

T2K Tokai to Kamioka

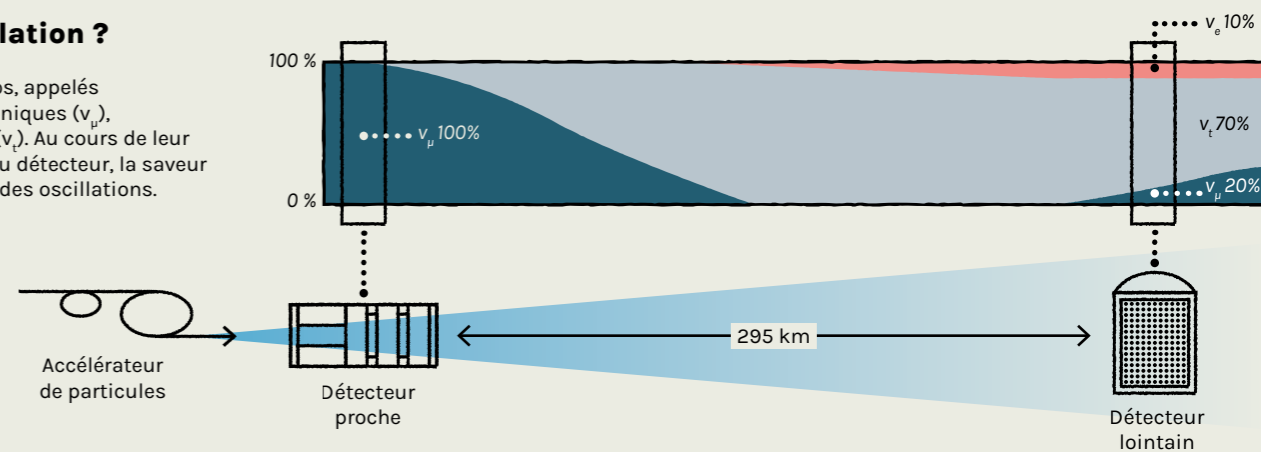
Située au Japon, entre Tokai sur la côte est et Kamioka à l'ouest, l'expérience T2K a pour but l'étude de l'oscillation des neutrinos. Pas moins de 4 détecteurs sont nécessaires pour analyser les faisceaux de neutrinos et d'antineutrinos muoniques produits en alternance à Tokai. L'étude de l'oscillation des neutrinos permet notamment aux scientifiques d'observer la violation de symétrie CP.



Qu'est-ce que l'oscillation ?

Il existe trois types de neutrinos, appelés de saveurs : les neutrinos muoniques (ν_μ), électroniques (ν_e) et tauïques (ν_τ). Au cours de leur trajet de l'accélérateur jusqu'au détecteur, la saveur des neutrinos va varier du fait des oscillations.

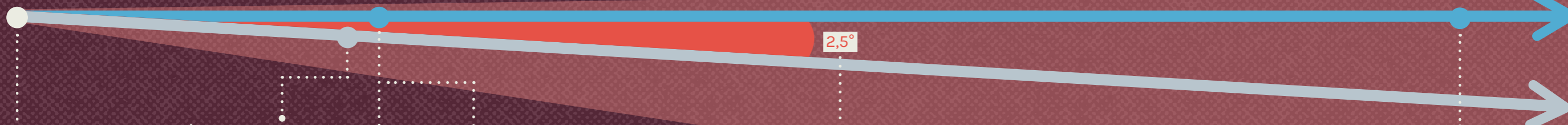
La comparaison entre la saveur des neutrinos émis, la saveur attendue et la saveur des neutrinos détectés à l'arrivée dans le détecteur lointain permettra aux scientifiques de mieux comprendre ce phénomène.



Tokai

295 km

Kamioka



2,5°

La partie hors axe du faisceau

Le détecteur proche ND280 et le détecteur lointain Super-Kamiokande sont désaxés de 2,5° par rapport au centre du faisceau afin d'étudier des neutrinos ayant une énergie autour de 600 MeV. C'est l'énergie où la probabilité d'oscillation est la plus forte pour une distance de 300 km.

J-PARC
Accélérateur qui produit le faisceau de neutrinos ou d'antineutrinos muoniques

INGRID

ND280

WAGASCI BabyMIND

Super-Kamiokande

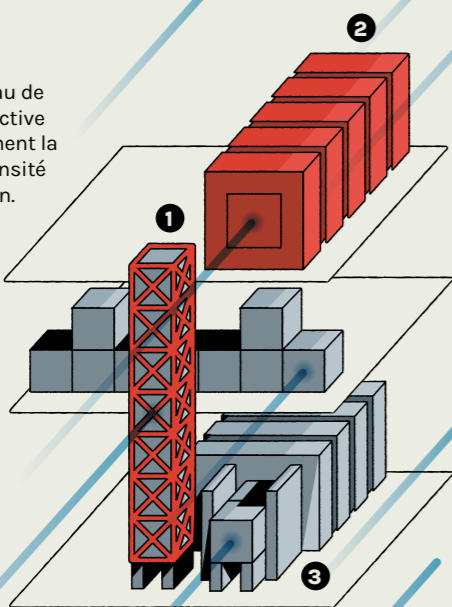
Les détecteurs proches

1 Contrôler le faisceau

Composé de 14 modules disposés en croix et placé dans l'axe du faisceau de neutrinos, le détecteur INGRID (Interactive Neutrino GRID) mesure quotidiennement la position, la direction, le profil et l'intensité du faisceau avec une grande précision.

2 Prédire les événements attendus dans le détecteur lointain

Décalé de 2,5 degrés par rapport à l'axe du faisceau, le détecteur ND280 permet notamment de reconstruire les interactions des (anti-)neutrinos muoniques dans les différentes parties du détecteur et d'identifier les particules produites. Ces informations permettent de prédire les événements attendus dans le détecteur lointain SK. ND280 a été mise à niveau en 2023 avec des nouveaux détecteurs (Super-FGD, High Angle TPCs et Time-Of-Flight).



3 Étudier les interactions des neutrinos dans l'eau

Le détecteur WAGASCI (WATER-Grid-SCintillator-Detector) mesure la probabilité d'interaction des neutrinos dans l'eau, également utilisée dans Super-Kamiokande. Baby MIND (prototype Magnetized Iron Neutrino Detector) sert ensuite à mesurer l'impulsion et la charge des muons qui sont produit lors des interactions des neutrinos dans WAGASCI.

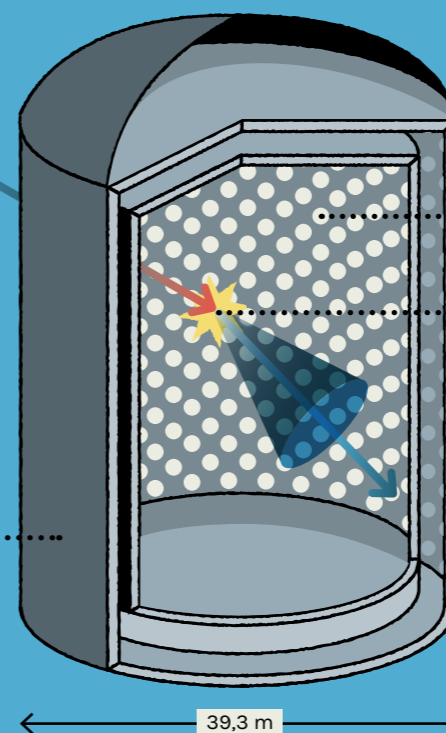
Ces deux détecteurs viennent compléter les données prises par ND280 afin de mieux prédire le nombre de neutrinos muoniques attendus dans le détecteur lointain.

Le détecteur lointain : Super-Kamiokande

Ce « méga » détecteur capte les interactions entre les neutrinos et l'eau contenue dans sa cuve. En comparant ces interactions avec les événements observés dans les détecteurs proches, les scientifiques peuvent mesurer les taux de disparition des neutrinos et antineutrinos muoniques et l'apparition des neutrinos et antineutrinos électroniques et ainsi étudier les oscillations de neutrinos.

La cuve externe

Elle est équipée de photomultiplicateurs qui repèrent les muons provenant du rayonnement cosmiques afin de distinguer leur signal de celui des neutrinos.



41,4 m

39,3 m

La cuve interne

Elle est remplie de 50 tonnes d'eau ultra pure et depuis 2019 elle contient aussi du gadolinium qui sert à détecter les neutrinos émis dans les interactions des (anti-)neutrinos.

La détection

Les neutrinos sont des particules qui interagissent très peu mais il arrive que, suite à l'interaction par courant chargé, ils se transforment en leptons chargés (muon ou électron) et cela produit un anneau de rayonnement Tcherenkov capté par les quelques 13 000 photomultiplicateurs du détecteur.

La symétrie CP

Aujourd'hui on observe que notre Univers est composé principalement de matière et très peu d'antimatière alors que le Big Bang aurait dû en produire en quantités égales. Les scientifiques cherchent donc à comprendre pourquoi il existe une telle asymétrie. C'est l'étude de la violation de symétrie CP.

L'expérience T2K participe ainsi à cette quête. On injecte en alternance un faisceau de neutrinos et d'antineutrinos muoniques dans les détecteurs et on observe la probabilité d'apparition des neutrinos et des antineutrinos électroniques. Plus la différence est grande, plus la violation de symétrie CP est élevée, et inversement.