



PHYSICS PROJECT DAYS

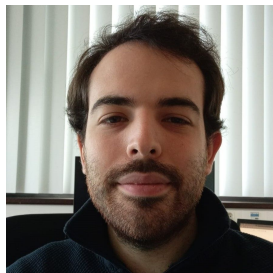


UN VOYAGE DANS L'INCONNU : À LA RECHERCHE DE
SOURCES DE NEUTRINOS AVEC ICECUBE

L'ÉQUIPE DISPONIBLE DURANT LES PROCHAINS JOURS



Chris



Jonathan



Karlijn

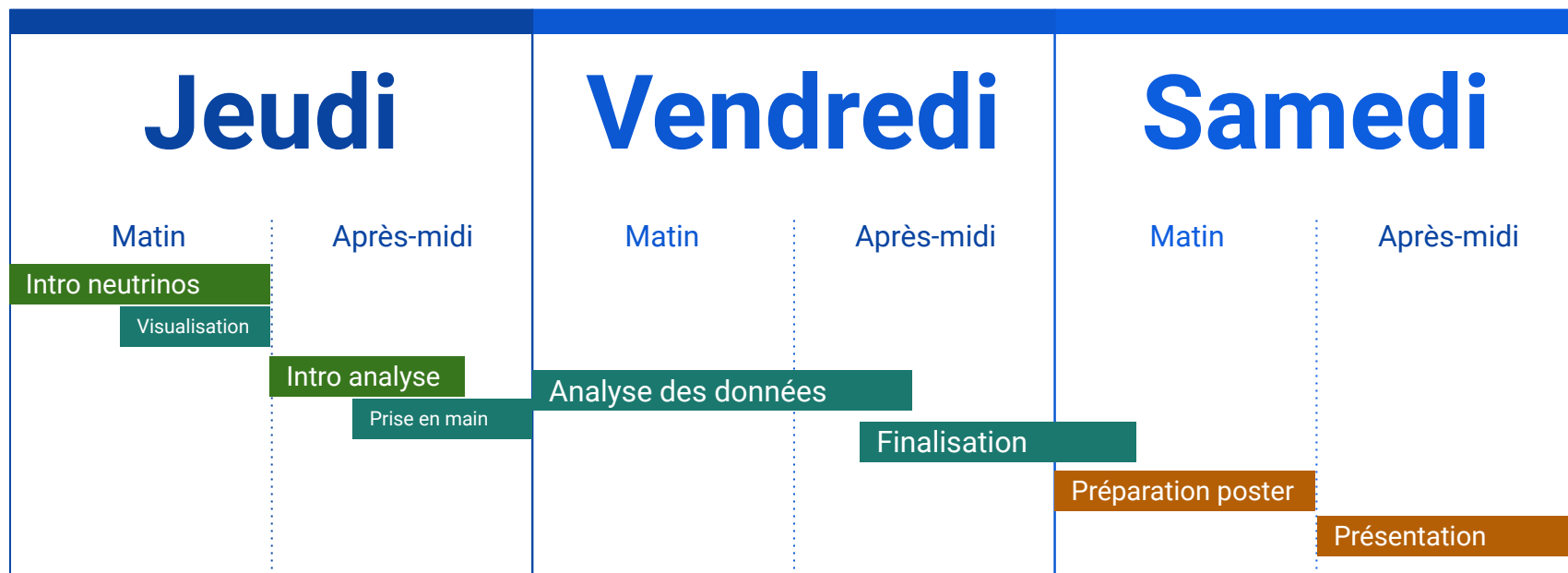


Mathieu



Matthias

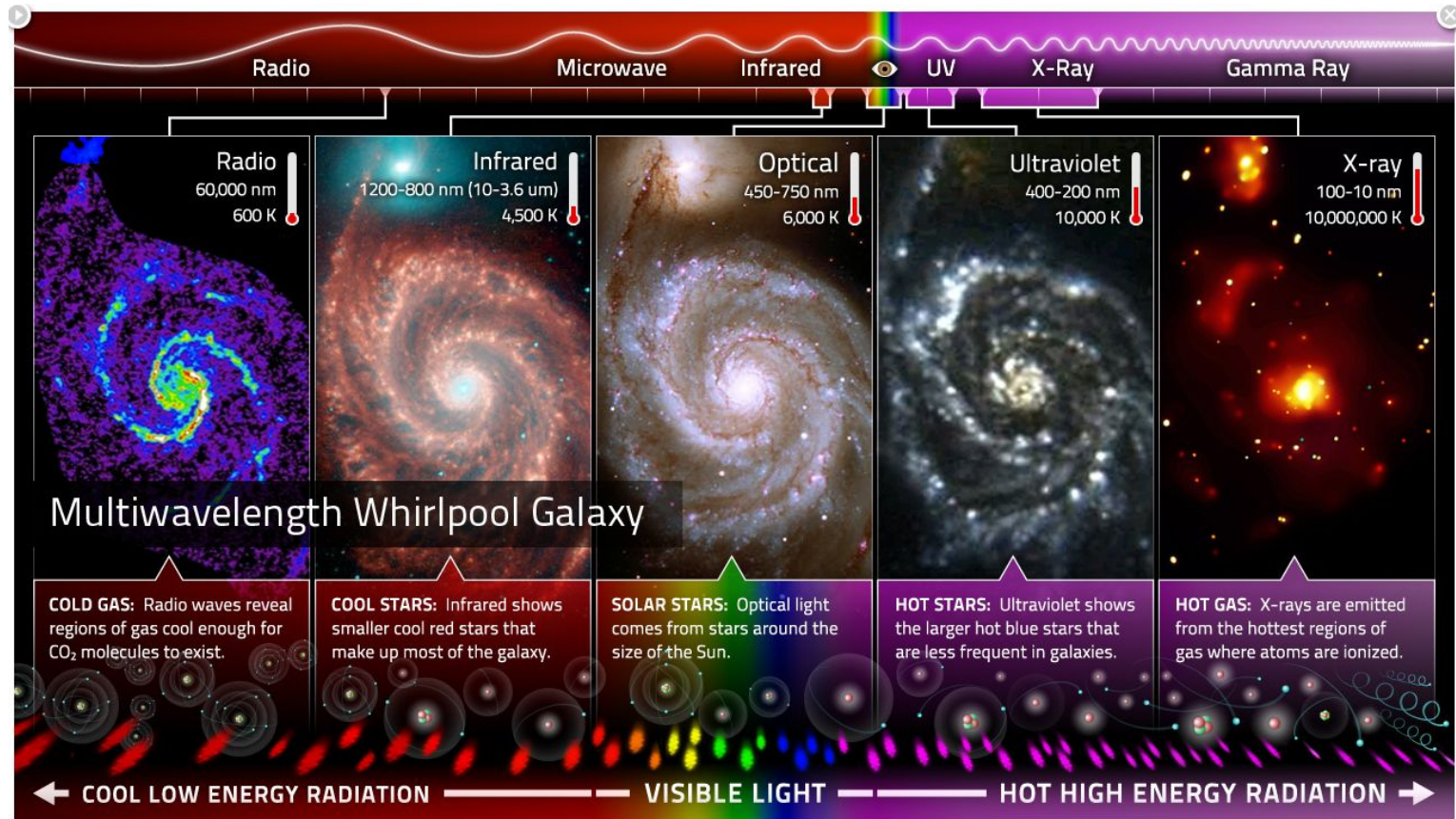
PROGRAMME



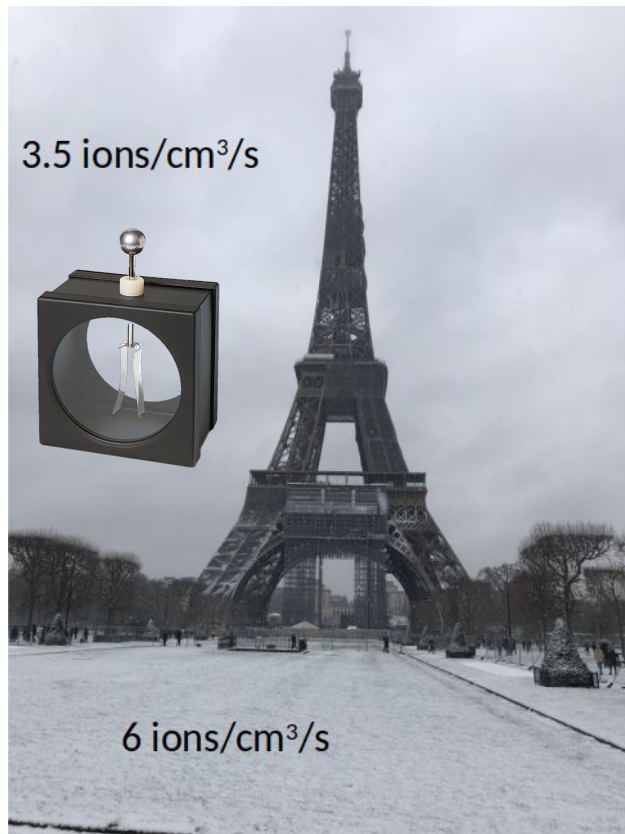
OBSERVATION DU CIEL



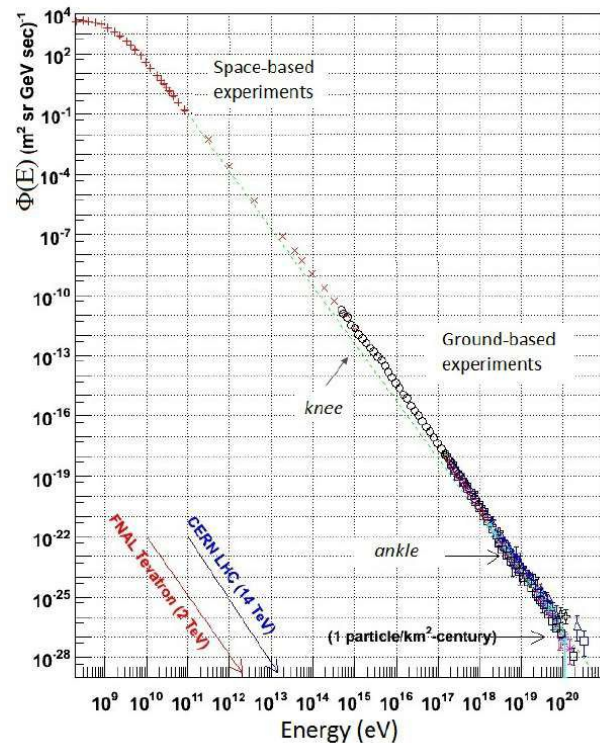
DIFFÉRENTES LONGUEURS D'ONDE



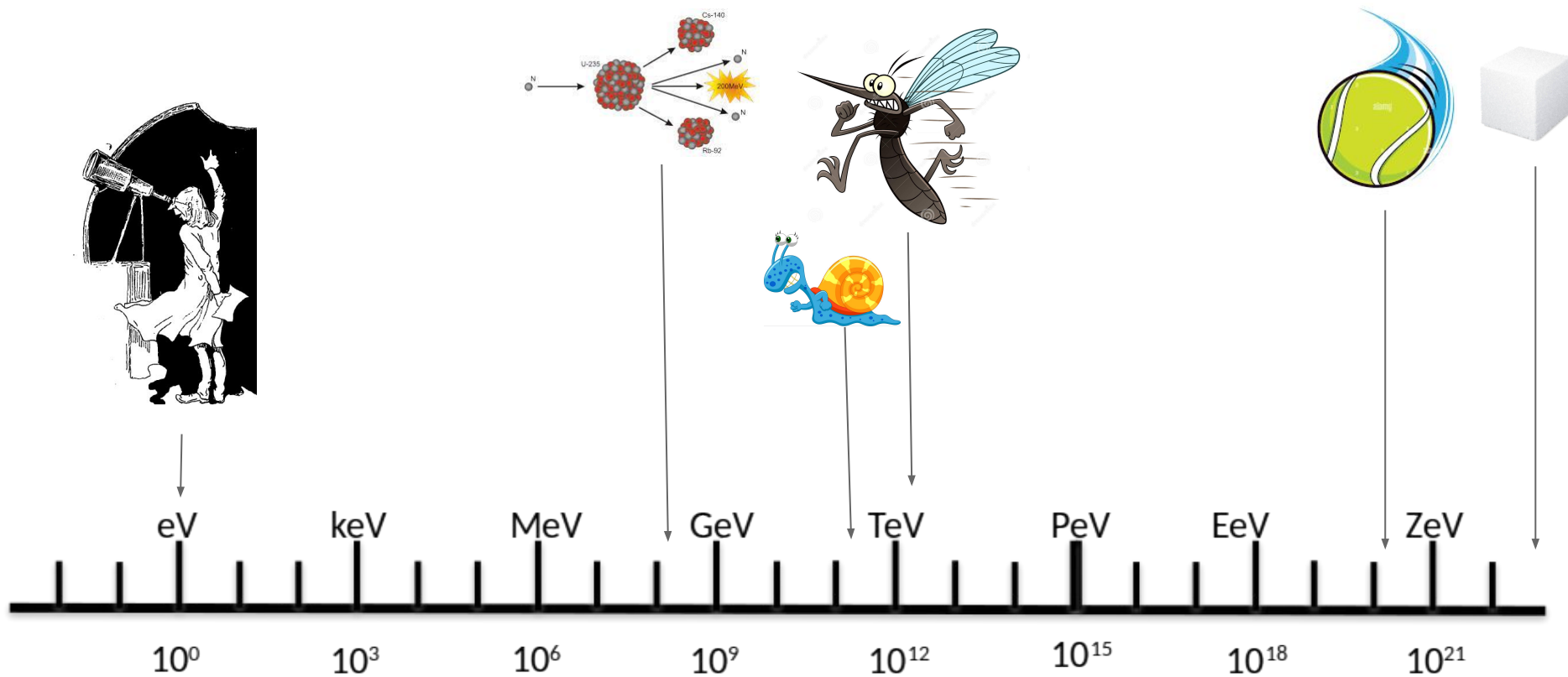
UNE NOUVELLE VOIE: LES RAYONS COSMIQUES



protons et noyaux sans
électrons (ions)

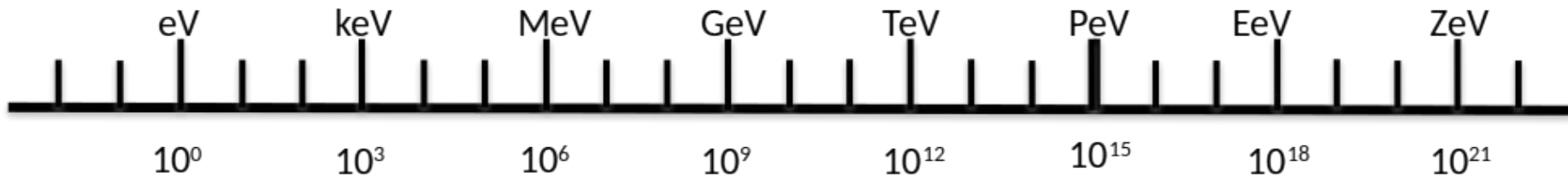
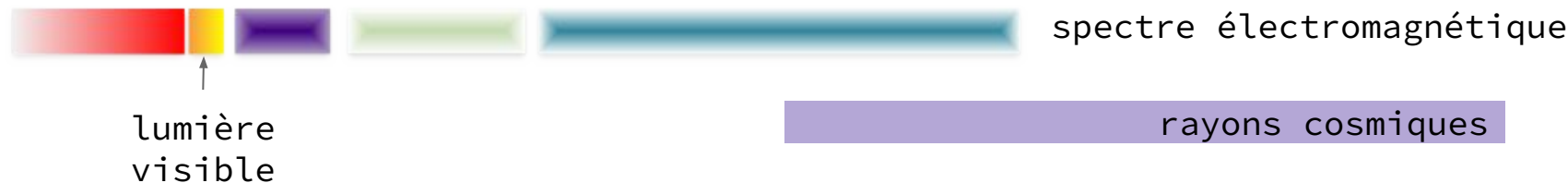


INTERLUDE : ORDRES DE GRANDEUR D'ÉNERGIE

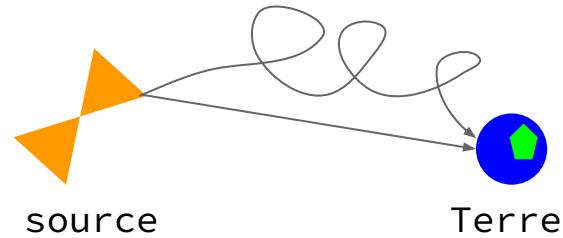


1 eV = énergie acquise par un électron soumis à un potentiel de 1 V

INTERLUDE : ORDRES DE GRANDEUR D'ÉNERGIE

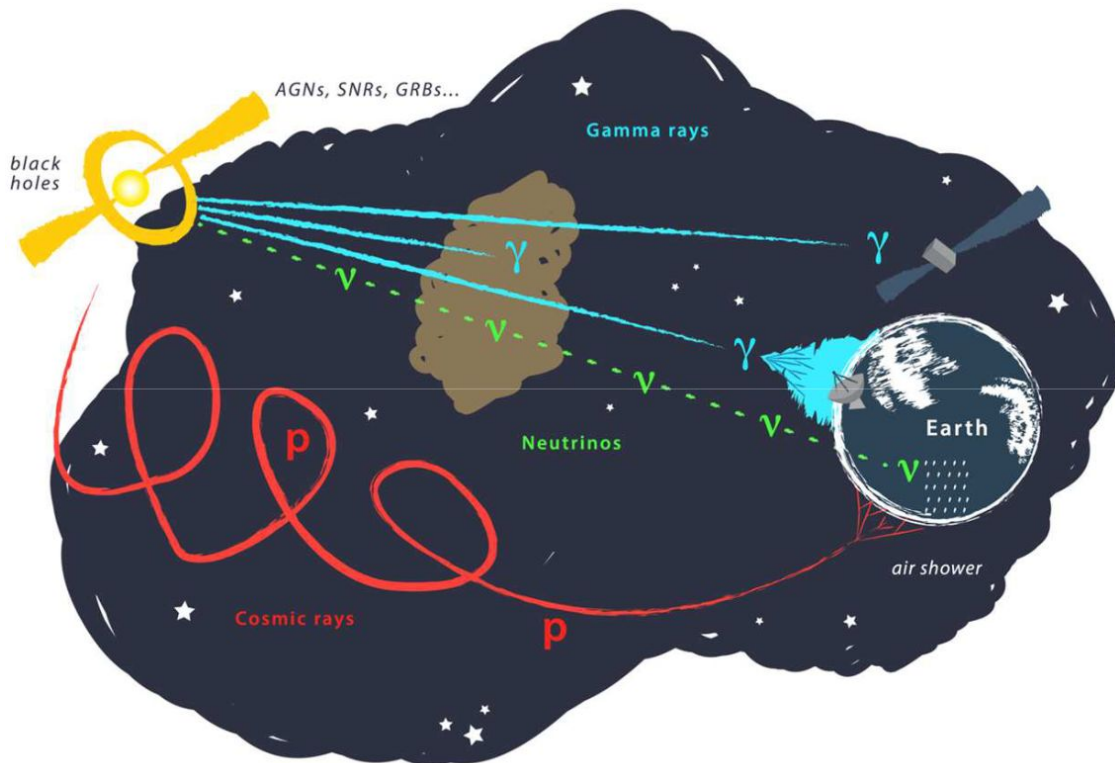


ÉTUDE DE SOURCES ASTROPHYSIQUES



	Rayonnement électromagnétique	Rayons cosmiques	Un messager parfait ?
Propriétés	Pas de charge électrique	Chargés donc influencés par les champs magnétiques	Pas de charge électrique
Interaction	Absorbé par les nuages moléculaires, ...	Interagissent dans l'atmosphère terrestre	Pas intercepté par la matière interstellaire
Information	Signature de divers phénomènes	Signe de l'accélération de particules	Informations complémentaires

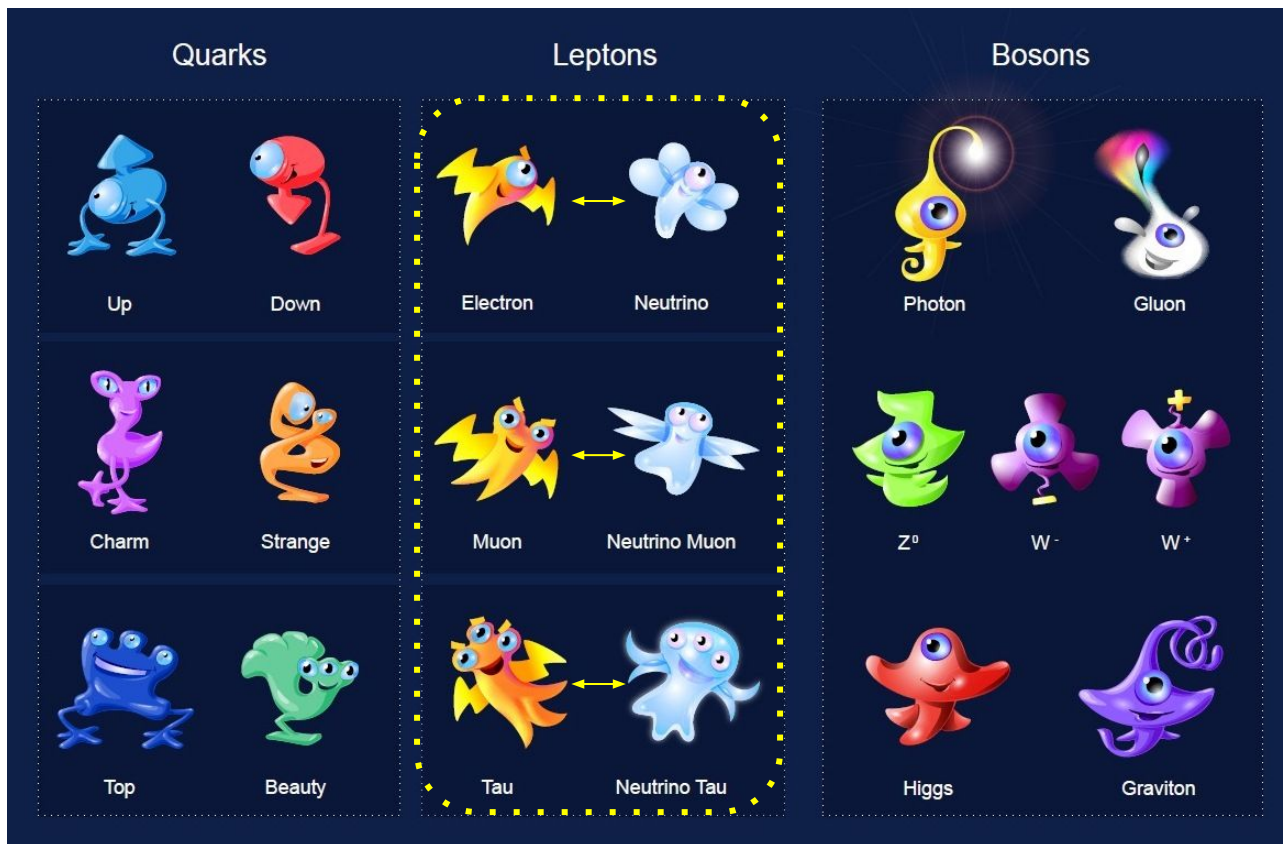
UN MESSAGER PARFAIT, LES NEUTRINOS ?



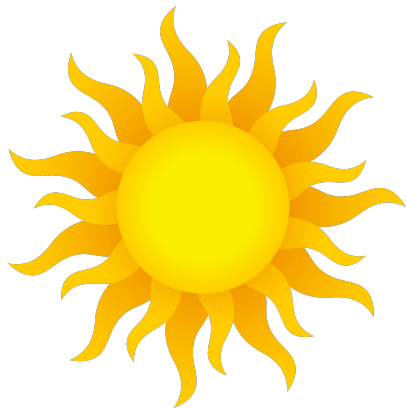
Propriétés des neutrinos :

- ❖ Charge neutre
- ❖ Masse très petite
- ❖ Trois saveurs...
- ❖ ... chacune associées à une particule chargée de même saveur (e, μ , τ)
- ❖ Interagissent très faible avec la matière
- ❖ Produits en grande quantité dans des phénomènes naturels

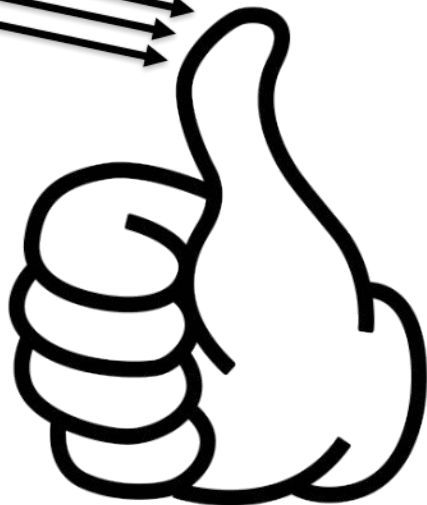
INTERLUDE : LES PARTICULES ÉLÉMENTAIRES



SOURCE EXTRA-TERRESTRE LA PLUS PROCHE : LE SOLEIL

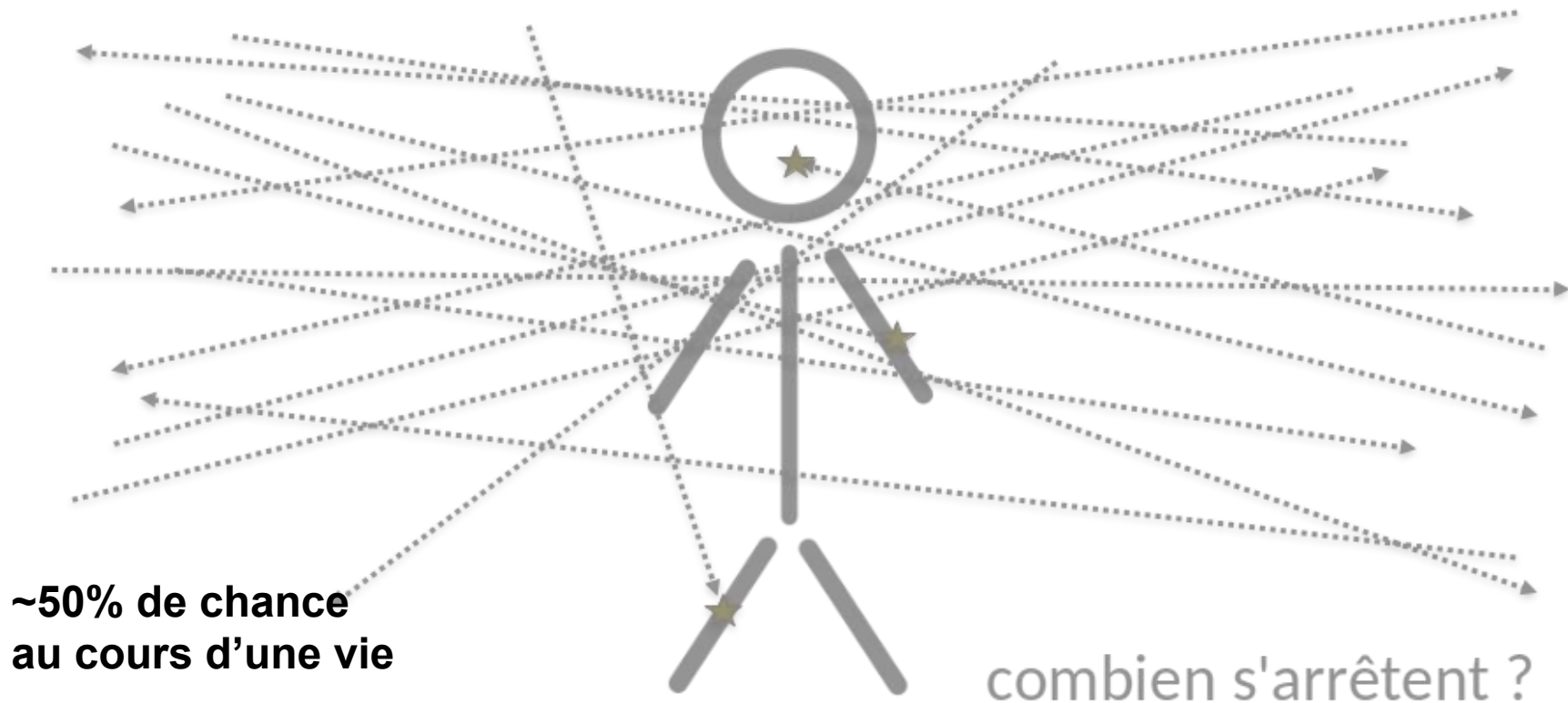


combien par seconde?

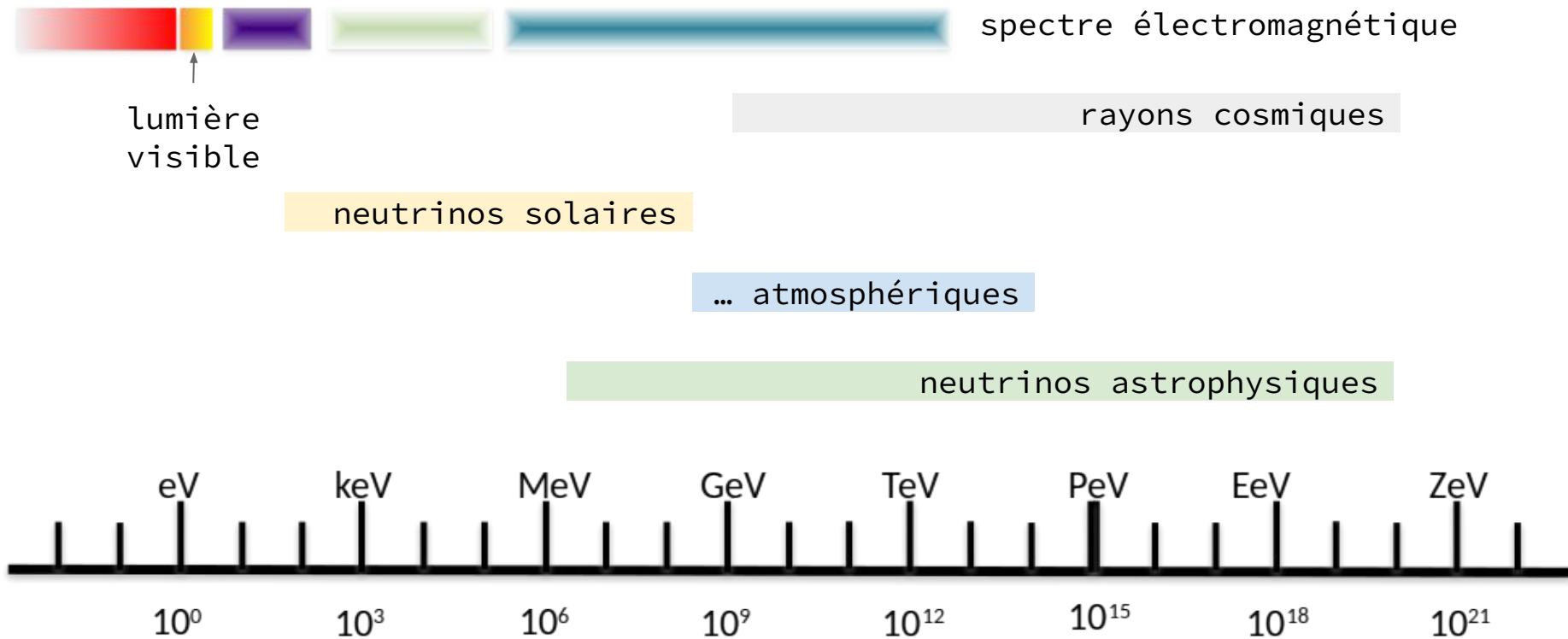


$10^{11} =$
100 000 000 000
par seconde

LA TIMIDITÉ DES NEUTRINOS



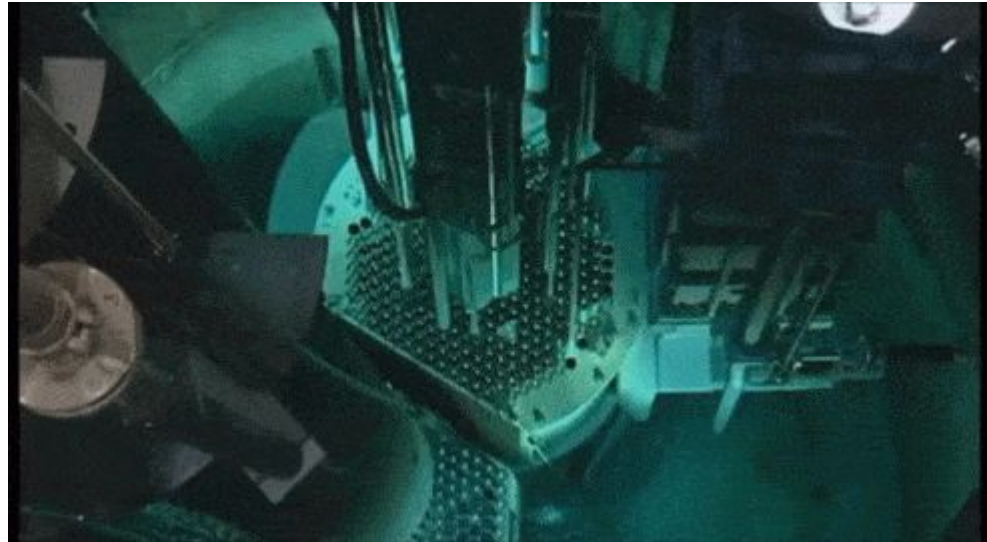
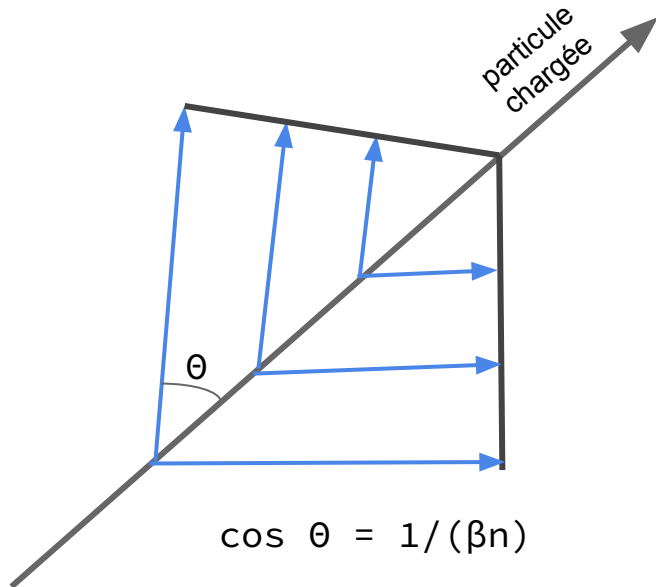
ORIGINE DES NEUTRINOS



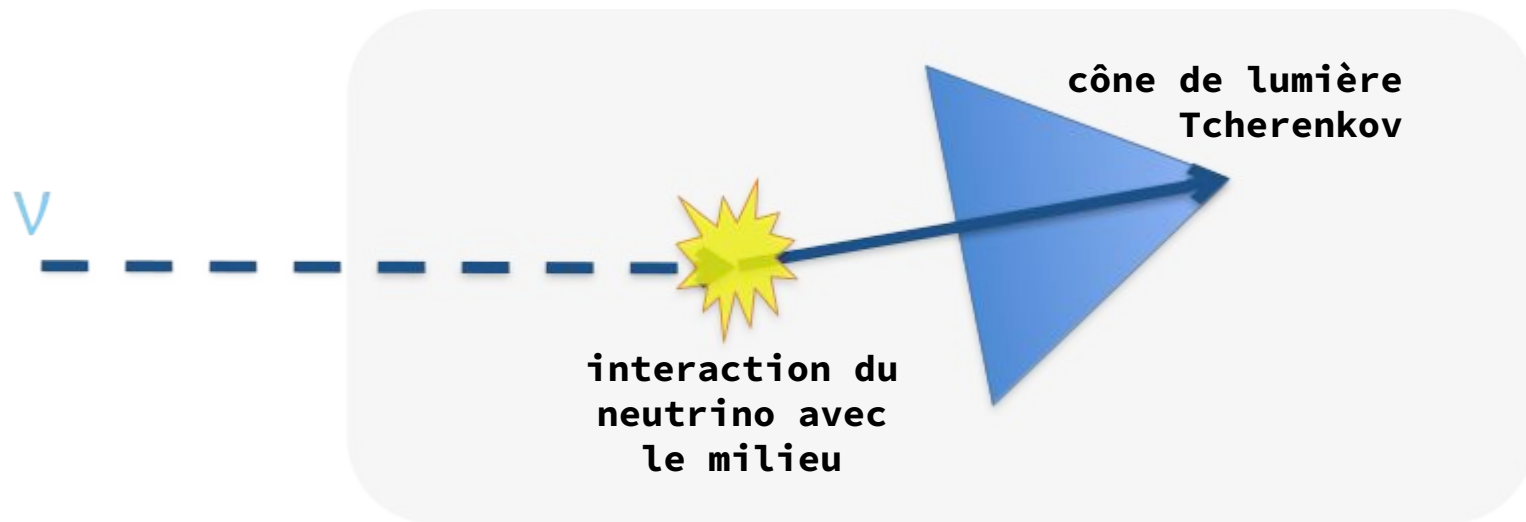
COMMENT LES DÉTECTER ?

INTERLUDE : EFFET TCHERENKOV

Flash de lumière bleue produit lorsqu'une particule chargée se propage plus vite que la lumière dans un milieu.

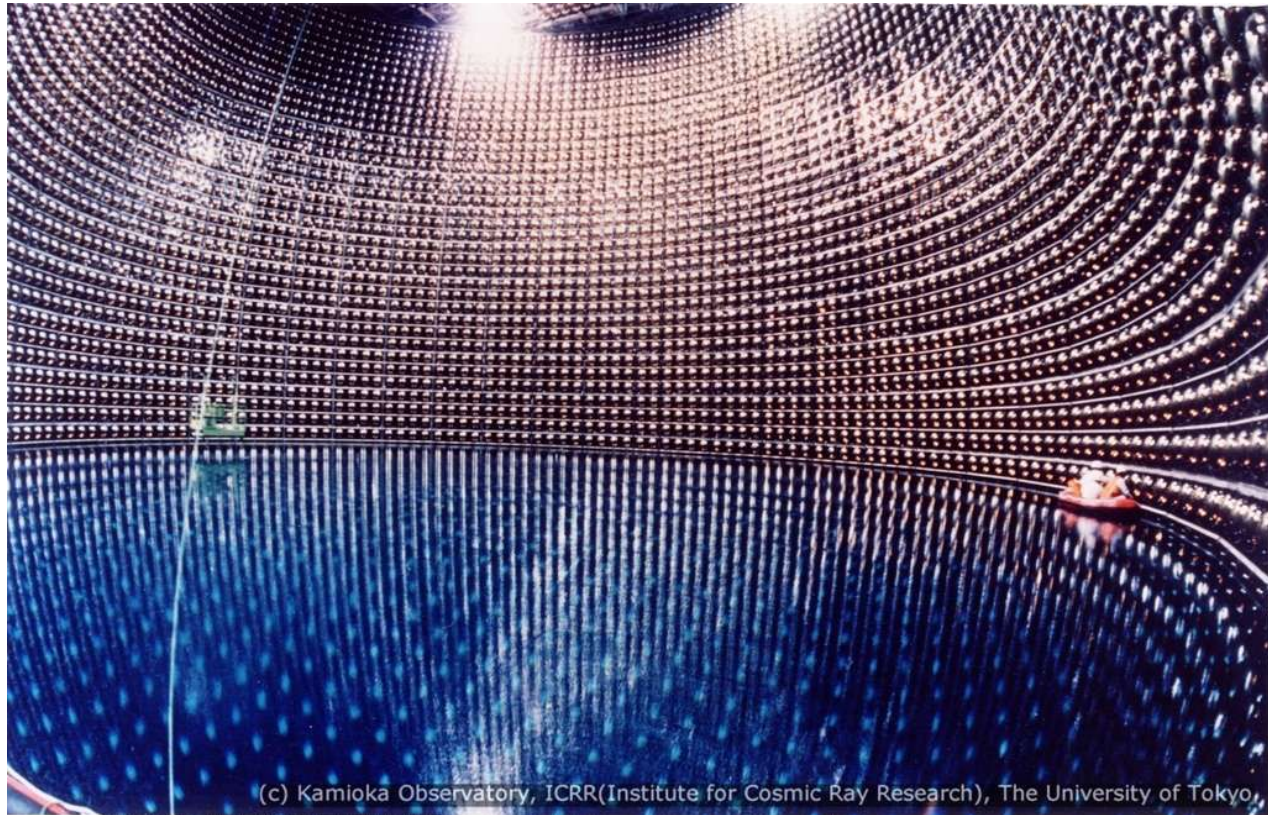


MÉTHODE DE DÉTECTION DES NEUTRINOS



DÉTECTEUR SUPER-KAMIOKANDE

- ❖ Piscine de **50000 tonnes** d'eau
- ❖ Au fond d'une mine au Japon
- ❖ Equipé de détecteurs sur tous les côtés



(c) Kamioka Observatory, ICRR(Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo,

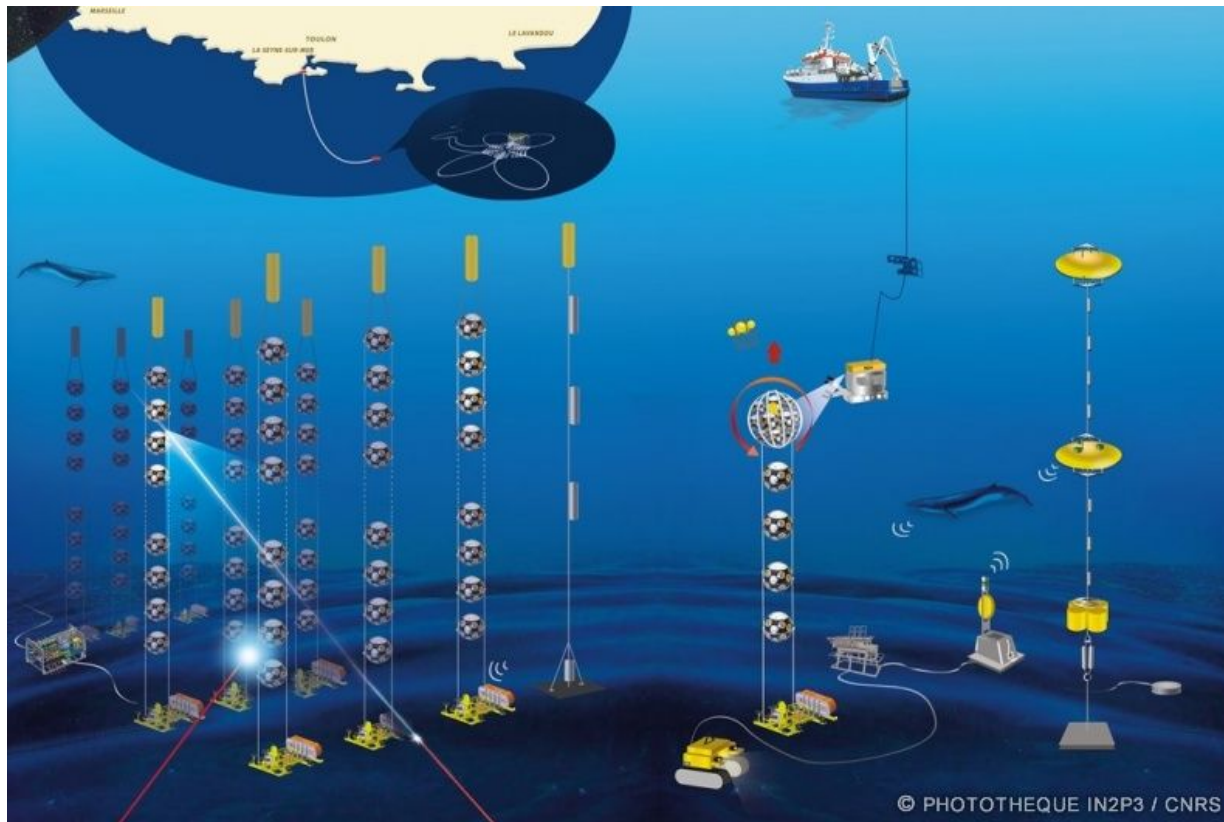
DÉTECTEUR ANTARES

- ❖ Dans les profondeurs de la mer Méditerranée
- ❖ 12 lignes verticales
- ❖ 75 photomultiplicateurs par ligne
- ❖ Couvre une masse d'eau de **12 millions de tonne**



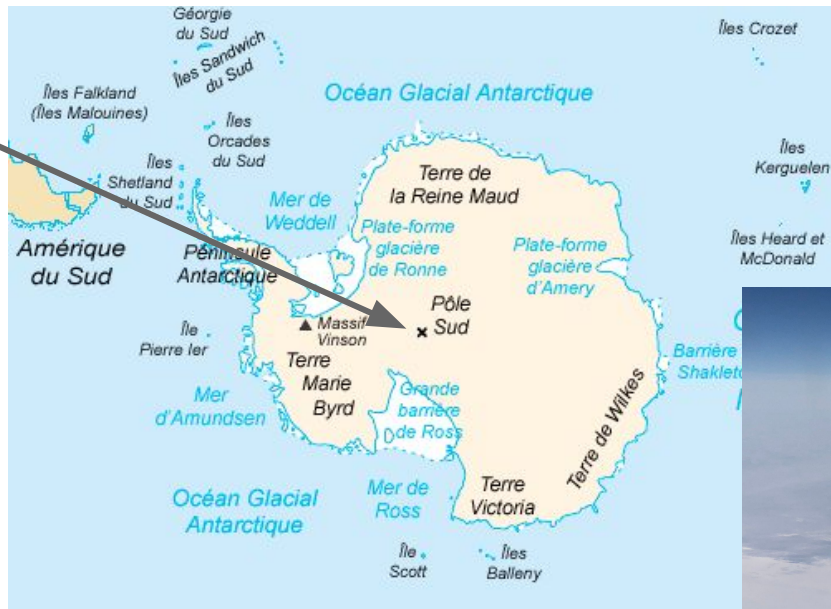
DÉTECTEUR KM3Net

- ❖ Dans les profondeurs de la mer Méditerranée
- ❖ >300 lignes
- ❖ Couvre un volume d'eau de **plus de 1 km³ = plus de 1 gigatonne**
- ❖ En cours de déploiement !

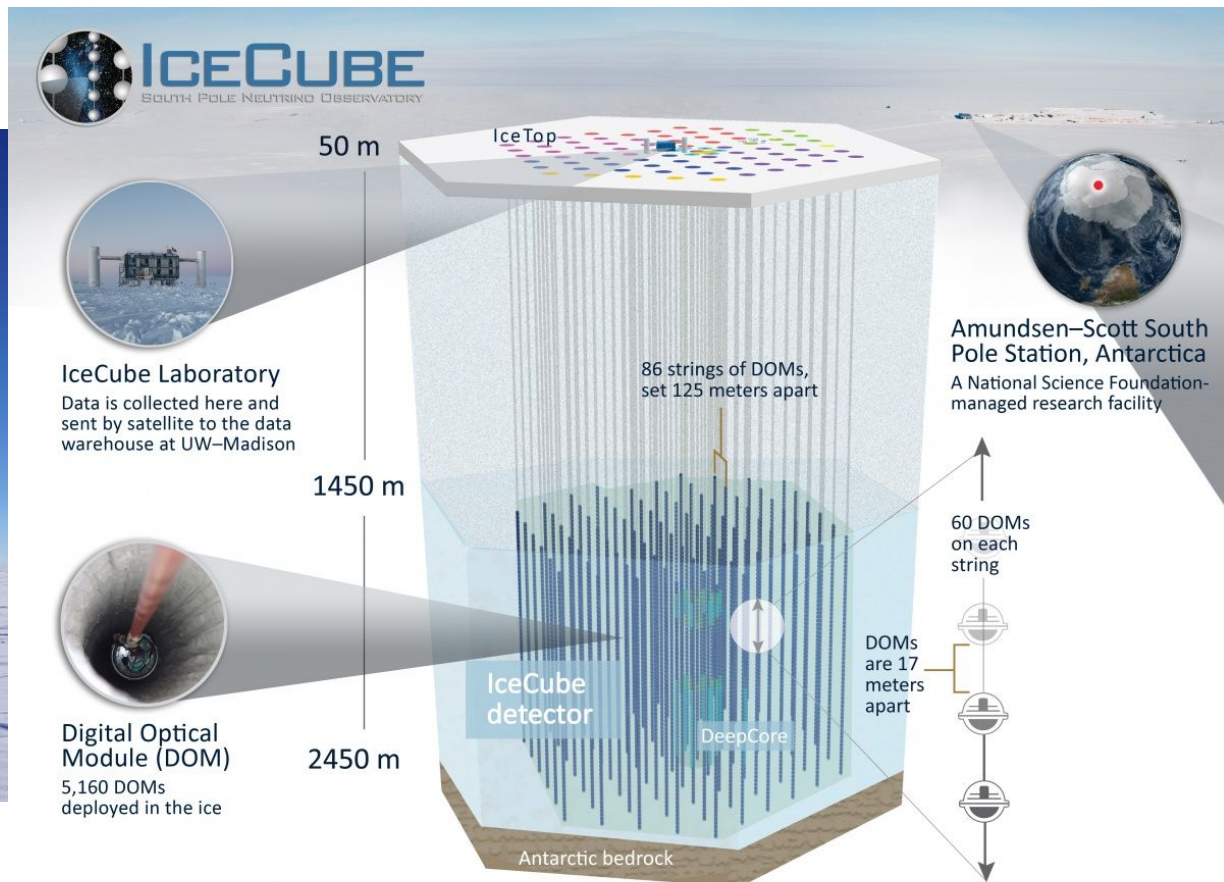
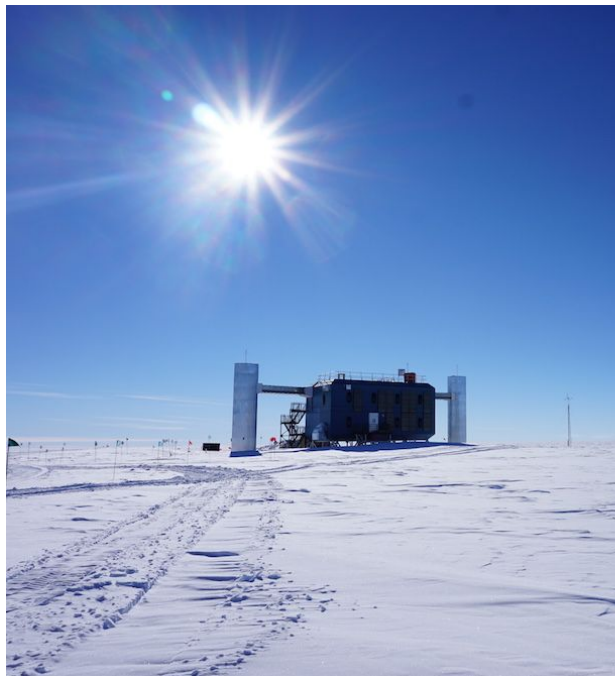


DÉTECTEUR ICECUBE

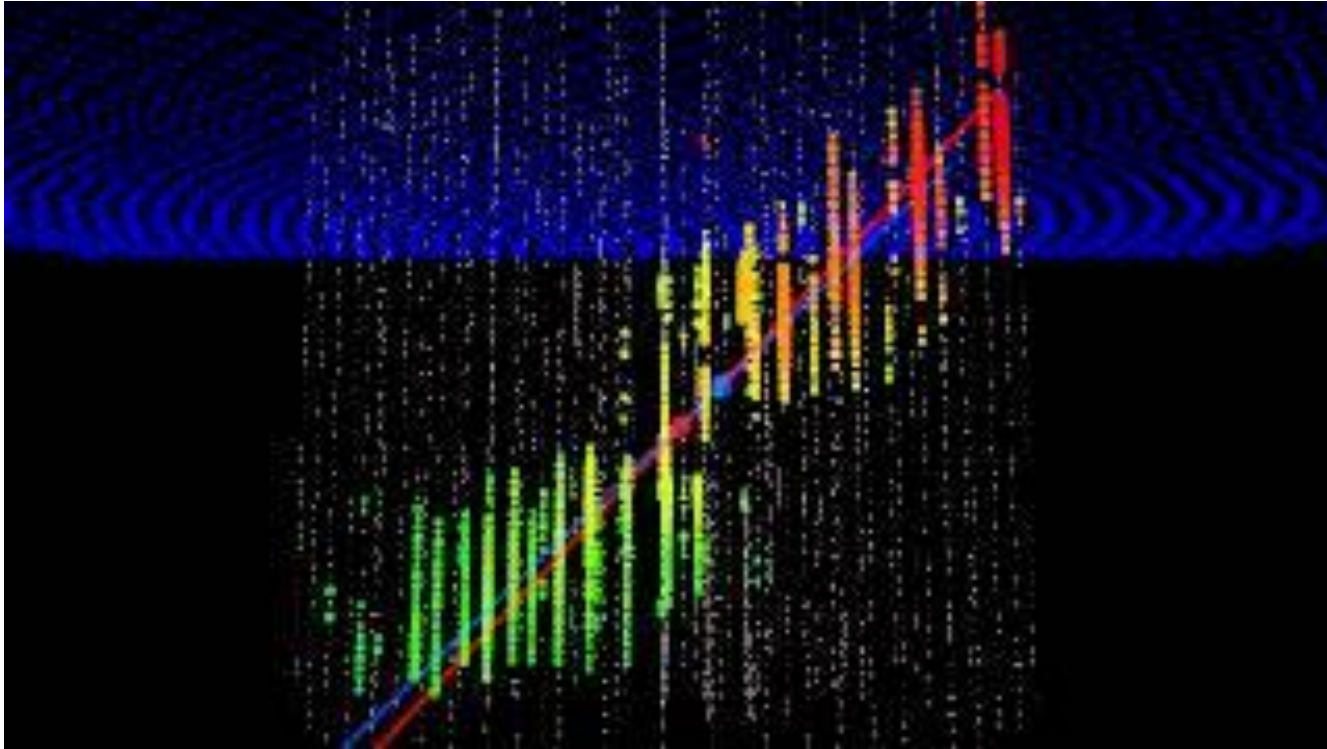
construisons
un détecteur
au Pôle Sud !



DÉTECTEUR ICECUBE

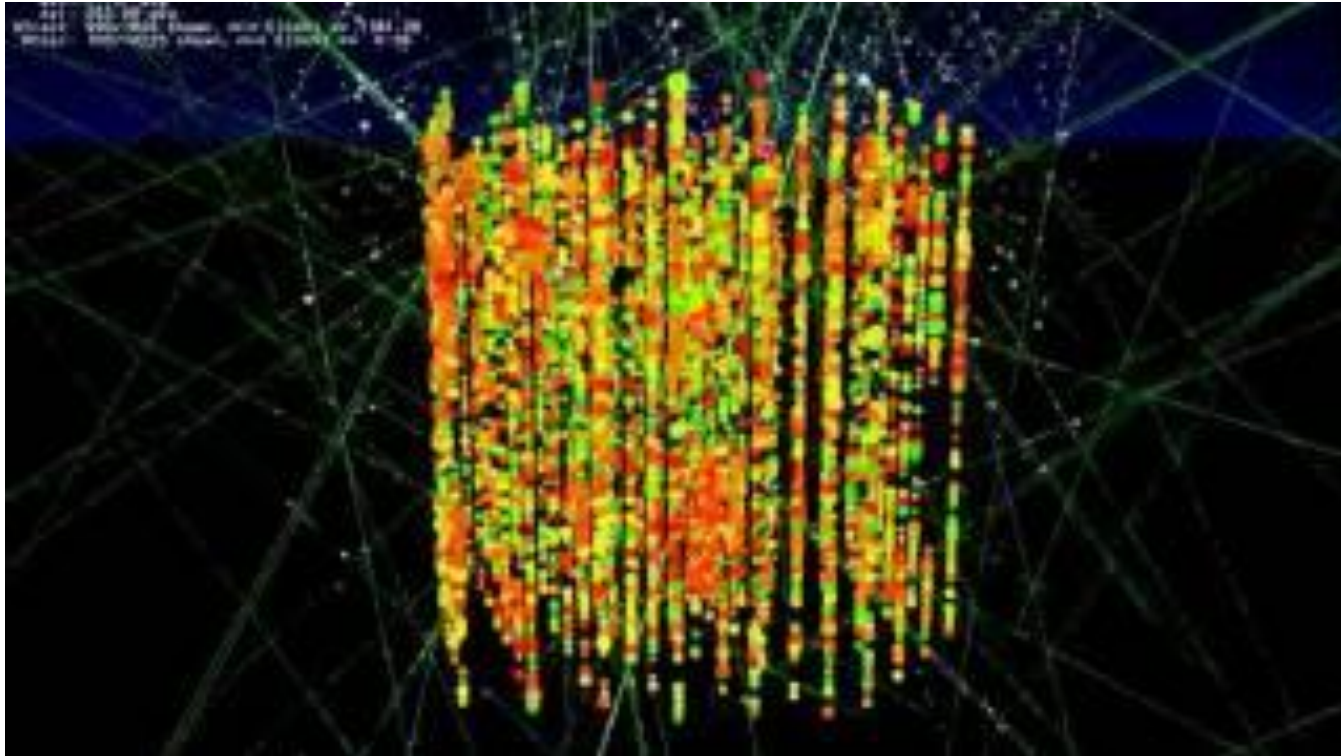


À QUOI RESSEMBLE UNE INTERACTION DE NEUTRINO?



plus de
lumière =
plus haute
énergie

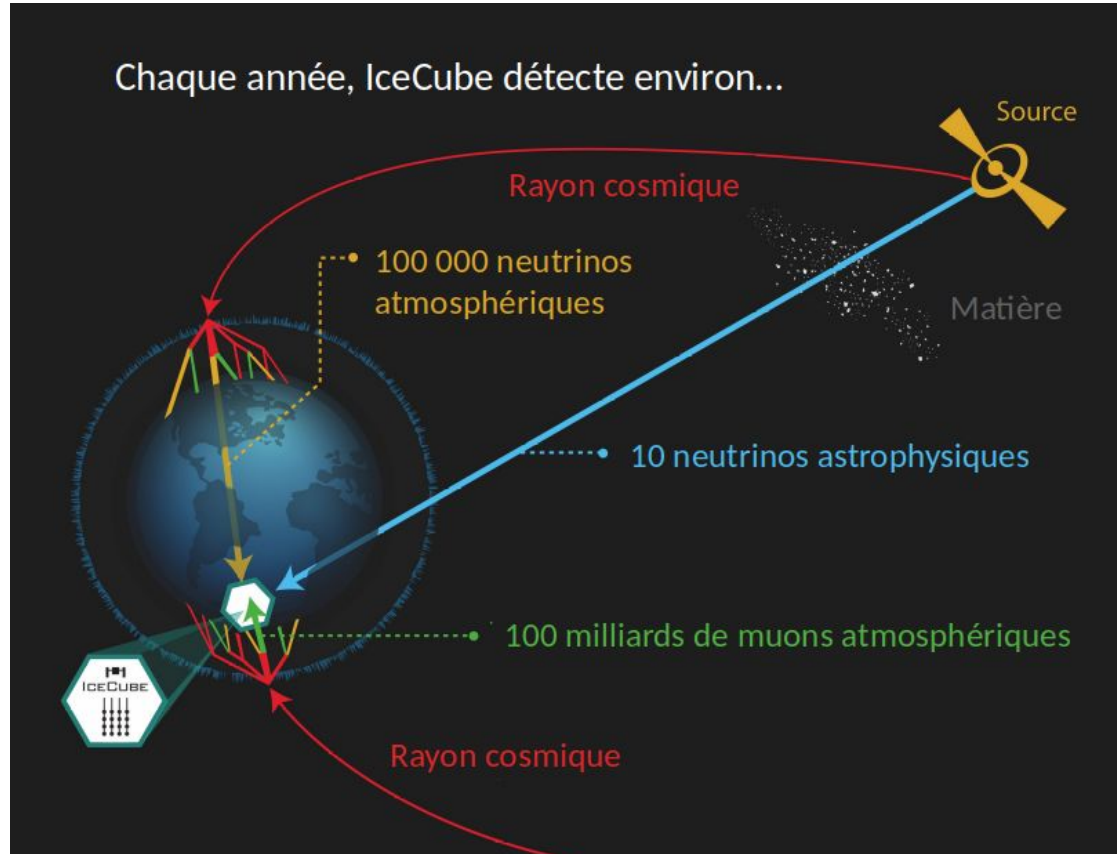
À QUOI RESSEMBLENT LES DONNÉES DU DÉTECTEUR



0.01 s
de données

TAUX DE DÉTECTION

- ❖ Muons produits dans l'atmosphère
- ❖ Neutrinos produits dans l'atmosphère
- ❖ Neutrinos d'origine astrophysique



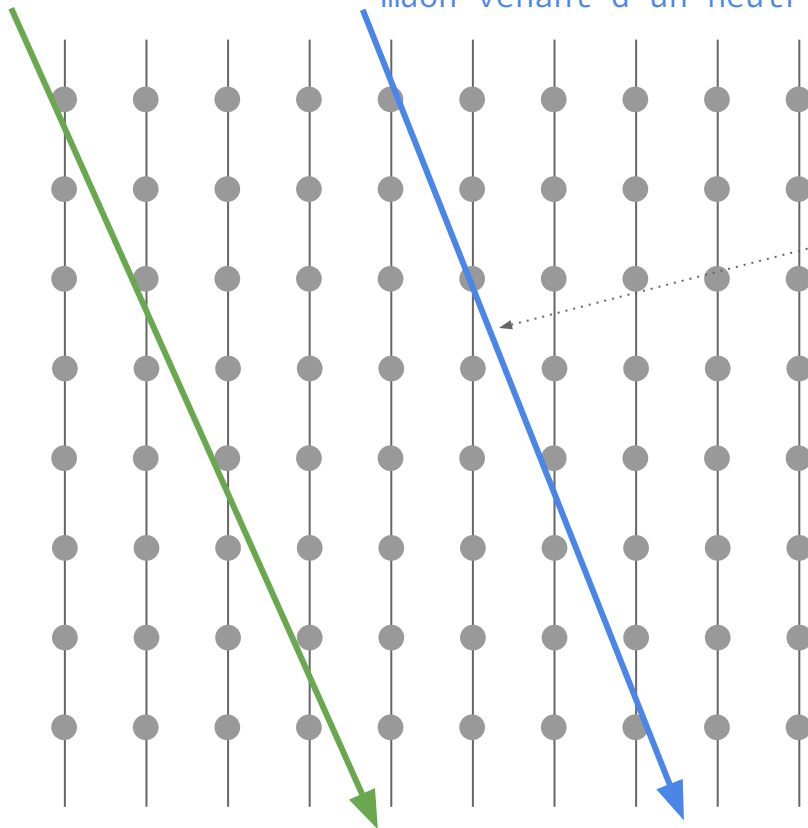
COMMENT SÉLECTIONNER LES NEUTRINOS ASTROPHYSIQUES ?

Neutrinos astrophysiques	Neutrinos atmosphériques	Muons atmosphériques	Bruit optique et électronique
“Signal”	Pas intéressant pour nous = “bruit de fond” (“background”)		
Beaucoup de lumière déposée (sauf pour les neutrinos de basse énergie)			Peu de lumière
Peut provenir de toutes les directions	Peut provenir de toutes les directions	Principalement traces descendantes	-
Lumière localisée dans le détecteur (ligne/sphère)	Lumière localisée dans le détecteur (ligne/sphère)	Lumière localisée dans le détecteur (ligne) avec point d’entrée	Détections à travers tout le détecteur

COMMENT SÉLECTIONNER LES NEUTRINOS ASTROPHYSIQUES ?

muons atmosphériques

muon venant d'un neutrino



difficile à
distinguer
d'un muon

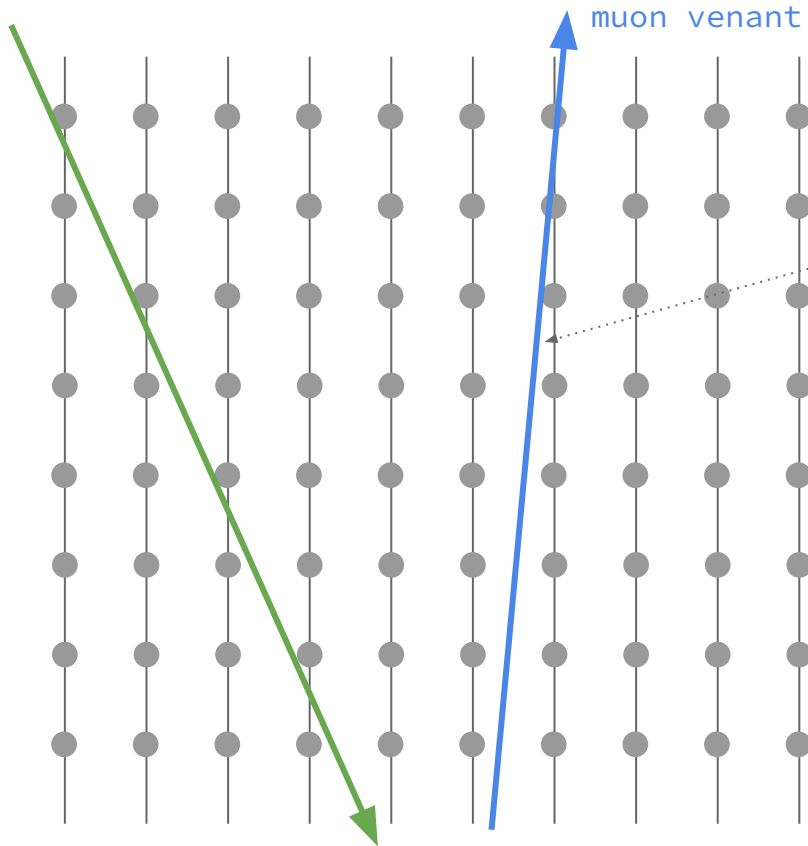


COMMENT SÉLECTIONNER LES NEUTRINOS ASTROPHYSIQUES ?

muons atmosphériques

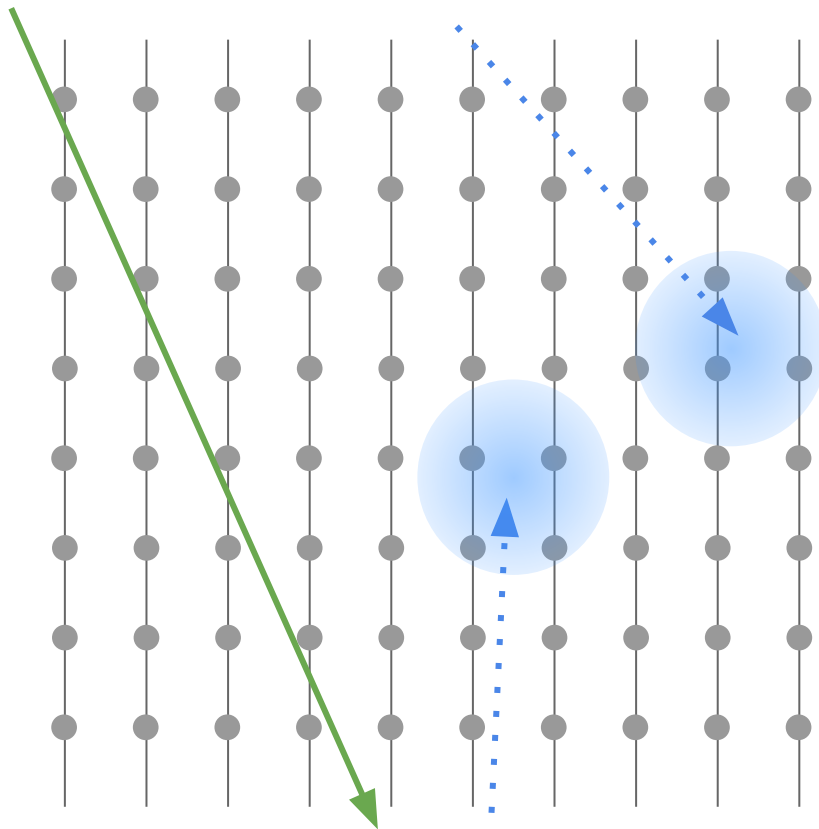
muon venant d'un neutrino

utilisation de
la direction de
l'événement



COMMENT SÉLECTIONNER LES NEUTRINOS ASTROPHYSIQUES ?

muons atmosphériques



interaction de
neutrino bien
localisé dans le
détecteur

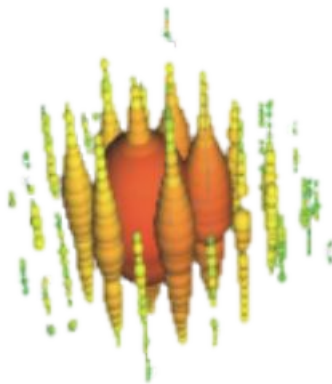


RÉCAPITULATIF

- ❑ Direction de l'événement :
 - ❑ descendant : probablement un muon ?
 - ❑ montant : neutrino ?
- ❑ Contenance de l'événement :
 - ❑ contenu dans le détecteur : grande chance d'être un neutrino
- ❑ Énergie du neutrino :
 - ❑ liée à la quantité de lumière déposée

EXEMPLES

neutrino
contenu



trace traversant tout
le détecteur
(si descendante = muon)

