

INTERNATIONAL



**MASTERCLASSES**

hands on particle physics



## International Masterclasses

17<sup>th</sup> International Masterclasses 2021



ATLAS



ALICE



CMS



LHCb



BELLE II



MINERvA



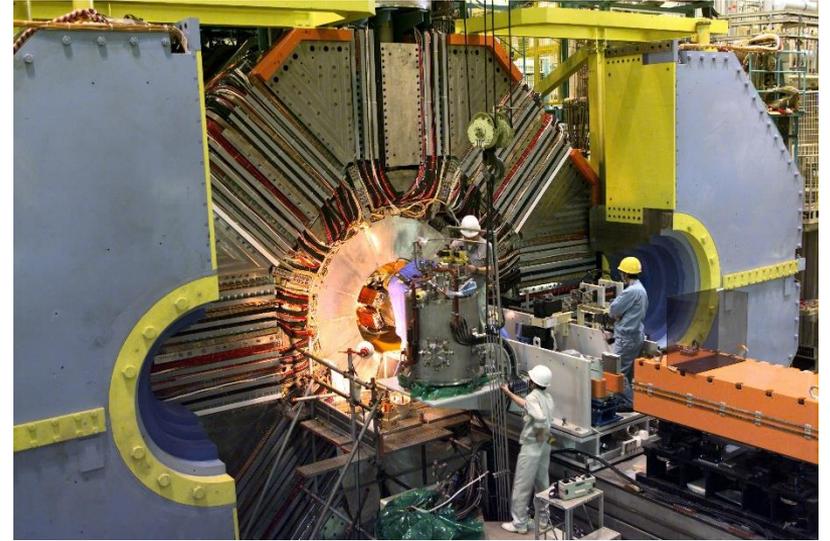
Particle  
Therapy



Other  
Physics  
Masterclasses

# But de la journée

- Vous faire découvrir la physique des particules et le métier de chercheur
- Chaque année, ~225 laboratoires/universités de 60 pays différents font découvrir leurs activités à 13000 lycéens
- Aujourd'hui: analyse des données de l'expérience Belle II, située au Japon, avec le groupe du Centre de Physique des Particules de Marseille

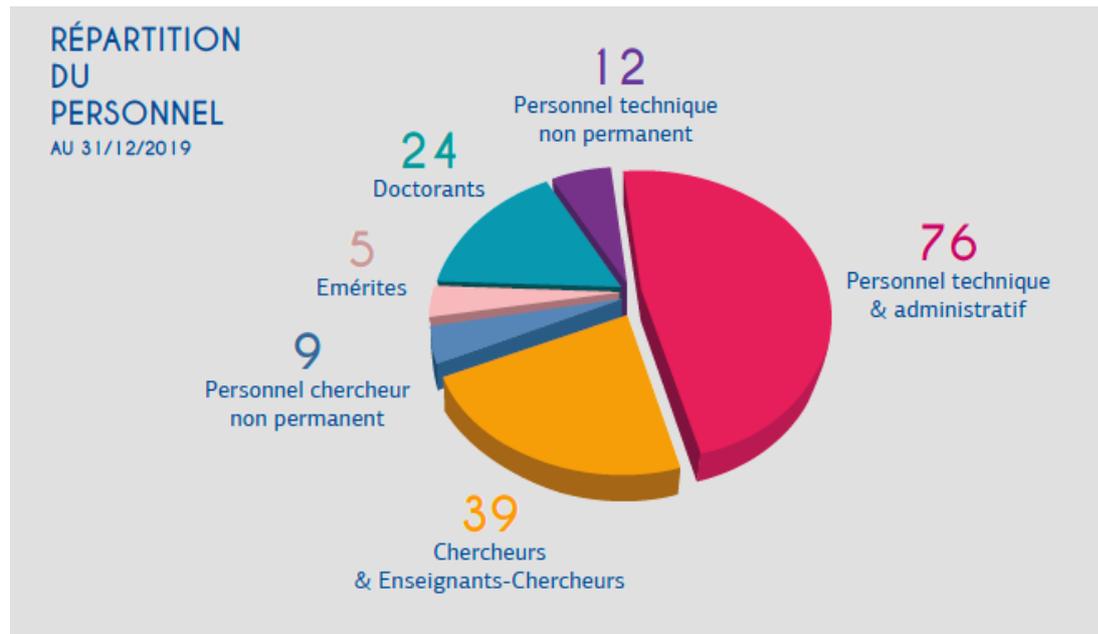


# Agenda de la journée

09:00	→ 09:30	<b>Introduction</b>	🕒 30m	📎
		CPPM presentation, new physics searches		
		<b>Orateur:</b> Justine Serrano (Belle (SuperKEKB Experiment))		
		 Intro.pdf		
09:30	→ 10:15	<b>Particle physics</b>	🕒 45m	📎
		<b>Orateur:</b> Guney Polat (Belle (SuperKEKB Experiment))		
		 Masterclasses_Physics		
10:15	→ 10:30	<b>Life at KEK</b>	🕒 15m	📎
		<b>Orateur:</b> Klemens Lautenbach (FHTestBeam (FH Test Beam User))		
10:30	→ 10:45	<b>Pause</b>	🕒 15m	
10:45	→ 11:30	<b>Belle II experiment</b>	🕒 45m	📎
		Detector, reconstruction, experimental techniques		
		<b>Orateur:</b> Laura Zani (Belle (SuperKEKB Experiment))		
		 MasterclassesBelle		
11:30	→ 11:45	<b>A Journey inside BelleI</b>	🕒 15m	📎
		<b>Orateur:</b> Robin Leboucher (not set)		
11:45	→ 12:15	<b>Explication exercise</b>	🕒 30m	📎
		<b>Orateur:</b> Justine Serrano (Belle (SuperKEKB Experiment))		
13:30	→ 15:30	<b>Exercice</b>	🕒 2h	📎
15:30	→ 15:45	<b>Pause</b>	🕒 15m	
15:45	→ 16:00	<b>preparation visio</b>	🕒 15m	📎
16:00	→ 17:00	<b>Visioconference</b>	🕒 1h	📎

# Le Centre de Physique des Particules de Marseille

- Laboratoire fondé en 1983
- Unité mixte de recherche: CNRS et Université Aix Marseille
- Aujourd'hui ~170 personnes
- But : étude de l'infiniment petit et de l'infiniment grand pour comprendre le monde qui nous entoure
  - **Physique des particules** : constituants élémentaires de la matière et leur interactions
  - **Cosmologie** : composition de l'Univers primordial et son évolution
  - **Astroparticules** : observation des particules élémentaires dans l'Univers
  - Et **interdisciplinarité**



Le CPPM participe à la construction des expériences et à l'analyse des données

# RELATIONS INTERNATIONALES

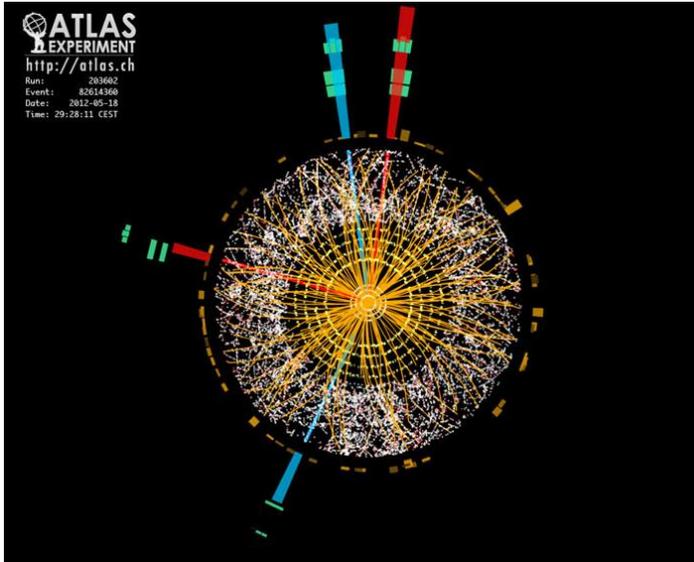


- **H1** à DESY (Hambourg, Allemagne)
- **DØ** à Fermilab (Chicago, États-Unis)
- **ATLAS** au CERN (Genève, Suisse)
- **LHCb** au CERN (Genève, Suisse)
- **Belle II** (Tsukuba, Japon)
- **SuperNEMO** (Modane, France)
- **BOSS** sur SDSS (Nouveau-Mexique, États-Unis)
- **DESI** (Arizona, États-Unis)
- **LSST** (Cerro Pachón, Chili)
- **Euclid** (Noordwijk, Pays-Bas)
- **CTA/HESS** (Canaries, Chili et Namibie)
- **ANTARES, MEUST/KM3NeT** (Méditerranée)
- **Accords bilatéraux de coopération** (Chine, Espagne, Hongrie, Liban, Maroc, Pologne, République Tchèque, Roumanie, Russie)
- **FCPPL** (Shanghai, Jinan, Nankin et Pékin, Chine)

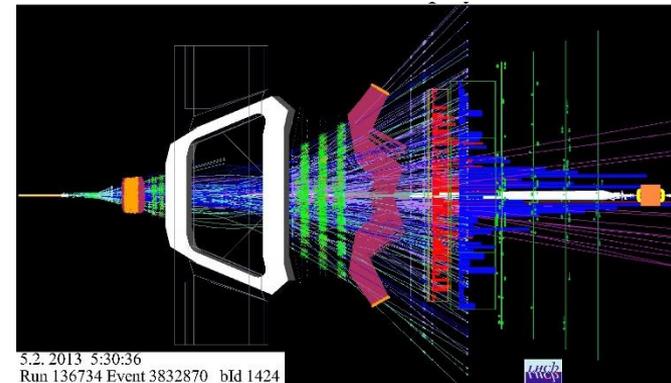
# Physique des particules

- Au LHC, près de Genève: ATLAS et LHCb
  - Collisionneur proton – proton
  - ATLAS: recherche de nouvelles particules

Découverte du boson de Higgs en 2012

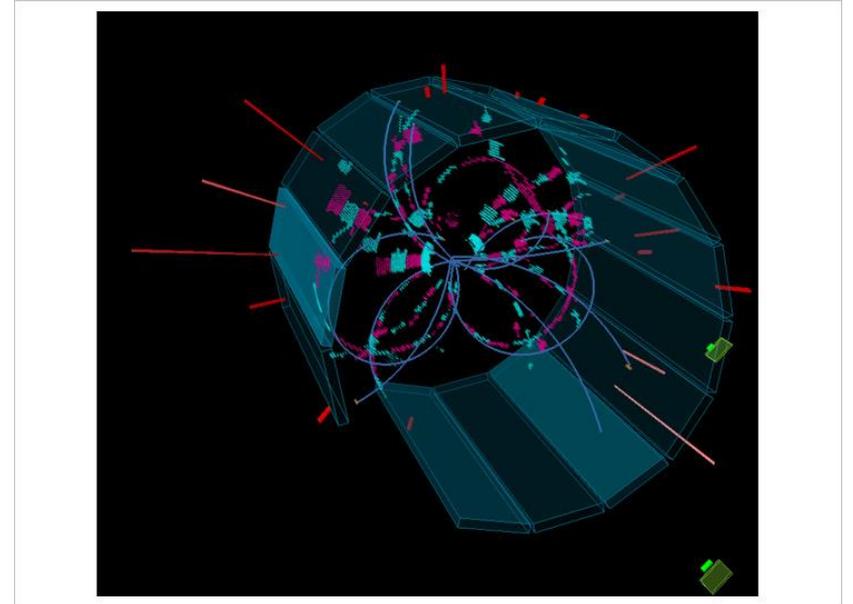
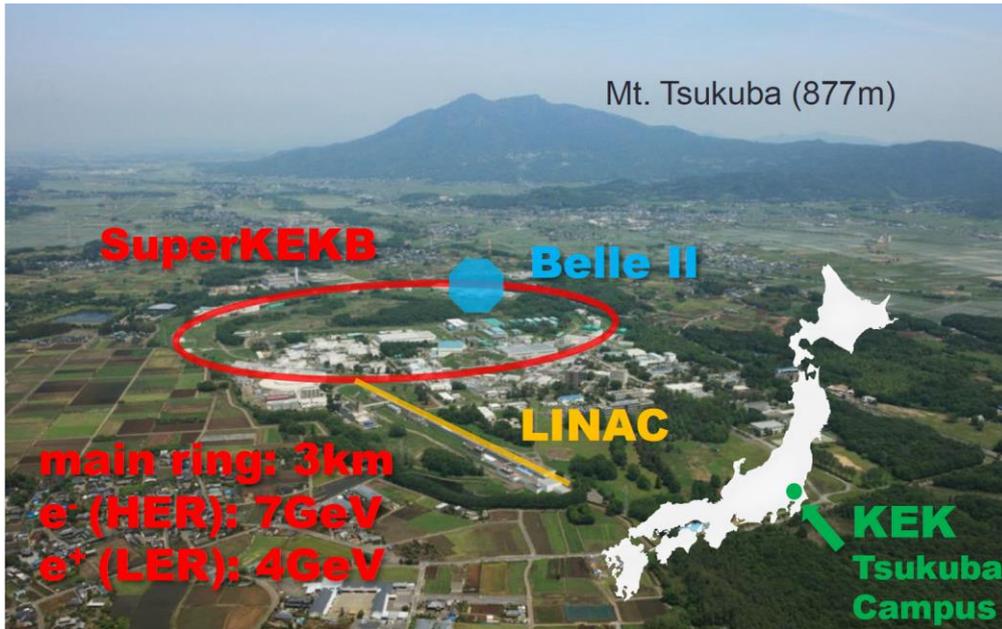


- LHCb: étude des particules contenant le quark b



# Physique des particules

- A KEK, près de Tokyo: Belle II
- Collisionneur électron - positron
  - Mise à jour de l'expérience Belle qui a pris des données jusqu'en 2010

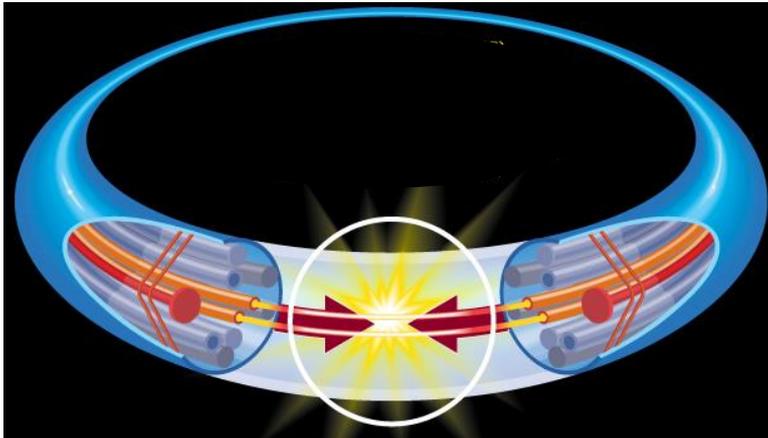




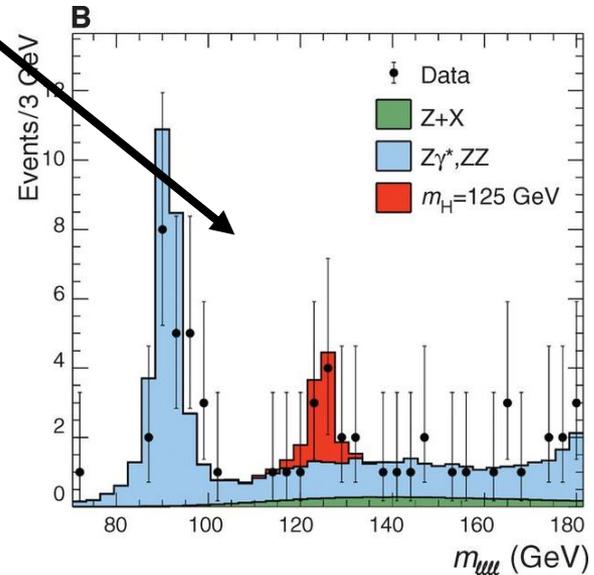
# Recherche de nouvelle physique

Recherche directe : au LHC avec les expériences ATLAS et CMS

$$E=mc^2$$



Accélérateur de particule



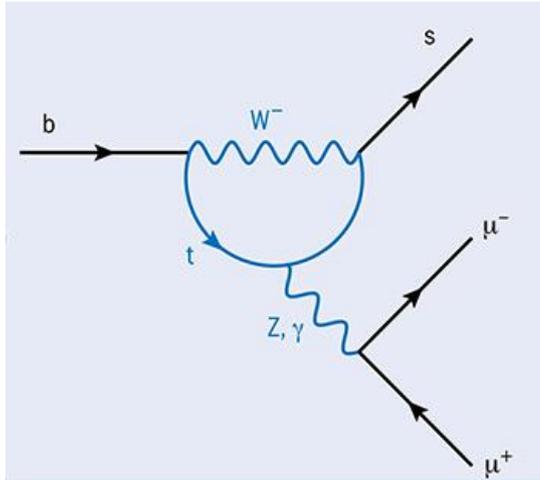
Nouvelle particule

# Recherche de nouvelle physique

Recherche indirecte: au LHC avec LHCb et à KEK avec Belle II

$$\Delta t \times \Delta E \approx h / 2\pi \quad \longrightarrow$$

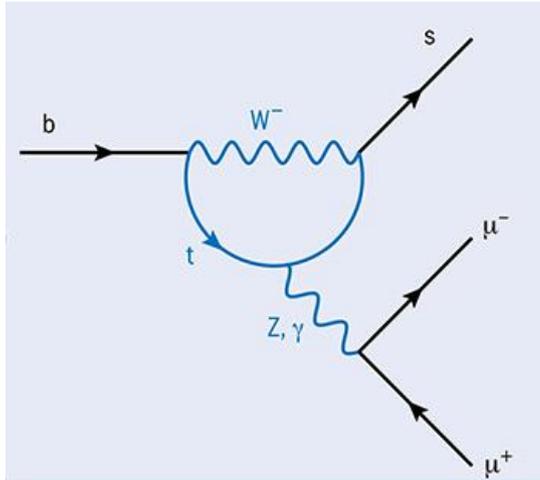
Les nouvelles particules  
peuvent apparaître pendant  
un temps très court  
*virtuellement*



# Recherche de nouvelle physique

Recherche indirecte: au LHC avec LHCb et à KEK avec Belle II

$$\Delta t \times \Delta E \approx h / 2\pi \quad \longrightarrow$$



Les nouvelles particules  
peuvent apparaître pendant  
un temps très court  
*virtuellement*



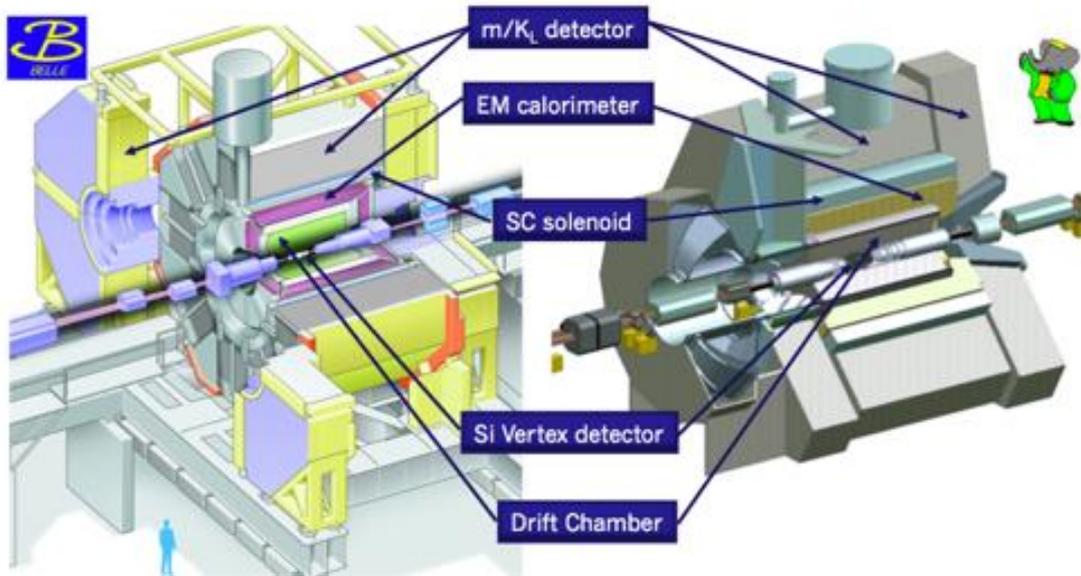
Et modifier les propriétés de  
la désintégration



On doit mesurer très  
précisément ces propriétés

# 2000-2010: Babar (Californie) et Belle (Japon)

Les mesures ont conduit au prix Nobel de 2008



## The Nobel Prize in Physics 2008



Photo: University of Chicago

Yoichiro Nambu

Prize share: 1/2



© The Nobel Foundation  
Photo: U. Montan

Makoto Kobayashi

Prize share: 1/4



© The Nobel Foundation  
Photo: U. Montan

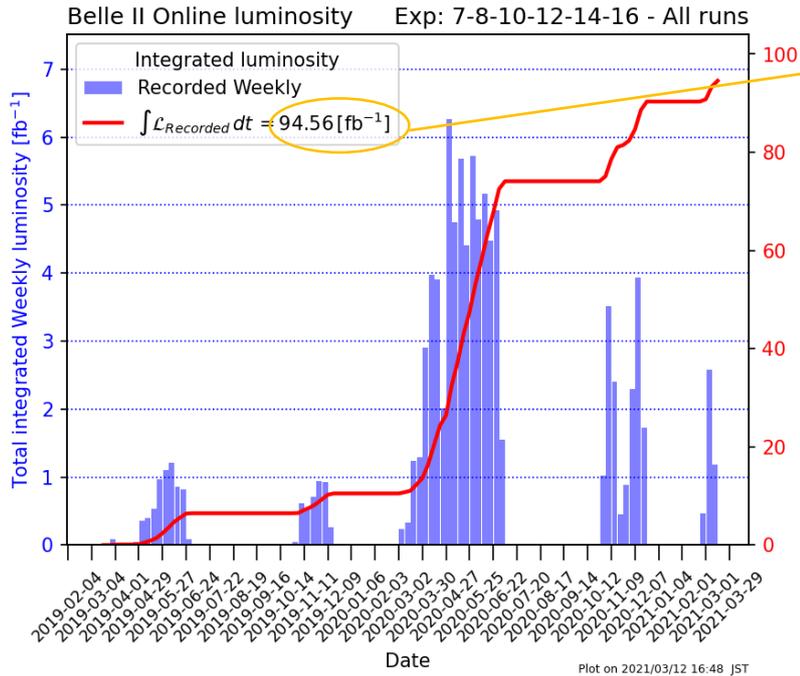
Toshihide Maskawa

Prize share: 1/4

The Nobel Prize in Physics 2008 was divided, one half awarded to Yoichiro Nambu *"for the discovery of the mechanism of spontaneous broken symmetry in subatomic physics"*, the other half jointly to Makoto Kobayashi and Toshihide Maskawa *"for the discovery of the origin of the broken symmetry which predicts the existence of at least three families of quarks in nature"*.

# La prise de données de Belle II

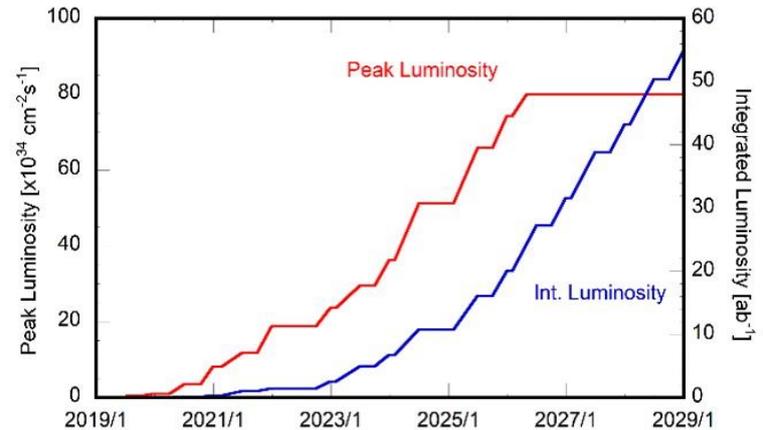
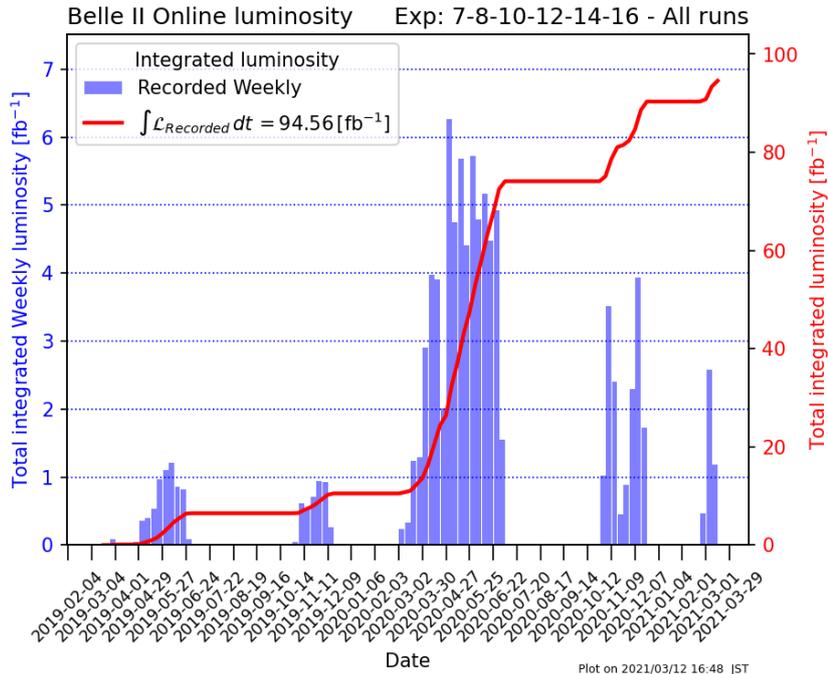
La quantité de données enregistrées est donnée par la luminosité, exprimée en barn<sup>-1</sup> (=10<sup>-24</sup> cm<sup>2</sup>)



= 100 millions de paires  
de quarks beaux!

# La prise de données de Belle II

La quantité de données enregistrées est donnée par la luminosité, exprimée en barn<sup>-1</sup> (=10<sup>-24</sup> cm<sup>2</sup>)



On veut faire des mesures de précisions, ou chercher des processus très rares

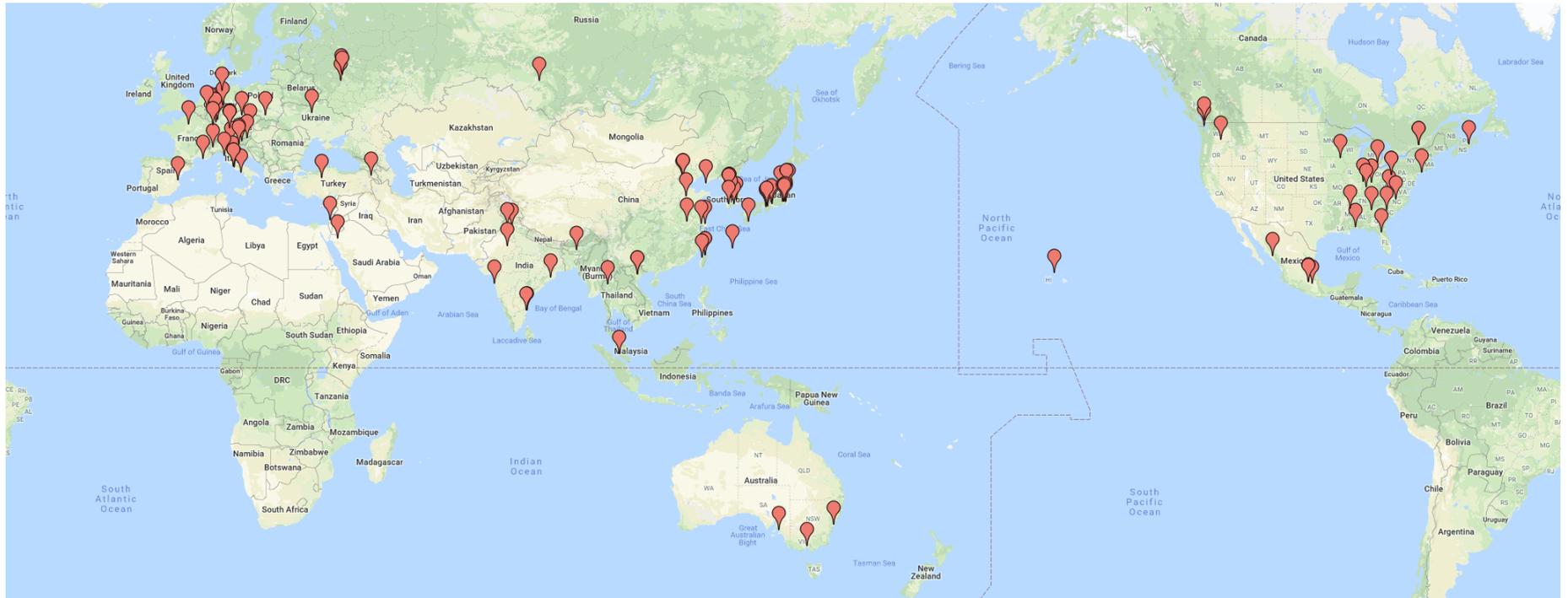


Grande luminosité (50x Belle en ~2030)

# La collaboration Belle II

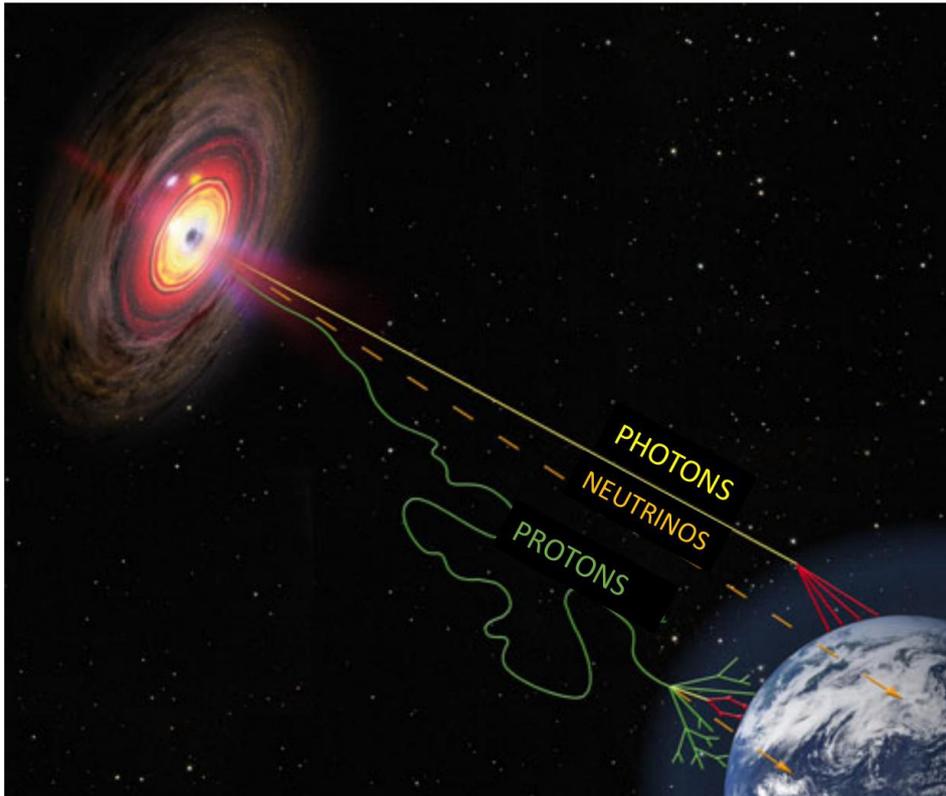
~1000 physiciens

En France: Orsay, Strasbourg, Marseille





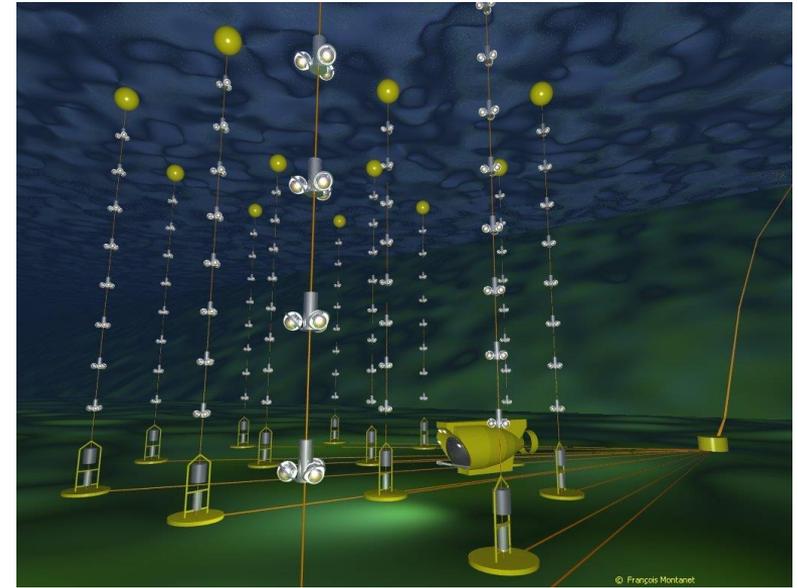
# Astroparticules



- Astronomie multi-messagers: étude des différentes particules qui viennent du ciel et de leurs sources

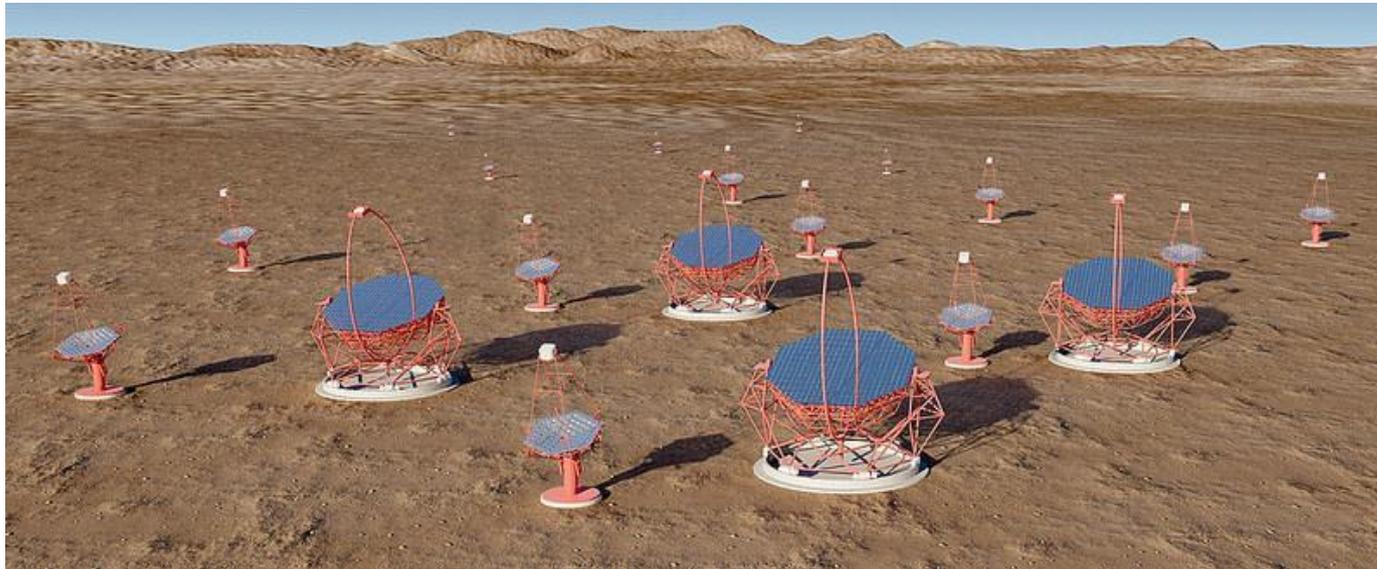
# Astroparticules

- Astronomie neutrino : ANTARES et KM3NET
  - Détecteur au fond de la mer méditerranannée (2500 m)



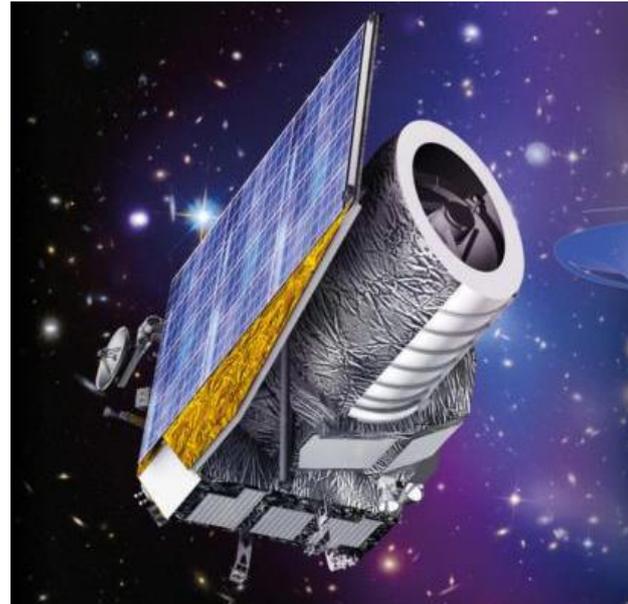
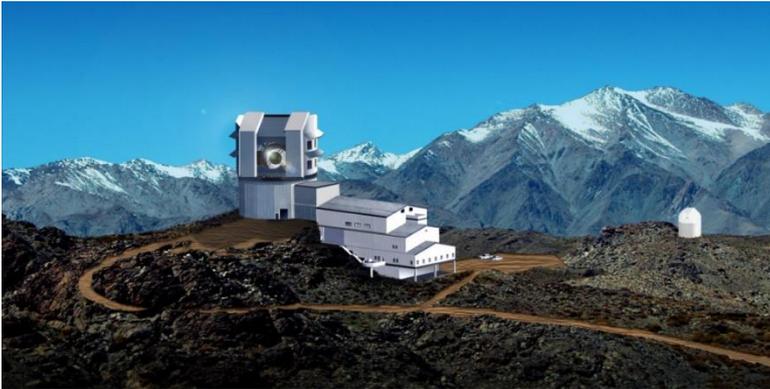
# Astroparticules

- Astronomie gamma : CTA (Cherenkov telescope array)
  - Installation d'une centaine de télescopes pour mesurer les photons de très haute énergie aux Canaries et au Chili



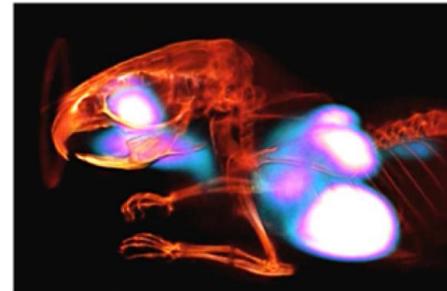
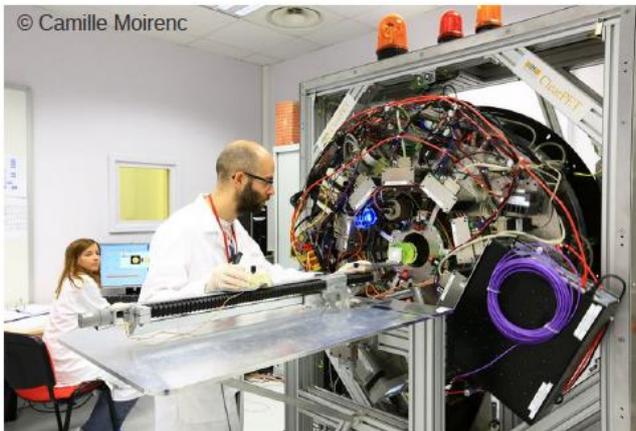
# Cosmologie

- Comprendre l'accélération de l'expansion de l'Univers (énergie noire)
- LSST au Chili et Euclid dans l'espace



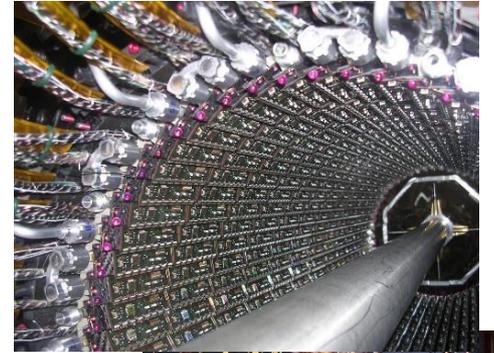
# Interdisciplinarité

- Calcul et données: gestion des grands volume de données. Recherches sur des algorithmes de gestion de ressources de calcul et de stockage
- Imagerie bio-médicale
  - Utilisation des détecteurs développés pour la physique des particules



# Des compétences variées

- Ingénierie : mécanique, électronique, informatique
- Equipement de pointe, salle blanche, salle noire
- Support administratif
- Cellule communication: media et grand public
- Différentes formations
  - BEP
  - BAC
  - BTS
  - Diplôme d'ingénieur
  - Doctorat
  - ...



# D'autres laboratoires en France

- Regroupés dans l'Institut de physique des particules et physique nucléaire (IN2P3), au sein du CNRS

