Pour les expériences oscillations: établir à partir de GT4 un ensemble de paramètres de base machine + détecteur pour évaluer les potentiels des différents projets et les comparer.



Premier trimestre 2006

5. Identifier les sources de systématiques pour chaque cas et déterminer les approches pour en réduire les effets(ex: sections efficaces, flux des ν des diverses sources, élément de matrice nucléaire, etc...)
6. Synthèse de la physique des neutrinos couverts dans les projets qui sortiront de ces études d'optimisation, Affichage de la complémentarité éventuelle des projets de la double β aux oscillations avec faisceaux, réacteurs et sources naturelles.

Les sujets et quelques échéances ont été présentés:

Il faut démarrer le travail

Impliquer les jeunes le plus possible dans le cadre de la formation

Jusqu'à aujourd'hui: seulement 5 personnes ont demandé à être sur la liste. L'appel devra être refait.

Pour la Discussion Generale:

Il faut avoir les noms pour couvrir les différents items proposés

Rappel: corrélation forte avec le groupe GT5 dès le début puis avec GT4 par la suite

Pour certains points le calendrier pourrait suivre et s'imbriquer avec les échéances des activités internationales.

FIN

Phase III- projets faisceaux pour investiguer la violation CP:

- expérience de précision pour mesurer δ
- déterminer la hiérarchie de masse
- poursuivre la quête de θ_{13} dans le cas ou vraiment très petit

•Nécessité d'aller sur des super-beam

- **10 fois plus puissant que les faisceaux précédents (4MW)**
- **Pouvant tourner à la fois en ν et en $\bar{\nu}$**

Super-beam: (2015 - >)

BNL- Homestake

Numi off axis amélioré

JPARC ν -2 - HK

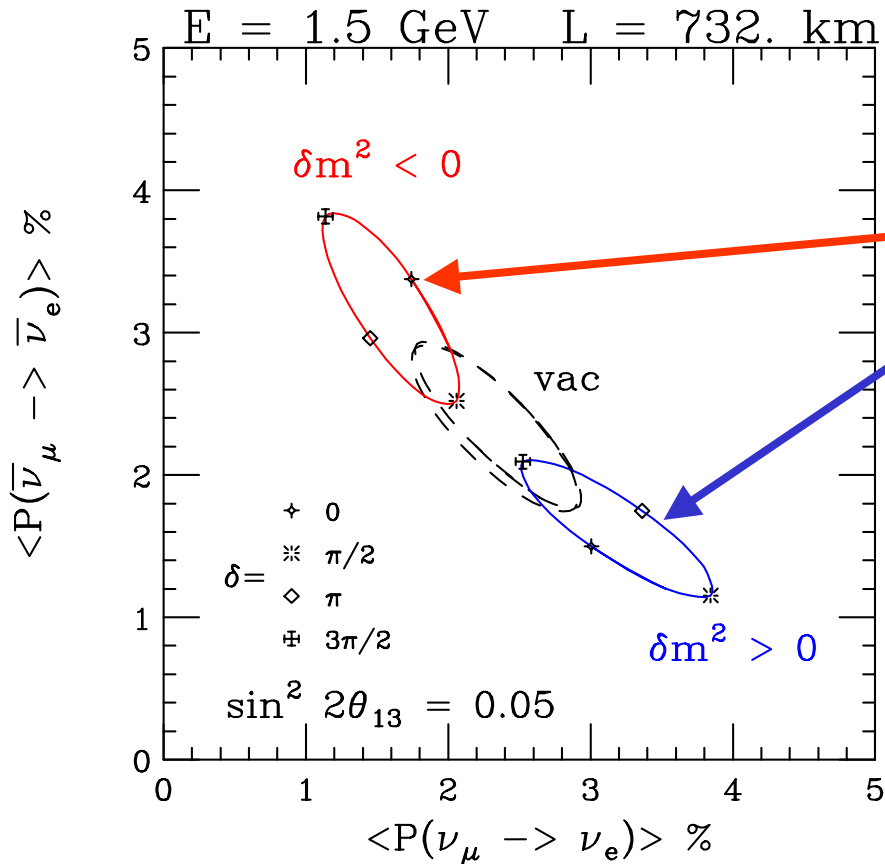
CERN SPL -Frejus

Betabeam

Neutrino factory: ultime machine (?)

Recherche de violation CP: mesure de δ et $\text{sign}(\Delta m^2_{31})$

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) - P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e) = -16 s_{12} c_{12} s_{13} c_{13}^2 s_{23} c_{23} \sin \delta \sin\left(\frac{\Delta m_{12}^2 L}{4E}\right) \sin\left(\frac{\Delta m_{13}^2 L}{4E}\right) \sin\left(\frac{\Delta m_{23}^2 L}{4E}\right)$$



Effets de matière

Seul moyen d'accéder à la hiérarchie de masse