

Groupe T2K – JUNO – HK

Laboratoire LLR Ecole Polytechnique

# Historique du groupe

2006 T2K avec le projet INGRID (1 M€ LLR)

2009 Premiers faisceaux de muons électrons T2K

2013 Découverte de l'apparition des neutrinos électrons T2K

2014 JUNO & WAGASCI

2015 HK (proto-collaboration)

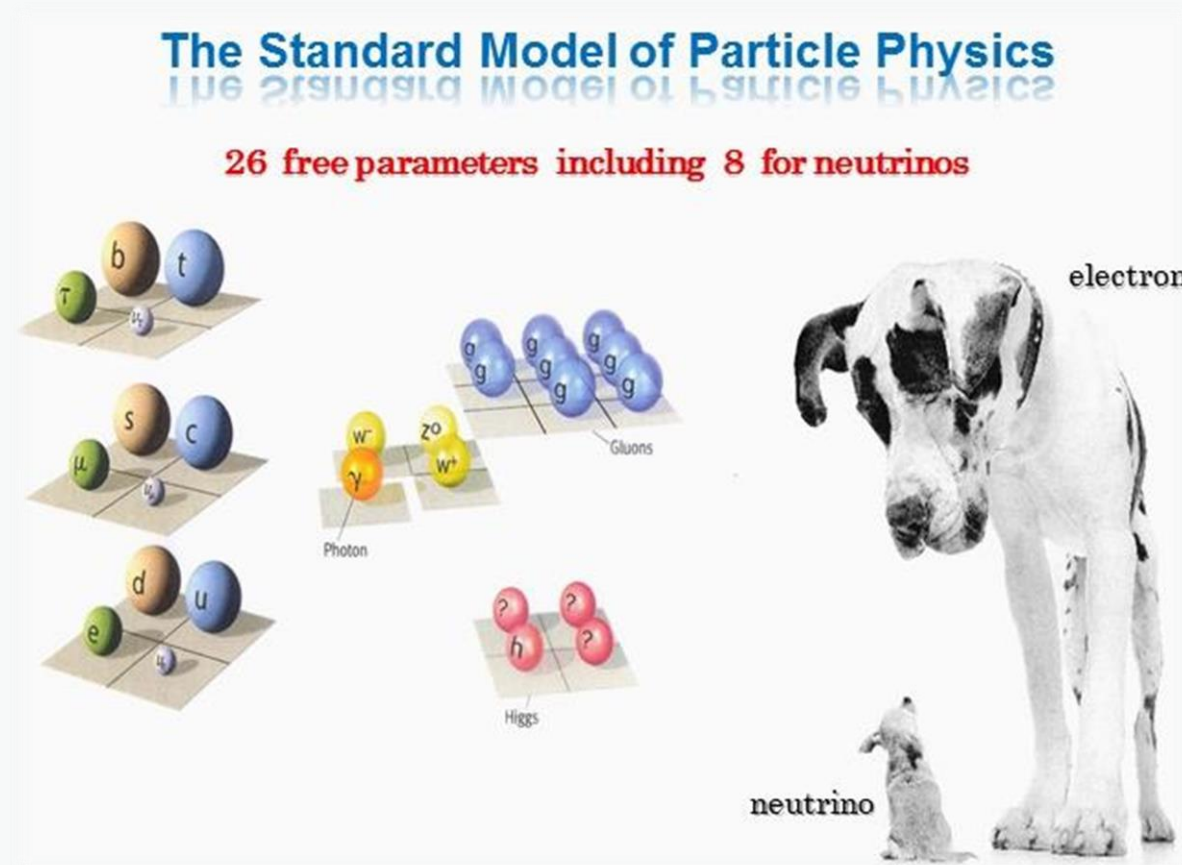
4 thèses soutenues depuis 2006

**Groupe T2K – JUNO – HK**

# Cohérence de notre programme scientifique

**T2K**  $\Rightarrow$  **WAGASCI**  $\Rightarrow$  **JUNO**  $\Rightarrow$  **HK**

Le seul groupe français dans ces 3 + 1 expériences



# Cohérence de notre programme scientifique

T2K  $\Rightarrow$  WAGASCI  $\Rightarrow$  JUNO  $\Rightarrow$  HK

**The Standard Model of Particle Physics**  
26 free parameters including 8 for neutrinos

The diagram illustrates the Standard Model of Particle Physics. It shows three generations of quarks and leptons, gauge bosons, and the Higgs boson. The quarks are arranged in three rows: the top row has top (t), bottom (b), and strange (s) quarks; the middle row has charm (c), up (u), and down (d) quarks; the bottom row has top (t), bottom (b), and strange (s) quarks. The leptons are arranged in three rows: the top row has tau (τ), muon (μ), and electron (e) leptons; the middle row has charm (c), up (u), and down (d) quarks; the bottom row has top (t), bottom (b), and strange (s) quarks. The gauge bosons are shown in the center: photon (γ), gluons (g), and Higgs (h). The Higgs boson is shown as a pink sphere with a question mark. The diagram also includes a legend for neutrino flavor and mass states.

Flavor States:  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$

Mass States: Mass 1, Mass 2, Mass 3

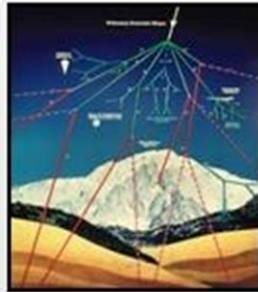
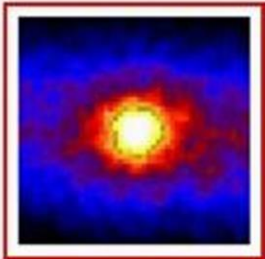
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu1} & U_{\mu2} & U_{\mu3} \\ U_{\tau1} & U_{\tau2} & U_{\tau3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

# Cohérence de notre programme scientifique

T2K  $\Rightarrow$  WAGASCI  $\Rightarrow$  JUNO  $\Rightarrow$  HK

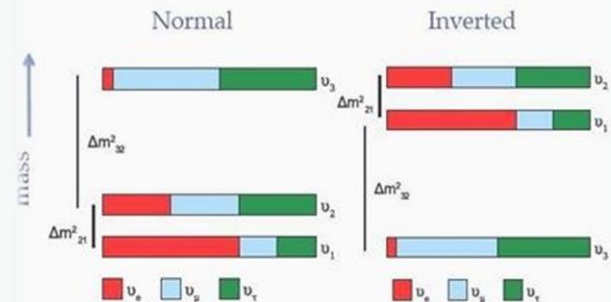
## Measurements of the matrix elements

$$\begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{-i\delta} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix}$$



Measure	Determine
$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu)$	$\Delta m_{23}^2, \theta_{23}$
$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)$	$\theta_{13}$
$P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_\mu)$	CPT
$P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)$	$\delta_{CP}, \text{sign}(\Delta m_{23}^2)$

## Mass Hierarchy



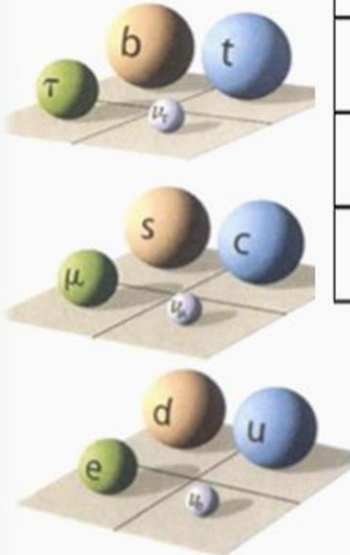


# Cohérence de notre programme scientifique

T2K  $\Rightarrow$  WAGASCI  $\Rightarrow$  JUNO  $\Rightarrow$  HK

**The Mixing Matrix**  
THE MIXING MATRIX

Quark "Mixing"



mixing parameters	best fit	$3\sigma$ range
$\theta_{23}^q$	$2.36^\circ$	$2.25^\circ - 2.48^\circ$
$\theta_{12}^q$	$12.88^\circ$	$12.75^\circ - 13.01^\circ$
$\theta_{13}^q$	$0.21^\circ$	$0.17^\circ - 0.25^\circ$

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = V_{CKM} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

Lepton "Mixing"

mixing parameters	best fit	$3\sigma$ range
$\theta_{23}^l$	$45^\circ$	$35.5^\circ - 53.5^\circ$
$\theta_{12}^l$	$34^\circ$	$31.5^\circ - 37.6^\circ$
$\theta_{13}^l$	$9^\circ$	$8.5 - 9.5^\circ$

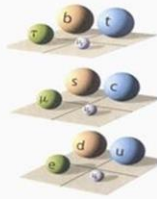
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = U_{MNS} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

"for the discovery of the origin of the broken symmetry which predicts the existence of at least three families of quarks in nature".



$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu1} & U_{\mu2} & U_{\mu3} \\ U_{\tau1} & U_{\tau2} & U_{\tau3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

- ◆ masse states  $\neq$  flavor states
- ◆ 3 generations of particles
- ◆ 3 mixing angles, all different from zero.



CP violation  $\delta \neq 0$

$$\begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{-i\delta} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix}$$

"C. P." Symmetry

Matter



Antimatter

# QUI

🌐 Responsable Scientifique local : Michel GONIN

🌐 Liste des chercheurs participants :

<i>Prénom</i>	<i>Nom</i>	<i>Qualité</i>	<i>Temps de recherche</i>	<i>Autre projets</i>
<b>Margherita</b>	<b>Buizza Avanzini</b>	<b>CR</b>	<b>100%</b>	<b>T2K - JUNO – HK</b>
<b>Olivier</b>	<b>Drapier</b>	<b>DR</b>	<b>100%</b>	<b>T2K - JUNO – HK</b>
<b>Michel</b>	<b>Gonin</b>	<b>DR</b>	<b>100%</b>	<b>T2K - JUNO – HK</b>
<b>James</b>	<b>Imber</b>	<b>CDD</b>	<b>100%</b>	<b>T2K – HK</b>
<b>Thomas</b>	<b>Mueller</b>	<b>CR</b>	<b>100%</b>	<b>T2K - JUNO – HK</b>
<b>M.</b>	<b>L.</b>	<b>Thésard</b>	<b>100%</b>	<b>T2K</b>



# QUI

 Liste des IT participants :

<b>Prénom</b>	<b>Nom</b>	<b>Metier</b>	<b>Niveau</b>	<b>Activité dans le projet</b>
<b>Alain</b>	<b>Bonnemaison</b>	<b>Mécanique</b>	<b>IE</b>	<b>80%</b>
<b>Oscar</b>	<b>Ferreira</b>	<b>Mécanique</b>	<b>IR</b>	<b>20%</b>
<b>Frank</b>	<b>Gastaldi</b>	<b>Electronique</b>	<b>IR</b>	<b>50%</b>

# QUOI

🌐 Principales activités scientifique & technique du groupe dans le projet :

<b>Activité</b>	<b>Details</b>
<b>Construction</b>	<b>Installation du Target Tracker (JUNO) Assemblage et installation de Wagasci (T2K-WAGASCI)</b>
<b>Mécanique</b>	<b>Conception du détecteur (WAGASCI)</b>
<b>Électronique</b>	<b>R&amp;D Cartes front-end (WAGASCI) Carte Trigger (JUNO)</b>
<b>Simulation</b>	<b>Simulation (JUNO &amp; HK)</b>
<b>Analyse</b>	<b>T2K, WAGASCI, JUNO</b>
<b>CDR</b>	<b>HK</b>

# Evolutions anticipées (à 3-5 ans)

2015 Installation du premier module de Wagasci

2016

- Transfert du TT en Chine (JUNO)
- Production du CDR (HK)
- Installation de Wagasci, prise de données T2K

2017 Prises de données Wagasci & T2K

2018 Prises de données Wagasci & T2K

2019

- Montage du TT et commissioning (JUNO)
- Prises de données Wagasci & T2K

2020 Prise de données JUNO

# Attentes (vis à vis de l'In2p3)

**Du financement pour Wagasci et plus d'argent pour nos missions !**

Année	Participants	Missions (k€)	AP (k€)	Total (k€)	Remarques
2015	6	80	50 (Wagasci)	130	<b>Nous avons reçu 47 k€ (le labo prend 10%)</b>
2016	6	100	40 (Wagasci)	140	Assemblage de Wagasci au Japon,
2017	6	80		80	
2018	6	80		80	
2019	6	100		100	Installation TT JUNO en Chine

Les missions n'incluent pas les ingénieurs et techniciens.

**DEMANDE URGENTE DE RALLONGE POUR 2015**

- 10 K€ pour Wagasci
- 10 k€ pour les missions après l'été