

Perspective de Physique à l'IN2P3 et au DAPNIA

L. Serin (LAL/ORSAY)

Avertissement :

Le panorama de la physique faite par ces deux instituts dépasse largement mes compétences et il y aura donc inévitablement :

- une vue biaisée*
- et des oublis (laboratoire participant à un projet, source des figures/résultats...)*

Sommaire

- 1) Introduction
- 2) Cosmologie : de Planck et Eldeleweiss à LSST
- 3) Astro-particule γ : de HESS/Auger à Codalema
- 4) Physique des particules : de LHC vers SLHC/ILC et les super B
- 5) Physique des neutrinos : Une multitude de projets
- 6) Quark gluon plasma : ALICE
- 7) Physique hadronique
- 8) Physique Nucléaire : SPIRAL II / AGATA/FAZIA
- 9) Conclusion

The Big Bang

$t=10^{-32}$ s, température trop élevée pour former des protons et neutrons
→ plasma quark et gluons

$t=10^9$ ans formation des galaxies
→ Physique nucléaire mais aussi astro particules site d'accélération de particules

$t=1$ s découplage des neutrinos

Aujourd'hui : comprendre cet univers complexe à partir d'observations ou d'expériences visant à recréer certaines étapes

$t=10^{-43}$ s de $t=10^{-4}$ s, proton et neutron sont formés, plus toutes les d'annihilation quark -anti quark ou non en
→ Physique hadronique
→ La physique des particules

$t=100$ s formation des premiers noyaux
→ Physique nucléaire : structure de la matière

$t=300000$ ans formation des atomes d'éléments légers, découplage des photons → CMB

q quark	D deutérium
\bar{q} anti-quark	He hélium
e^- electron	Li lithium

Cosmologie

De quoi est composé notre univers et comment évolue t-il ?

Discipline jeune dans nos instituts mais déjà des contributions majeures aux projets et aux résultats

Différents axes d'approche ?

- *Étude des supernovae* → *accroître la statistique (SCP → LSST)*
- *Étude du rayonnement à 2.7 K* → *Mesures précises de Planck + Polarisation (Brain,...)*
- *Recherche de matière noire* → *Edelweiss / AMS/ HESS / Antarès + Accélérateurs*

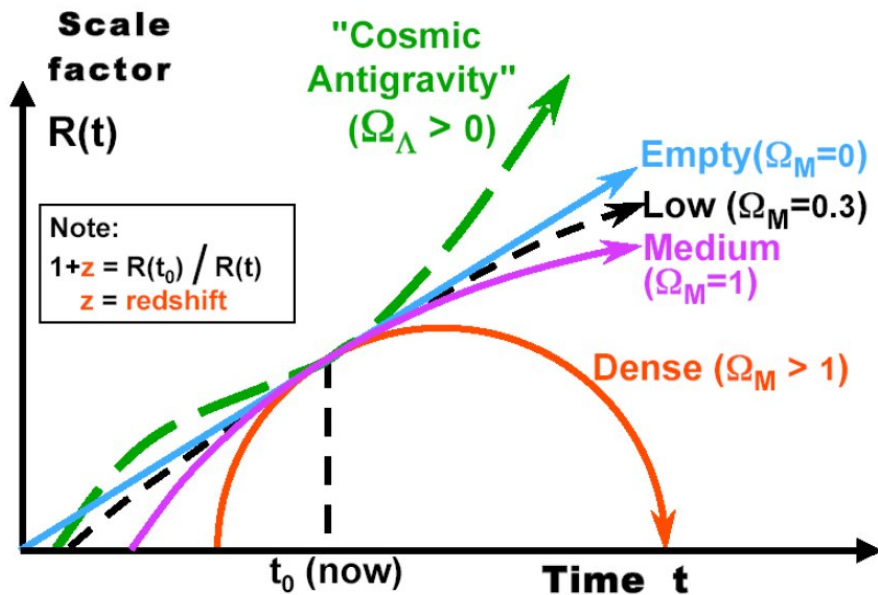
Pour comprendre ce qu'est l'énergie noire (Λ) et la matière noire

Étude des supernovae

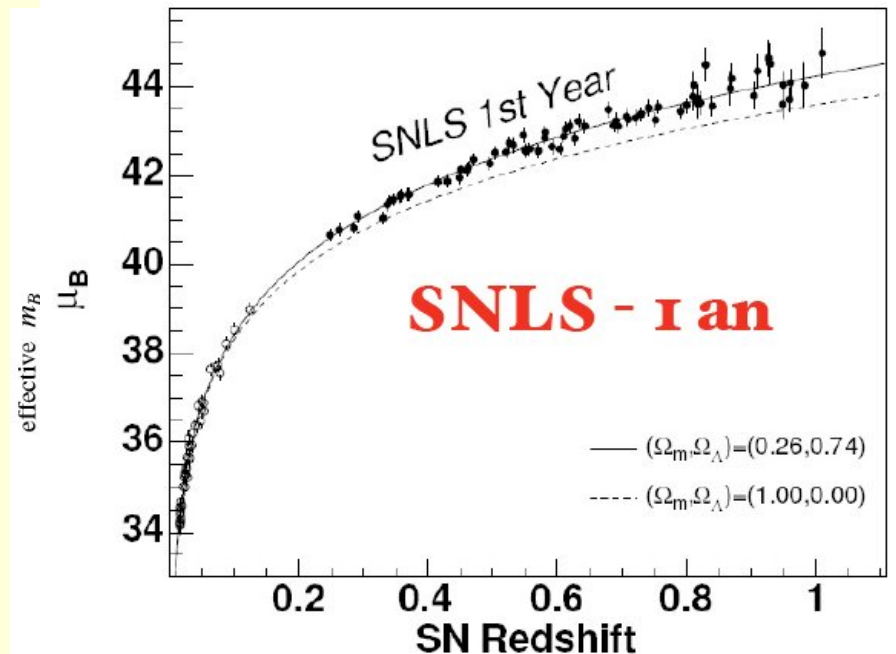
Amélioration de la précision sur la mesure des paramètres

Loi d'évolution de $R(t)$ facteur d'échelle :

$$\Omega(t) + \Omega_\Lambda(t) + \Omega_k(t) = 1$$



Étude des SuperNovae

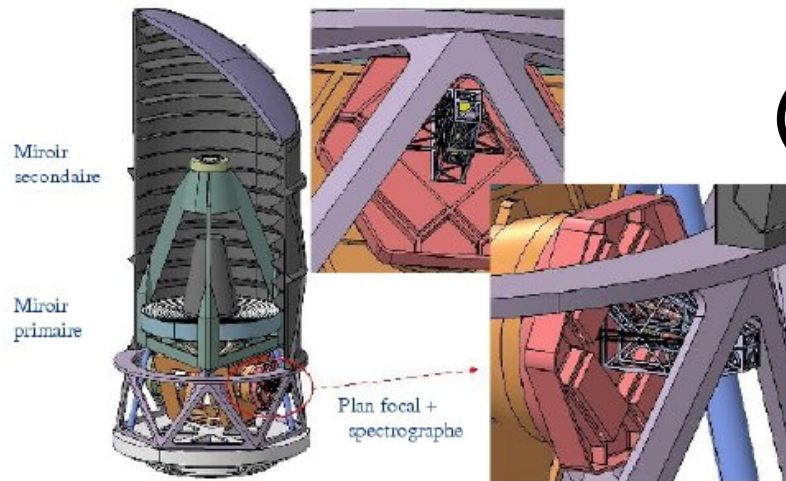


Actuellement : SCP / SNLS (MEGACAM): qqs centaines de SN lointaines
Demain : LSST puis expériences sur satellites : SNAP/JDEM ?

R&D pour expérience satellites

Horizon ~ 201x ; Etudes préparatoires et R & D en cours (IPNL,LPNHE,CPPM,DAPNIA,LAL)

Structure Générale SNAP



Le plan focal (Champ de ~1 degré ■)

Visible: 36 CCD 2Kx2K
+ filtres

IR: 36 HgCdTe 2Kx2K
+ filtres

Guidage

Spectromètre

Environ 500 M pixels

R = 70 cm

- Mesure des lentilles gravitationnelles
- Détection des supernovae
- Photométrie

Rayonnement à 2.7 K

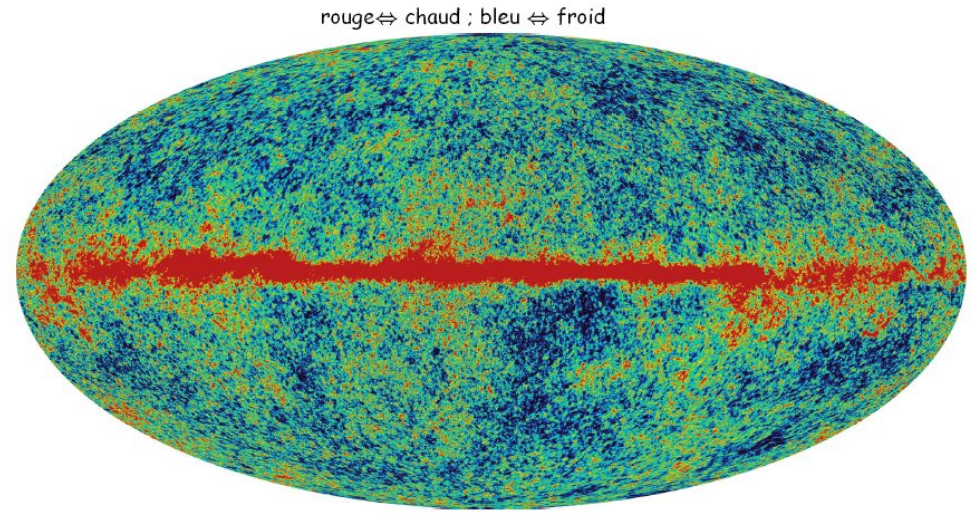
$t < 300000$ ans et $T > 3000$ K
 e^\pm , proton (noyaux)
+ photons absorbés/réfléchis
→ faible parcours

$T \sim 3000$ K :
noyau+électrons → atome
Les γ se propagent dans tout
l'univers

Expansion de l'univers + redshift :
 $T \sim 2.7$ K (IR lointain)

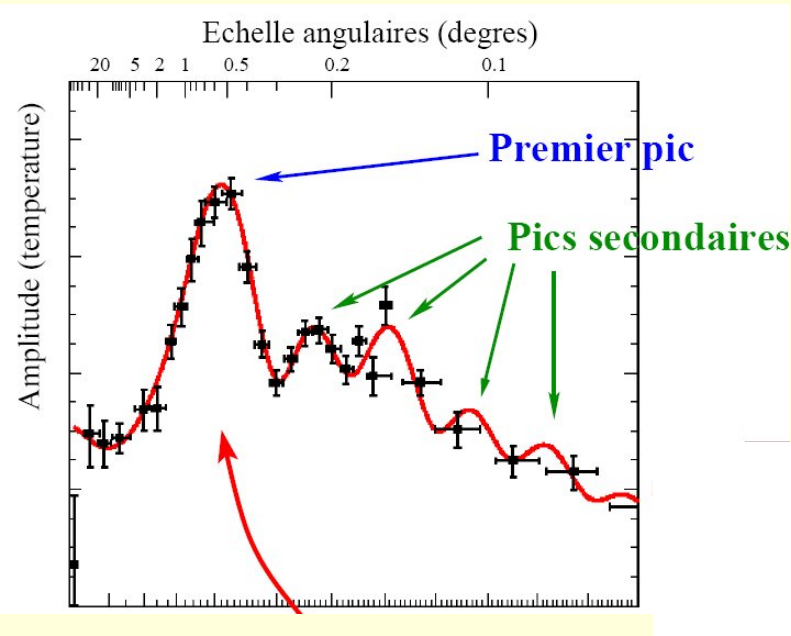
Ce rayonnement garde une histoire
de l'expansion....

Satellite WMAP (2003) : $\delta T/T \sim 10^{-5}$



En fait distribution de $\delta T/T$ en fonction
d'un moment multipolaire $C \sim \text{angle}$

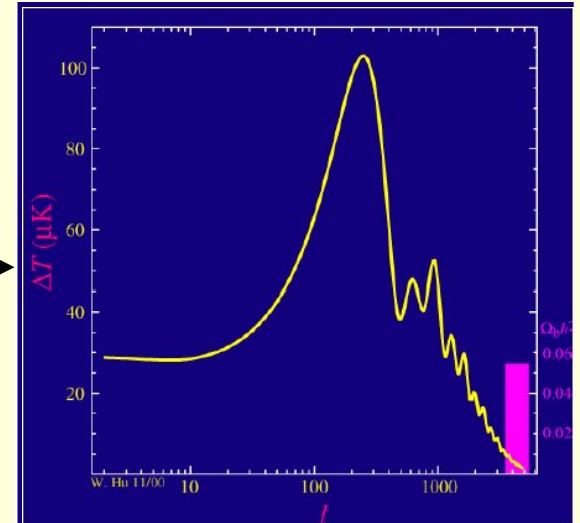
Rayonnement à 2.7 K : Archéops, Olimpo, Planck (2007)



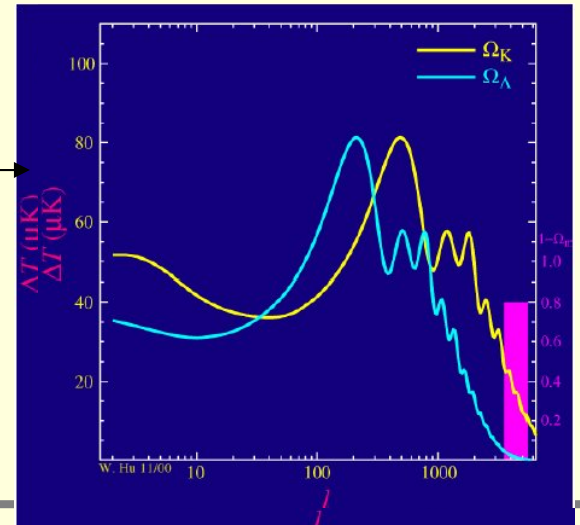
Sensible à tous les paramètres :

- Densité de matière
- Physique du plasma primordial (ondes acoustiques)
- Effets de géométrie de l'univers

Ω_b

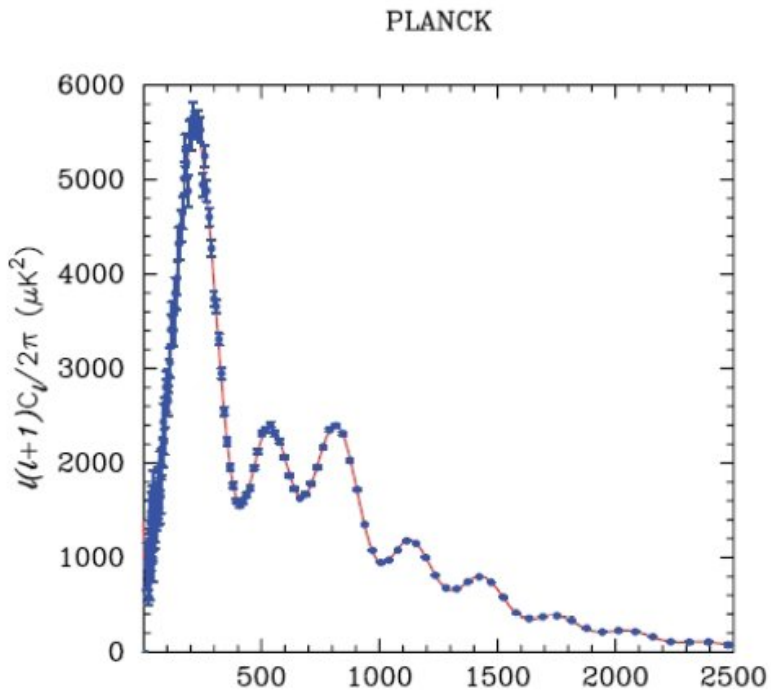


Ω_Λ, Ω_k

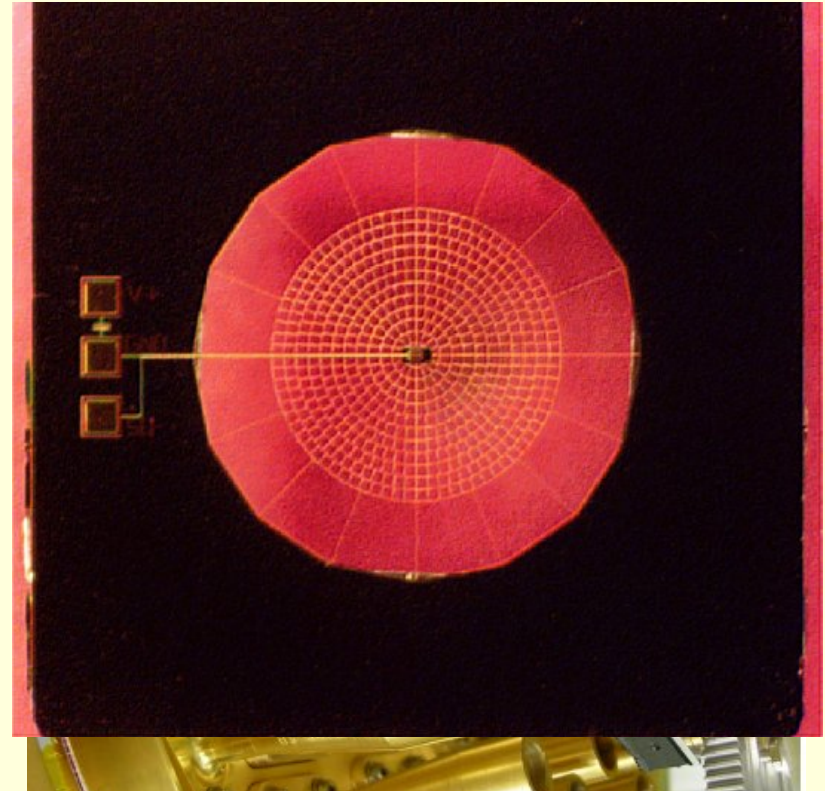


(Archéops, Olimpo), Planck (2008 ?)

Miroir primaire



Panneaux / ecrans



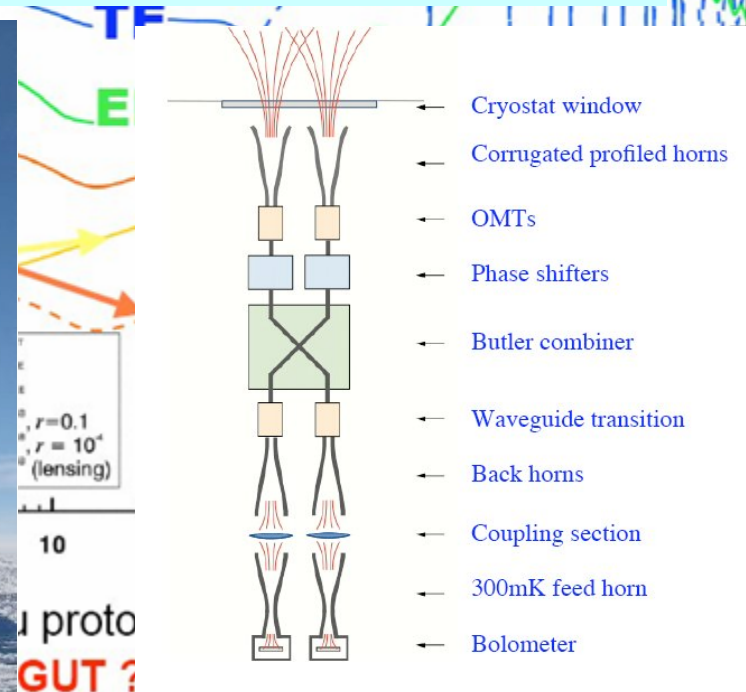
Détecteur : bolomètre à 0.1 K,
Taille 2.6 mm
grille avec « fils » $1 \times 4 \mu m$
Sensible à la polarisation E

Au delà de Planck : il faut mesurer la polarisation

La mesure de B est challenging :

- Précision $< \mu\text{K}$, + corrélation
- Expérience R&D au pôle SUD / R&D : Brain (bolomètre + interféromètre) APC+... Ampli à 4k en SiGe pour SQUID

Avant projet satellite > 2015



Ou mesurer les Oscillations Acoustiques Baryoniques (BAO)

Pics secondaires du 2.7 K \rightarrow Il existe des rémanences/empreintes dans la matière ordinaire au cours de la formation des structures
Pics attendus dans la distribution des galaxies

LSST : Large Synoptic Survey Telescope

- Télescope optique de 8,4 m de diamètre avec une caméra grand champ (3,5 deg)
- Au Chili (Cerro Pachon)
- imaginé fin des années '90
- Caméra de 3.2 G. pixels
- 5 filtres SDSS ugriz + i y
- WL jusqu'à $z \sim 3$
- SNIa jusqu'à $z \sim 1$
- BAO: oscillations acoustiques
- Galaxies et amas de galaxies



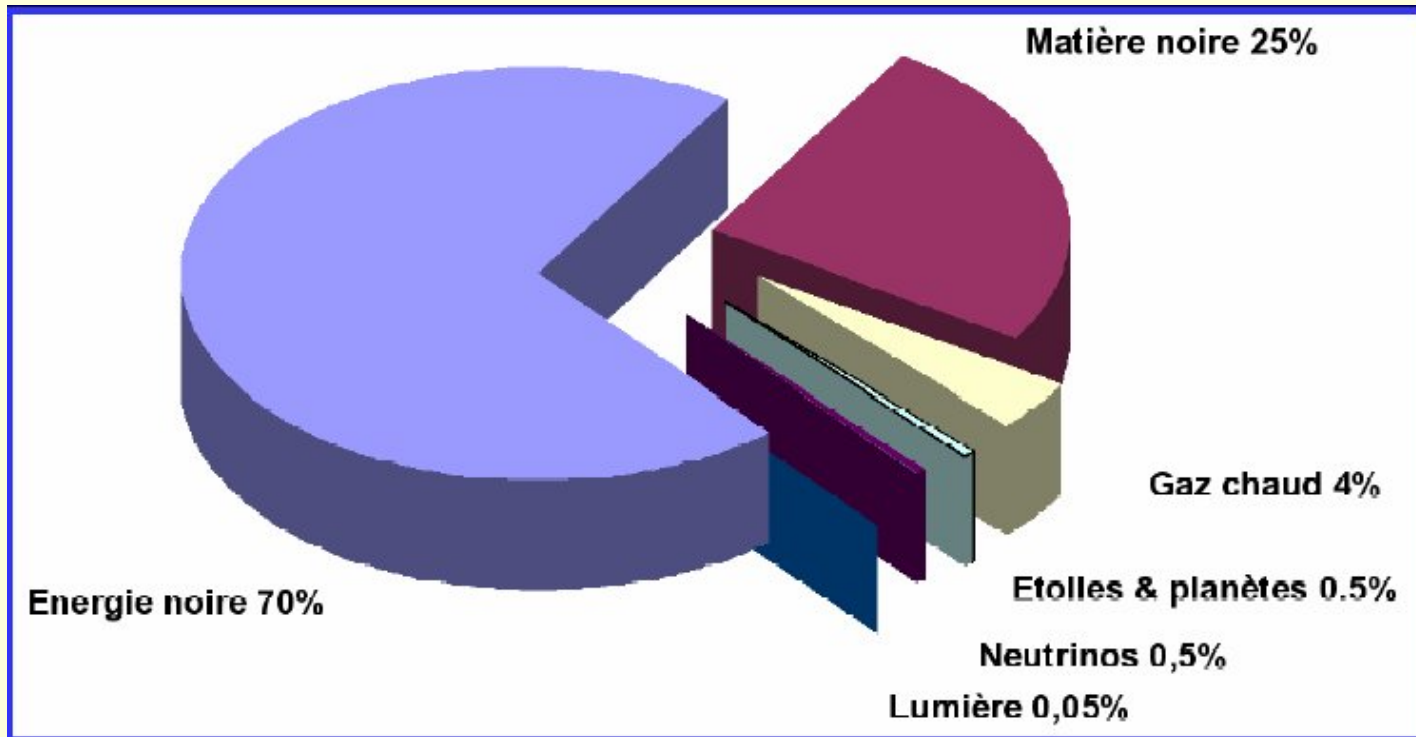
<http://www.lsst.org/>

μ électronique pour la caméra (LPNHE/LAL)

Cartographie 3d la raie à 21 cm de H (spectre de puissance) à partir d'antennes sur terre (cylindre de 2km équipé d'antennes bipolaires), mesure d'amplitude et phase en fonction de bande de fréquence 400-1400 MHz (redshift / z). FFT temporelle et spatiale ! (LAL/DAPNIA) BAO/SKA



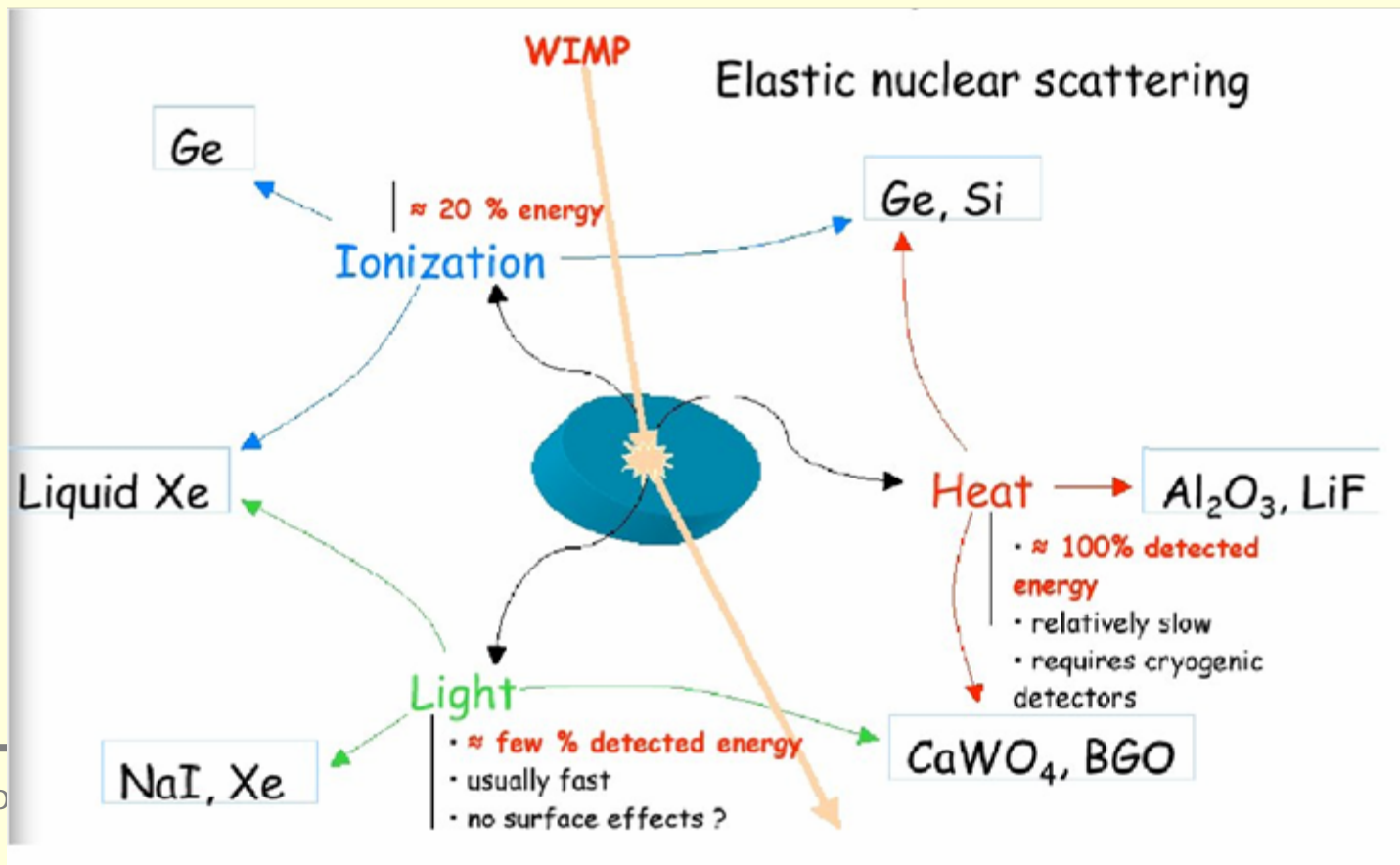
Densité d'énergie / matière dans l'univers ?



5 % (?) de la densité de l'énergie de l'univers sont compris / identifiés !

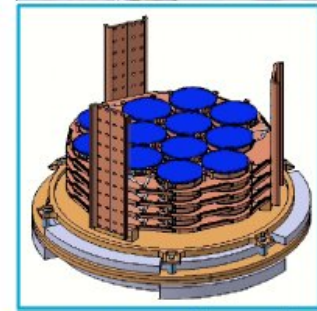
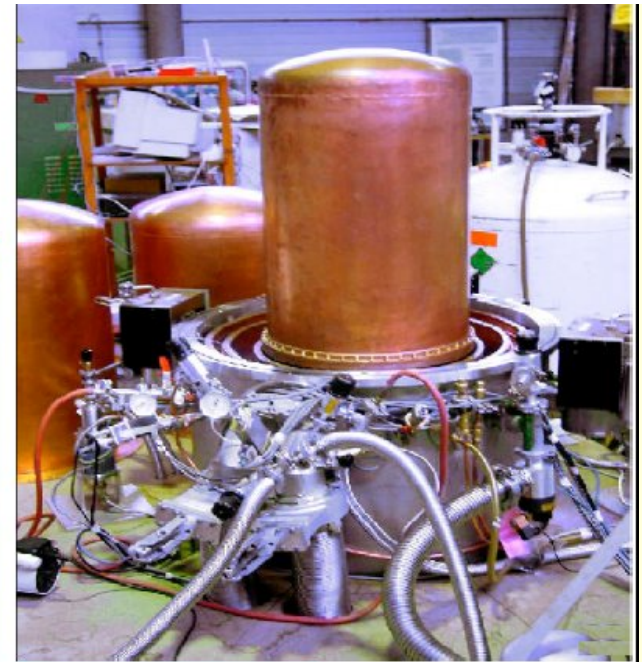
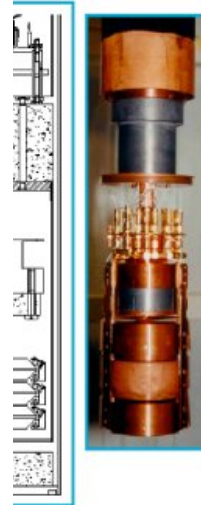
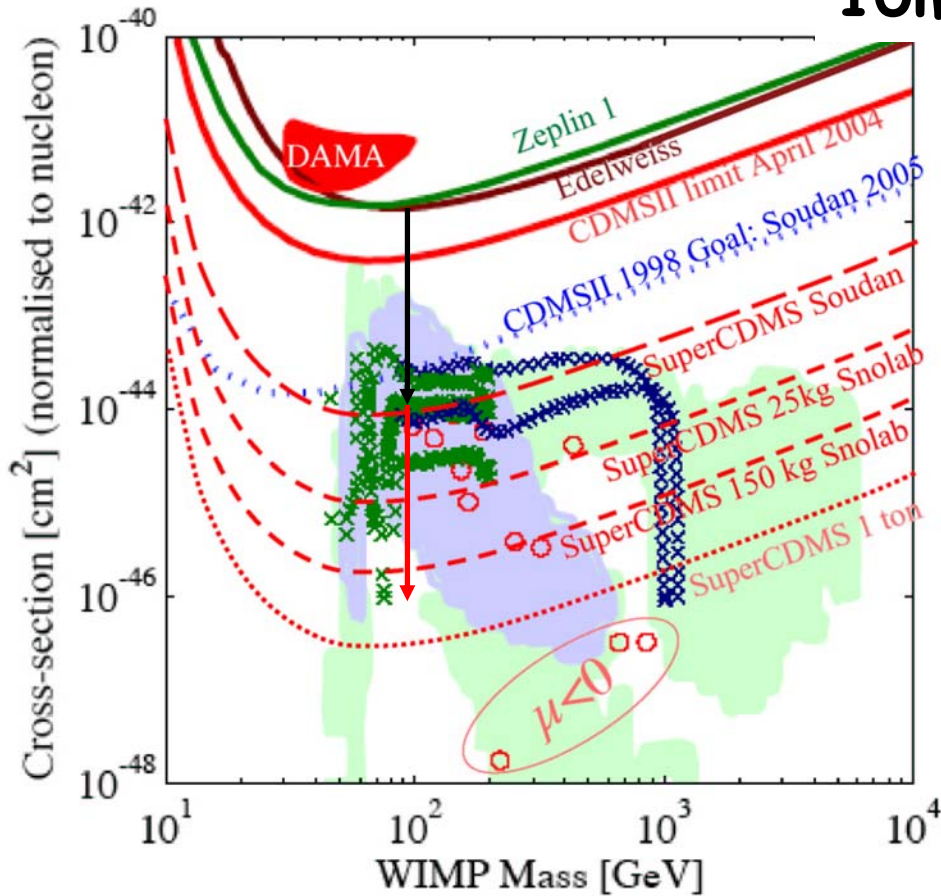
Recherche de matière noire : WIMPS (directe)

Au cours de l'expansion de l'univers (refroidissement), des particules massives qui étaient en équilibre thermodynamique, acquièrent un long parcours moyen jusqu'à la taille de l'univers → abondance (densité) figée mais très faible interaction (l'un des bons candidats est une particule supersymétrique le neutralino, stable)



Edelweiss I, II ... Augmenter la masse de Ge

10mK, II → 35kg, Tonne >2010



Po

O. Perdureau

R&D sur senseurs en couche mince, détection de la trace de recul

Matière noire et astro-particules...

Bien que très faible ces particules (WIMPS) peuvent s'annihiler dans l'univers et donner des signaux indirectes mesurables :

-Signal de photons dans la direction d'une galaxie, ou excès d'événement sur le fond diffus : mesure avec des satellites jusqu'à ~300 GeV : **AMS II, Egret, GLAST**
mesure au sol avec **CELESTE, HESS** pour E plus grand par technique de gerbes dans l'atmosphère
(Excès d'antiparticules aussi comme signature)

-Interaction de neutrinos de haute énergie (annihilation des wimps dans le soleil ou la terre) : **Amanda, Antarès**

(+ Auger)

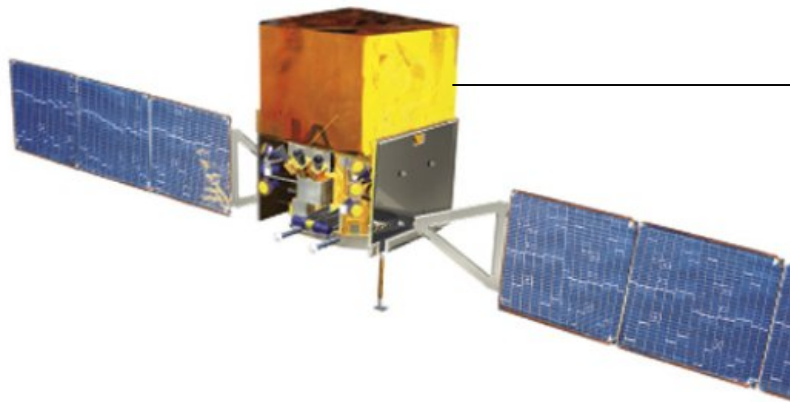
Ces expériences contribuent aussi (et surtout) à la recherche en astrophysique (Nouvelles sources γ , reste de SN....) **mais là cela dépasse trop mes compétences**

Un signal de matière noire dans EGRET... → GLAST

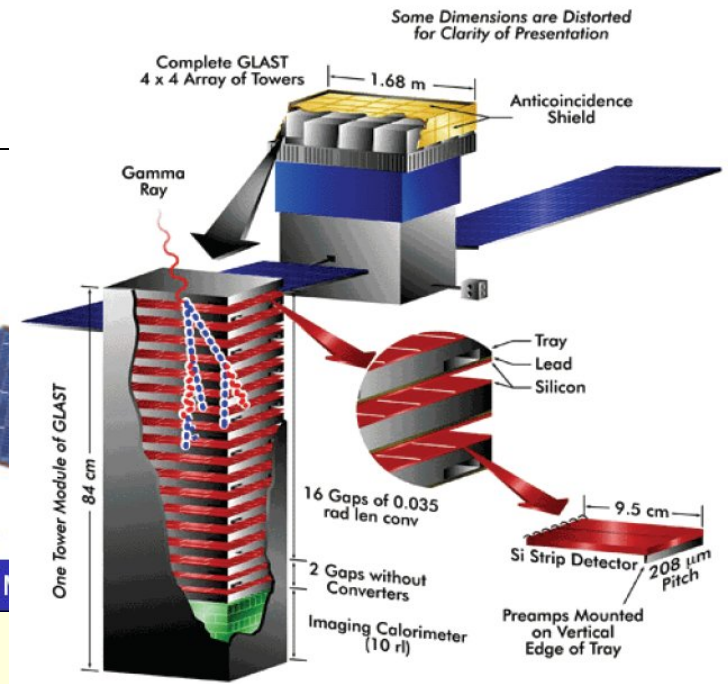
Next Generation Gamma Ray Telescope: GLAST

LLR,
CENBG

	EGRET	GLAST
E range	35 MeV - 30 GeV	10 MeV - 300 GeV
E res @10 GeV	12 %	6 %
eff. area @10 GeV	700 cm^2	8000 cm^2
Point Source Location	5'-10'	0.1'-1'
Single γ position @10 GeV	0.5°	0.1°



launch: late 2007



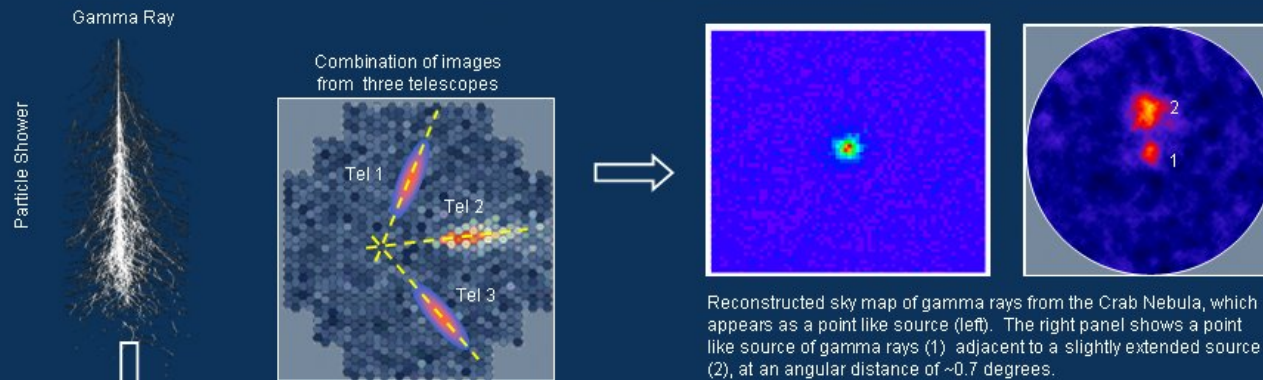
C. Sander

Gamma Rays and Dark Matter

HESS → HESS II (LPHNE/LLR/APC/DAPNIA/LPTM)

Première phase de HESS, un succès, détection de source de 100 GeV à 50 TeV !

Images of the Sky with H.E.S.S.

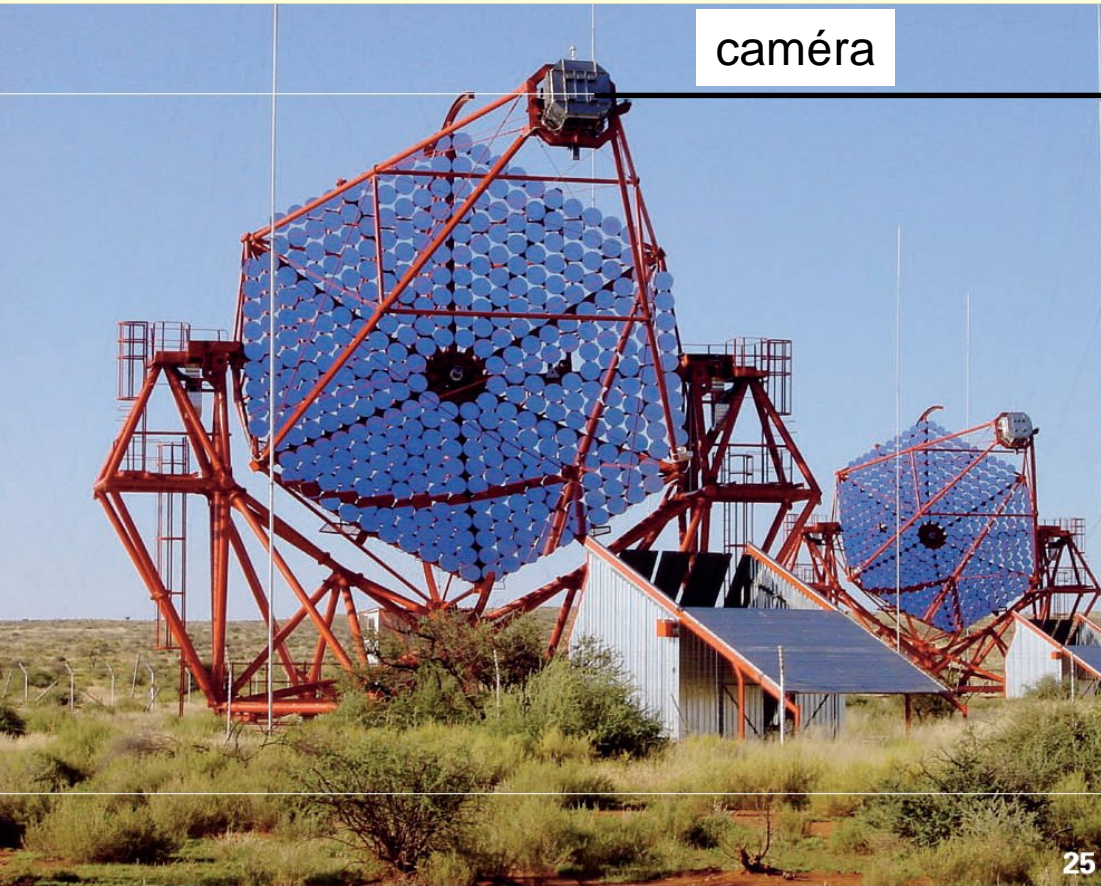


Observing with the H.E.S.S. Cherenkov telescopes is quite different from observing with 'normal' optical telescopes. The images of *particle showers* (left panel) seen by the cameras are images of air showers, and not images of the gamma-ray sources in the sky. To generate a gamma-ray sky image, a computer program combines up to four images of the air shower and determines its direction, and also the amount of energy deposited in the atmosphere. The origin of the gamma ray is then plotted as point on a map of the sky. Many such points combined provide an image of the gamma-ray source, and one can determine the shape of the source, and the energy spectrum of the gamma rays (their 'colour'). While a first 'quick-look' data analysis is carried out by the computers on the site, in most cases the final detailed analysis will be performed at one or more of the home institutions.

4 télescopes opérationnels fin 2004

HESS

caméra



Lecture PM + trigger

HESS II (2008)



- Ajout d'un gros télescope au centre (596 m^2):
- Seuil trigger plus bas $40 \rightarrow 20 \text{ GeV}$ en collectant plus de Lumière (mais plus grand trigger rate !)
 - Meilleure sensibilité

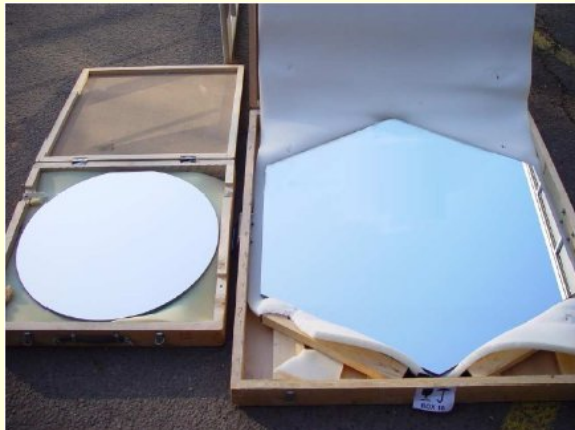
Caméra : $960 \rightarrow 2048$ « pixels »

Front End et trigger :

PM lu dans un système 2 gains

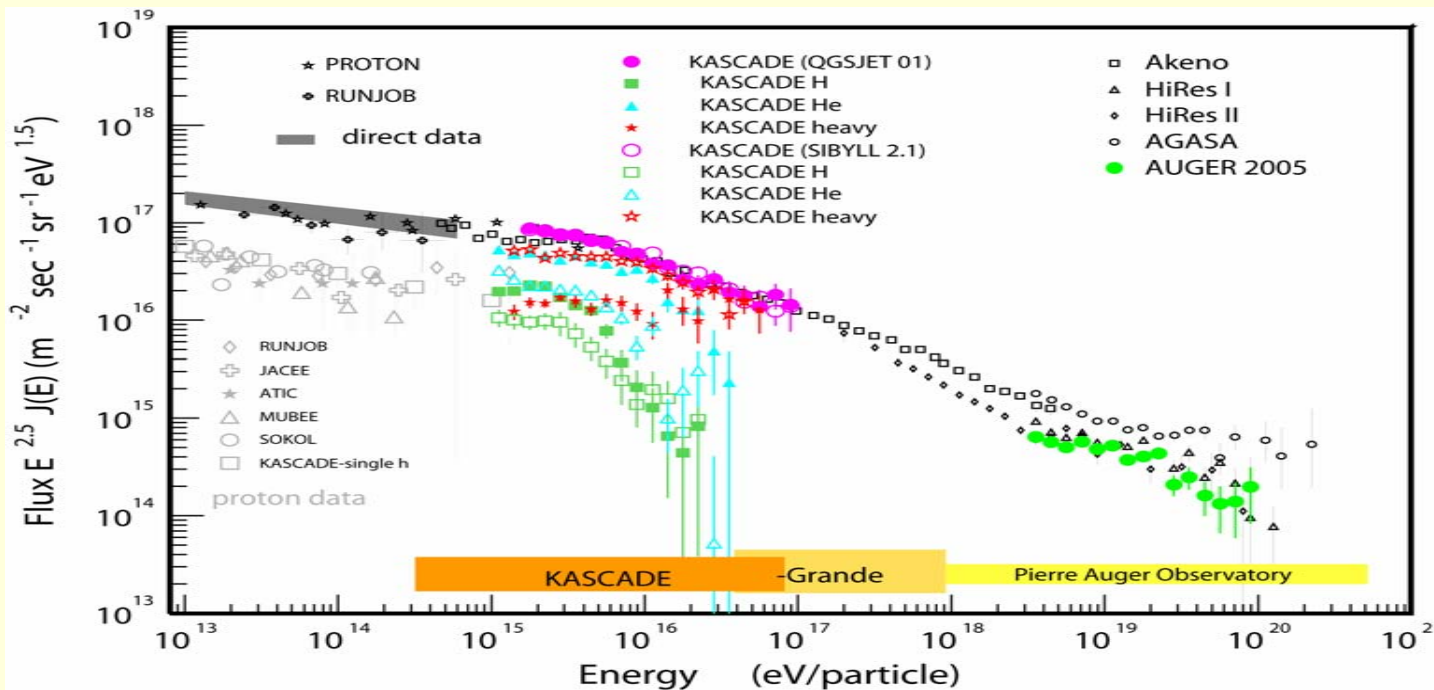
SCA avec 256 cellules, échantillonnage entre 500 MHz et 2.5 GHz/3 GHz lu sur réception L1 et stockage dans des FIFO pour une sélection L2.

Projet HESS III > 2013 ????



Auger (APC/IPNO/LAL/LPNHE/LPSC)

Motivation première de Auger : confirmation existence d'événements de très haute énergie $> \text{GZK}$ (10^{20} eV) **A priori résultat d'AGASA incorrect...**
Autre motivation : recherche de sources de haute énergie (astrophysique), composition des gerbes...



Auger Nord (Codalema) / Euso

Avec un second site (UTAH), possibilité de corrélation (anisotropie à grande échelle)
Pour une mesure détaillée de GSK, nécessité de plus de statistique (acceptance x100):

- Satellite mesurant la fluorescence → **Satellite Euso, toujours d'actualité ???**

- Mesure avec des réseaux radio (**CODALEMA**) pouvant être déployés sur une plus grande surface, initié par Subatech (+LAL et LPSC) :

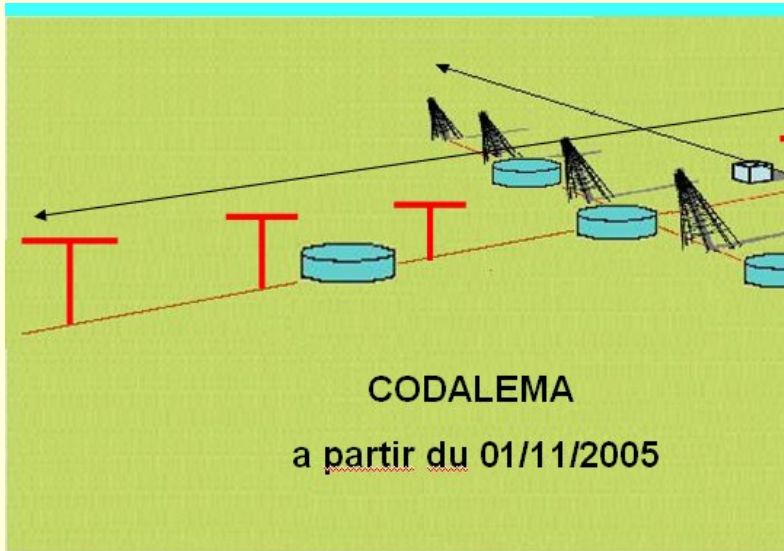
Lors du développement de la gerbe dans l'atmosphère, création d'un champ E

→ ondes radio

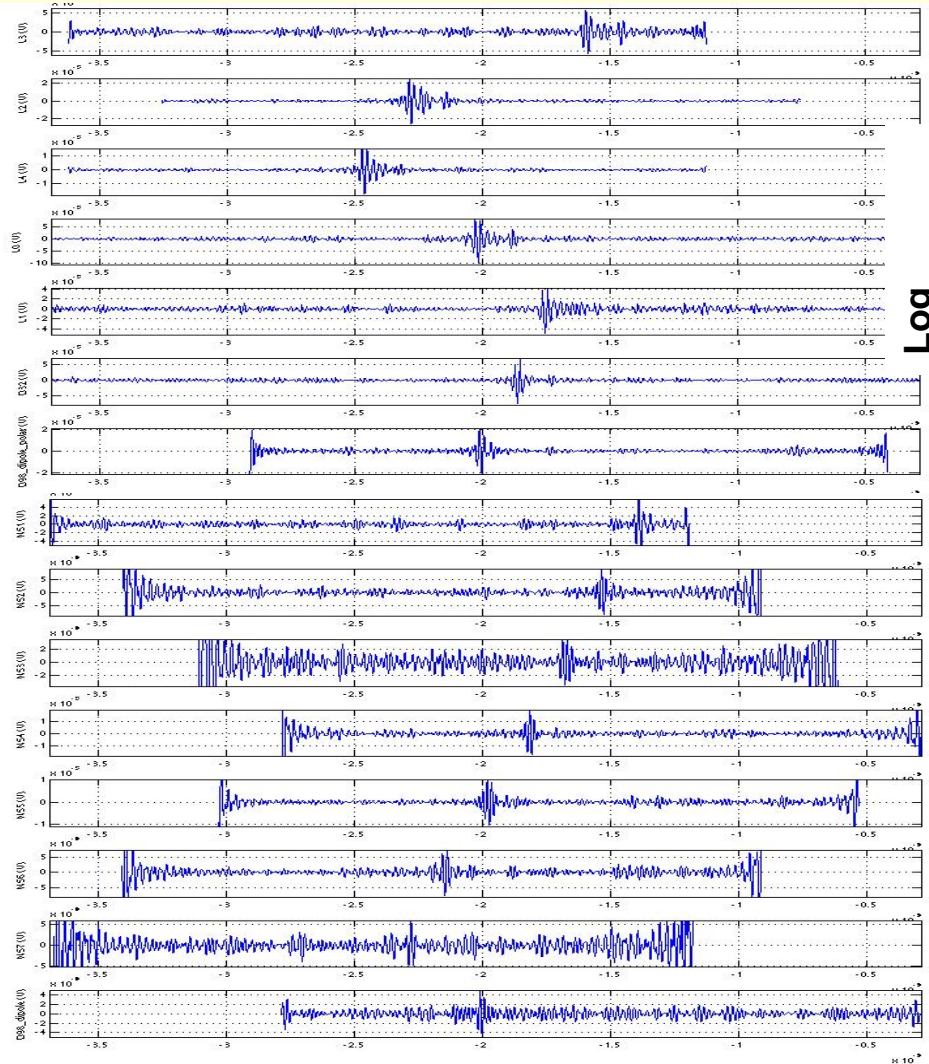
→ test à Nancy depuis 2001 pour valider concept (10^{17} eV) dans une bande passante propre 24-82 MHz

→ Proto installé dans Auger depuis Novembre 2006

Codalema



- ➔ Nouvelles antennes: 8 dipoles a
- ➔ Nouveau trigger: 5 scintillateurs
- ➔ Acquisition: Cartes MATAcq 12
T. SAUGRIN - Journé



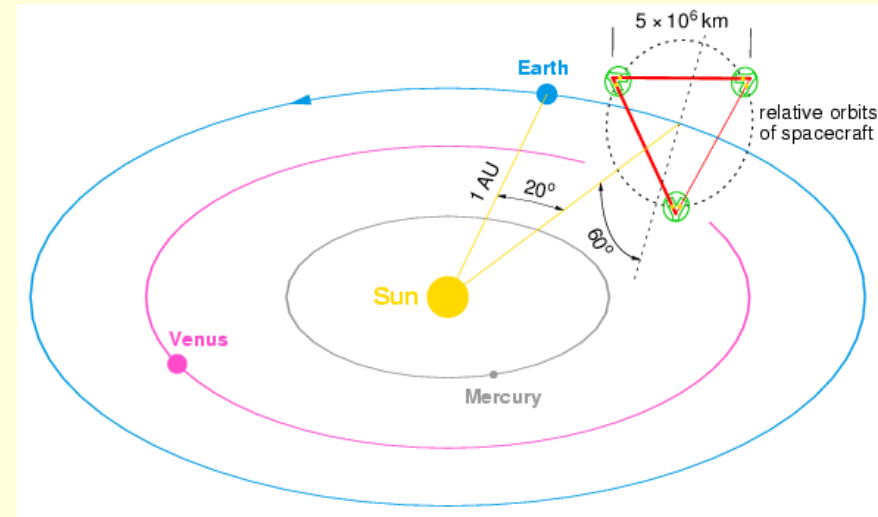
Log
antennas

Dipoles

Ondes gravitationnelles : Virgo → Advanced Virgo / LISA



Interféromètre dans l'espace : LISA (APC)



Virgo actuellement en prise de données communes avec Ligo mais toujours pas à performance nominale (surtout basse fréquence)

Virgo + : upgrade léger (laser + puissante, (binx4) système de contrôle) : 2008 ?

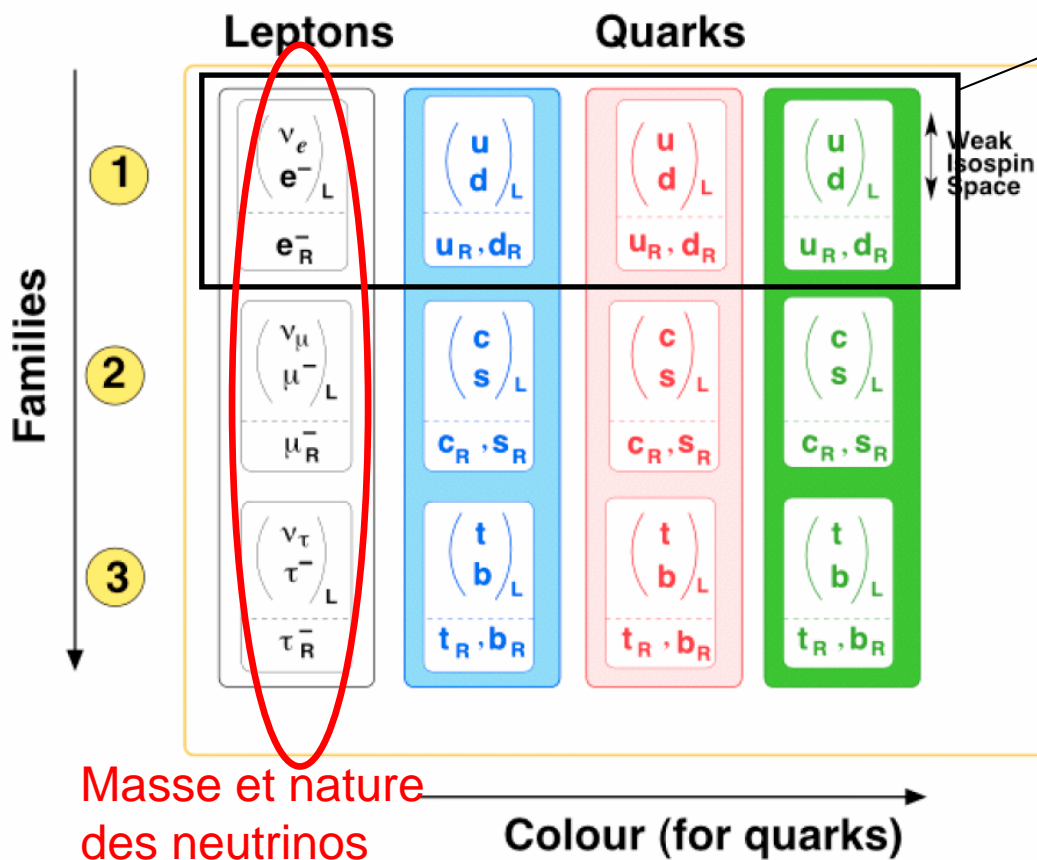
Advanced Virgo : R&D en cours, nouvelle (binx20) optique, bruit des miroirs > 2013

3^{ème} génération d'interféromètre : R&D suspension cryogénique

Gamme de fréquences < 0.1 Hz, physique différente Virgo
Stage R&D, bcp de problèmes à résoudre
Mission > 2015 si acceptée

Le modèle standard de la physique des particules

Comprendre comment **le mécanisme** qui a donné naissance aux **particules**, leur donne une **masse**, les fait **interagir**....



Matière ordinaire : proton, neutron
électron → atome

4 interactions fondamentales :

- Gravité
- Electromagnétique γ (photon)
- Interaction faible W,Z
- Interaction forte g (gluons)

Comment décrire ces interactions ?
Comment ont-elles évolué au cours du temps ?

Pourquoi un monde de matière ?

Mais aussi Le Higgs ?, des particules plus lourdes ?, interagissant très peu ?

Comment progresser dans la compréhension de ce modèle et au delà ?

Recherche directe :

-Aujourd'hui Hera terminé, Fermilab D0/CDF → 2009

- **Après demain le LHC : 2008 (!)**

(ATLAS/CMS)

-À l'horizon > 2015 :

-Upgrade du LHC avec plus de luminosité et donc modification de certains détecteurs et/ou électronique

- Un collisionneur e+e- à 500 GeV

Mesures de précision :

-Très basse énergie : moment dipolaire du neutron, (g-2) du muon...

- Expérience cible fixe avec des Kaons (NA48-2)

-Études des désintégrations des B, CP (Belle, Babar) → 2008, LHCb à partir de 2008

A l'horizon > 2015 :

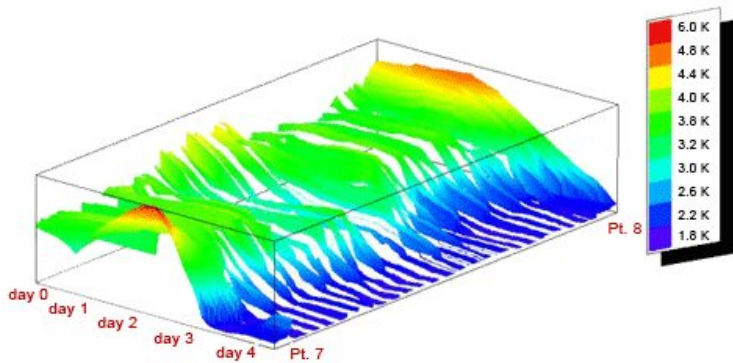
-Super usine à B (Japon/Frascati), une certaine synergie pour la machine avec ILC...

État du LHC

Les bonnes nouvelles !



Les ~1700 aimants dans le tunnel en place fin Avril 2007

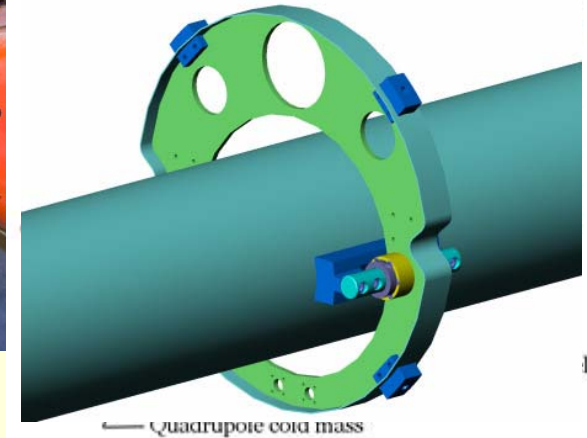


The magnet temperature profile along sector 7-8 during the cool down.

Un secteur (3.3 km) refroidi à 1.8 K (He superfluide) reste 7

Les moins bonnes

Probleme avec les triplets de quadrupoles

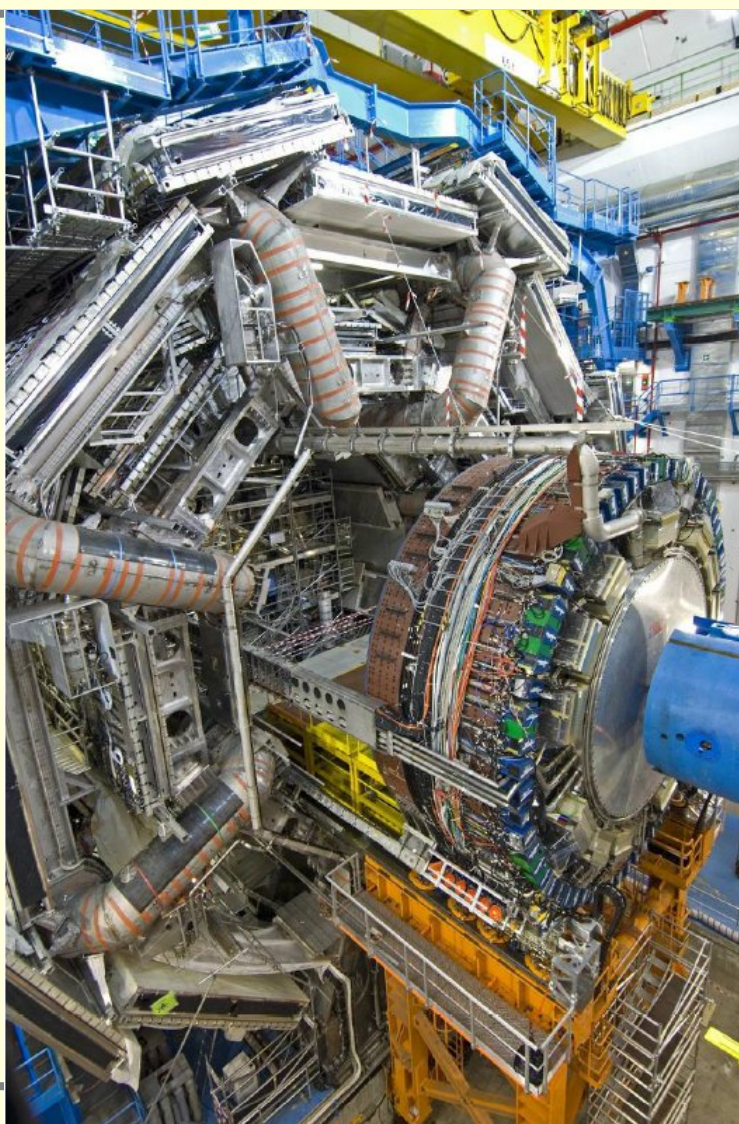


A priori réparation possible dans le tunnel mais raison supplémentaire de ne pas avoir de faisceau en 2007

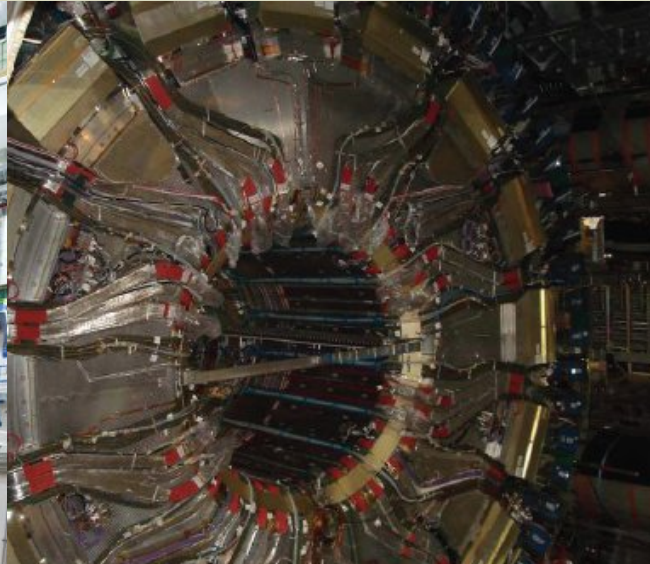
« all efforts will be made to maintain a physics run in 2008 as foreseen »

L. Evans , head of LHC project

État des expériences : ATLAS



Porquerolles



Essentiellement tous les détecteurs présents dans le puits, mais à « commisionner ». C'est souvent la que l'on découvre les problèmes :

- Beaucoup de problèmes d'alimentations pour l'électronique (calo EM, Hadronique, tuile, muons...)

→En voie de résolution

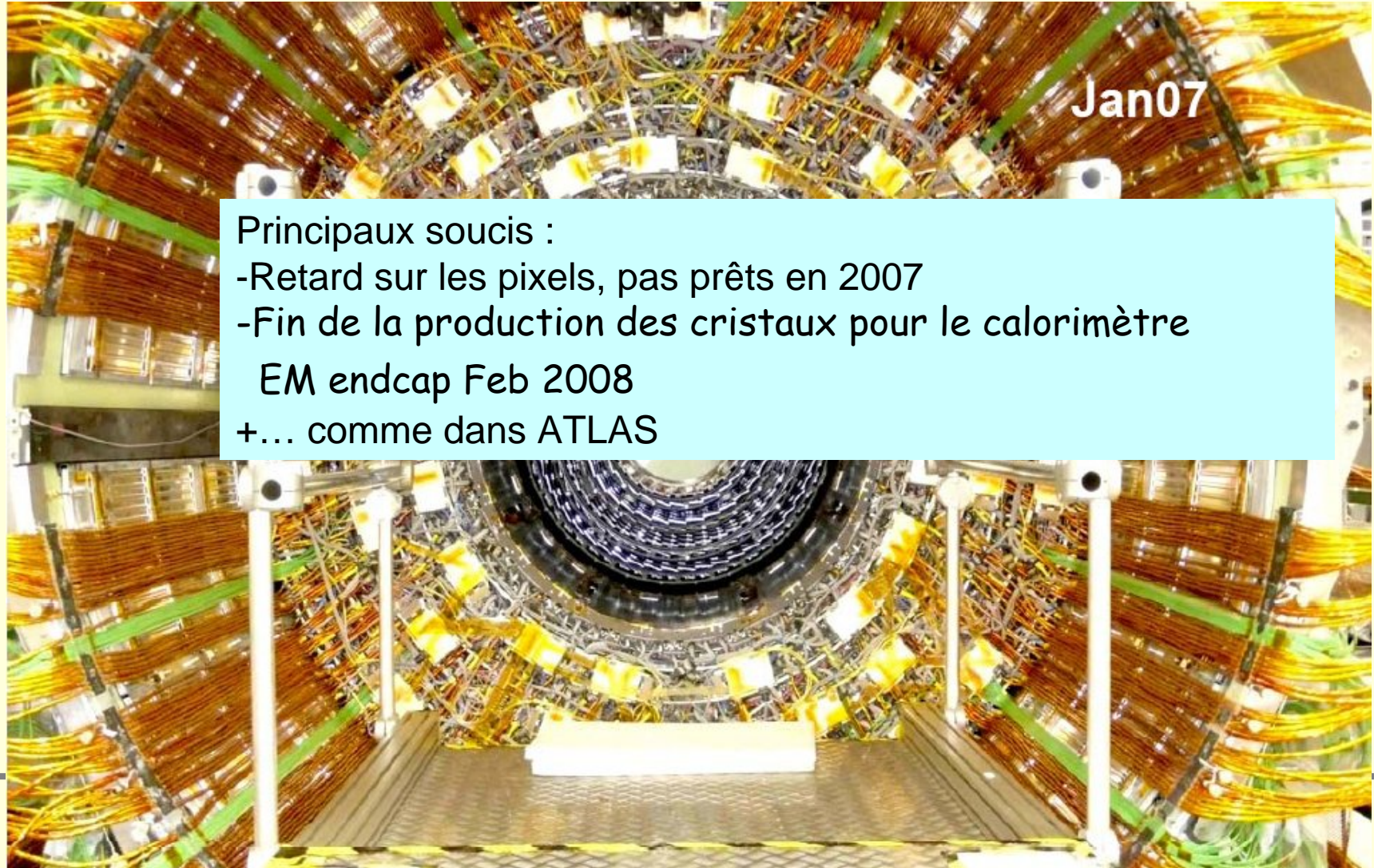
- Refroidissement du détecteur Si/pixel : pb méca.

Un détecteur complet, lu par le DAQ (?), compris (??) avec un trigger et un software opérationnels (???)

pour Avril 2008 : **clairement challenging....**

État des expériences : CMS

Stratégie d'installation différente par tranche : câblage/test en surface



Principaux soucis :

- Retard sur les pixels, pas prêts en 2007
 - Fin de la production des cristaux pour le calorimètre EM endcap Feb 2008
- +... comme dans ATLAS

Exemple : Higgs dans ATLAS

tous les détecteurs sont sollicités

Identification de τ

Identification de b

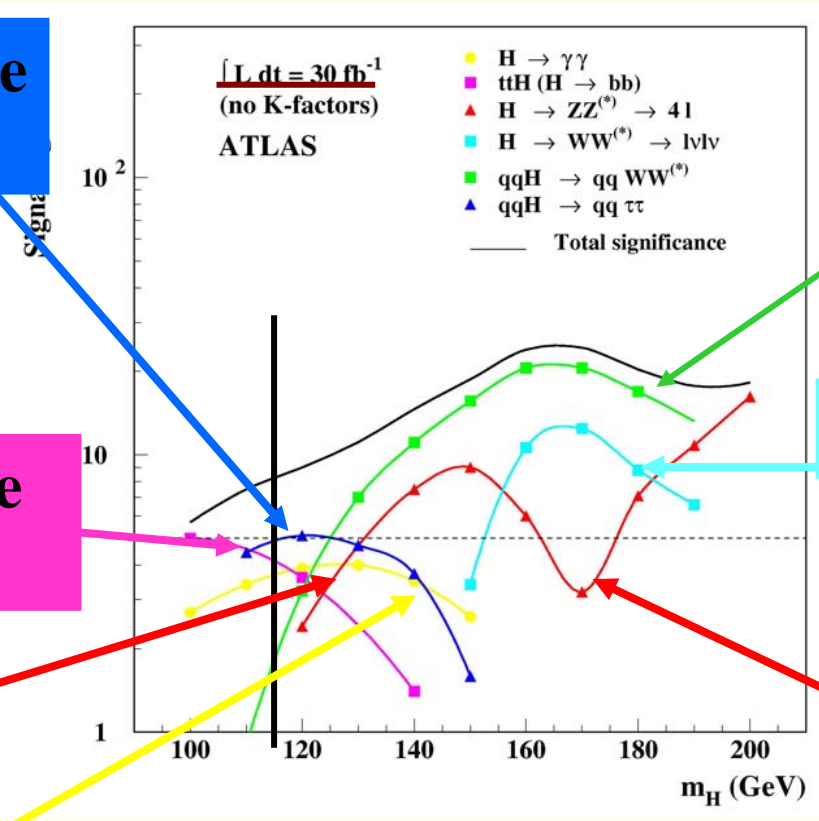
Électron

Photon

Jets + veto

Energie manquante

Muon

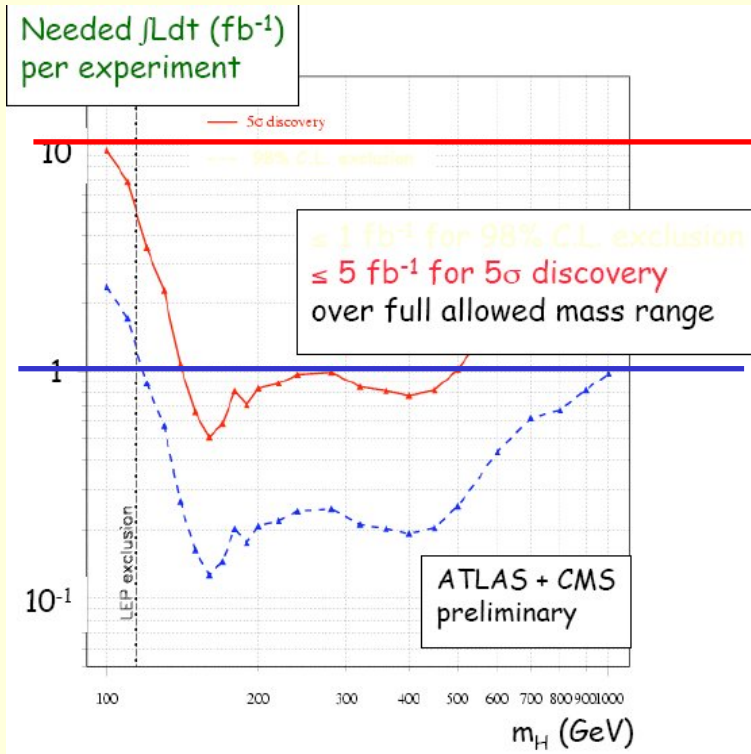


Tout le domaine de masse est couvert, plusieurs canaux possibles (redondance) **mais performances de tous les détecteurs cruciales dans ATLAS et CMS !**

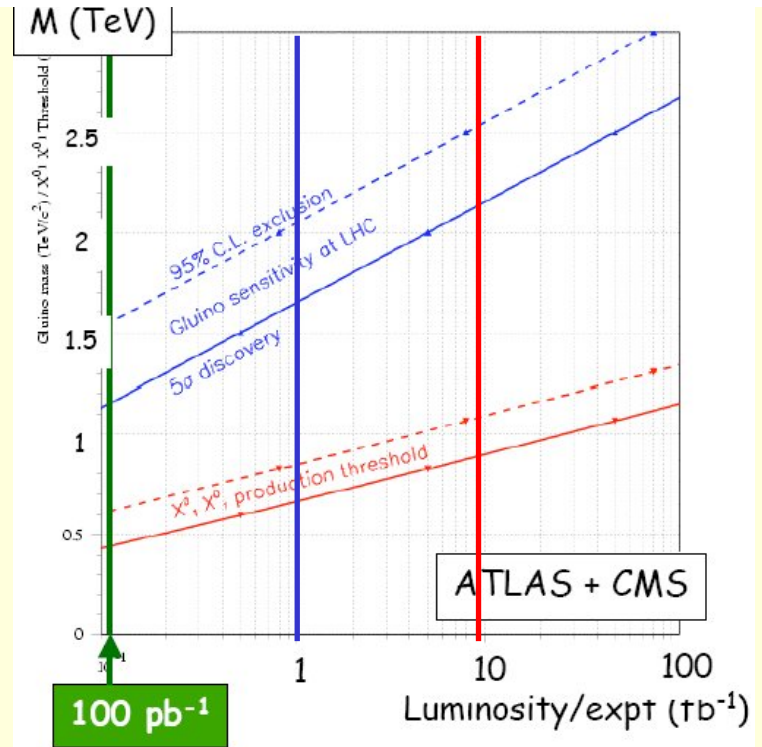
Objectif majeur des deux expériences

Hyp (optimiste) : Démarrage en 2008, qqs fb^{-1} , dont 1 exploitable, 2009 10 fb^{-1} , et jusqu'à 100 fb^{-1} /an au fonctionnement nominal ...

Recherche et découverte du Higgs



Recherche et découverte nouvelle particules



Petit rappel : $N(\text{events}) = L \times \sigma$, L est la luminosité de la machine avec 1 fb^{-1} , 1000 fois plus d'événements qu'avec 1 pb^{-1}

Vers un Super LHC après 5-6 ans de fonctionnement de LHC ~2016

Motivation : « rentabiliser » un investissement

Accroître la statistique : permet d'étudier mieux les propriétés du Higgs
Amélioration de ~20 % sur le domaine de masse couverte pour des nouvelles particules (Mais le plus serait d'augmenter l'énergie !)

L'objectif est un facteur 10 sur la luminosité

Contraintes : Sur la machine, quelques éléments à changer (quadrupoles de focalisation, collimateurs...).

Interaction tous les 50 ns probablement et pas 25 ns

Augmentation de la luminosité essentiellement en x 3 le nombre de protons / faisceau

→ 400 collisions / croisement contre 20 au LHC

radiations : 10^{16} neutrons/cm² et plusieurs 100^{aines} de Mrad
au niveau du détecteur de vertex 5cm

→ certains détecteurs clairement à changer

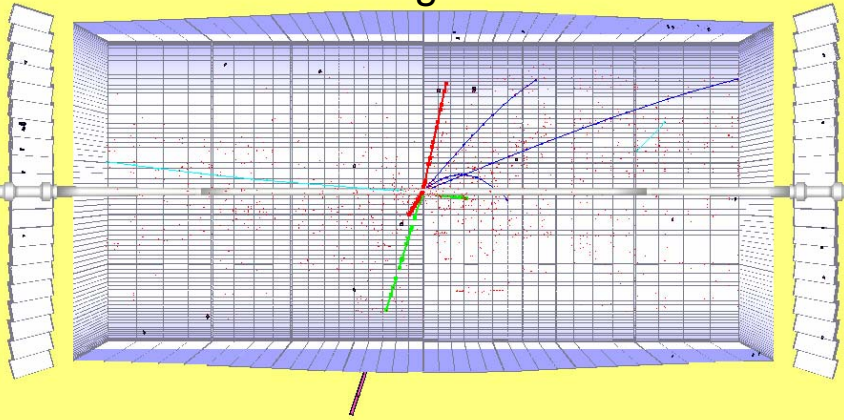
→ Pour d'autre uniquement changement de l'électronique
(de toute façon peut être déjà obsolète avant !)

→ un réel défi pour le système de trigger

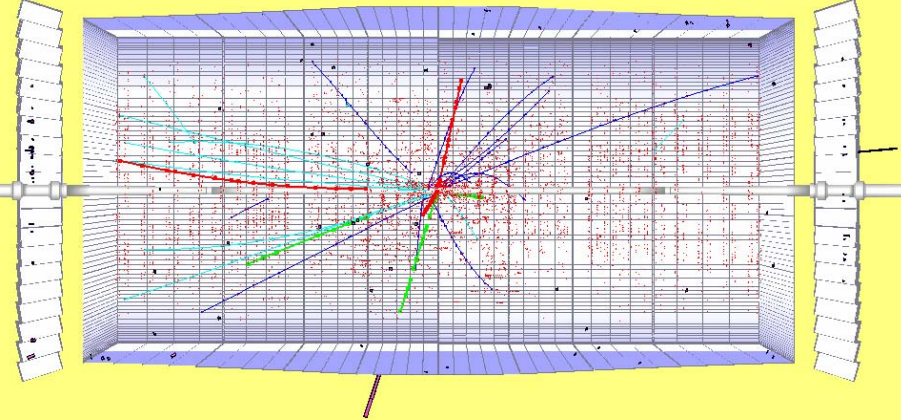
R&Ds commencent lentement (d'abord faire fonctionner ce qui existe au LHC !!!)

Un événement Higgs $\rightarrow 2 e \pm 2 \mu \pm$ du LHC au SLHC (pt > 1GeV)

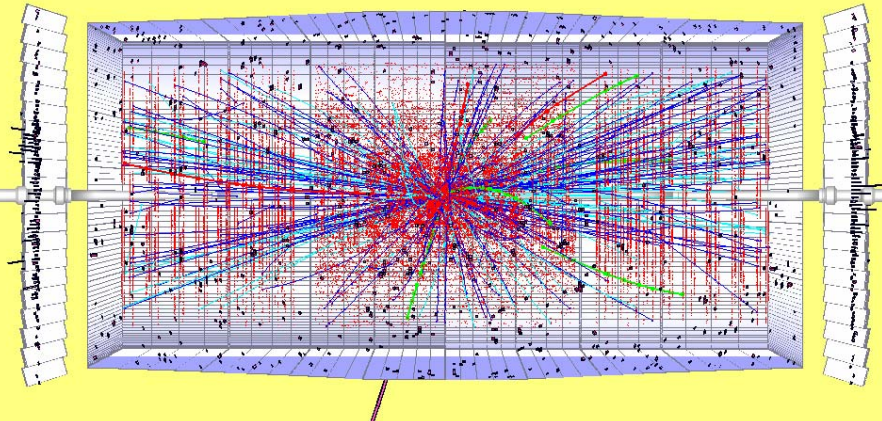
Au démarrage du LHC



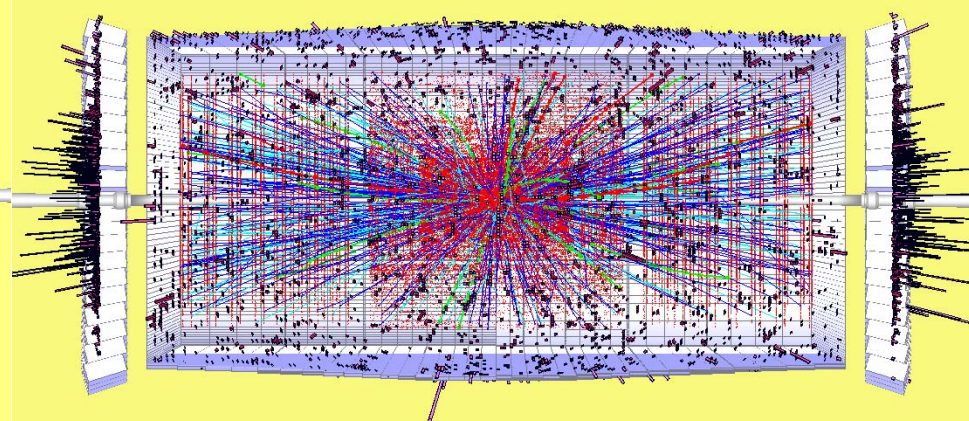
Les années à 10 fb⁻¹



Les années à 100 fb⁻¹



Le Super LHC !



Exemple de l'impact sur le détecteur pour ATLAS : détecteur interne (1)

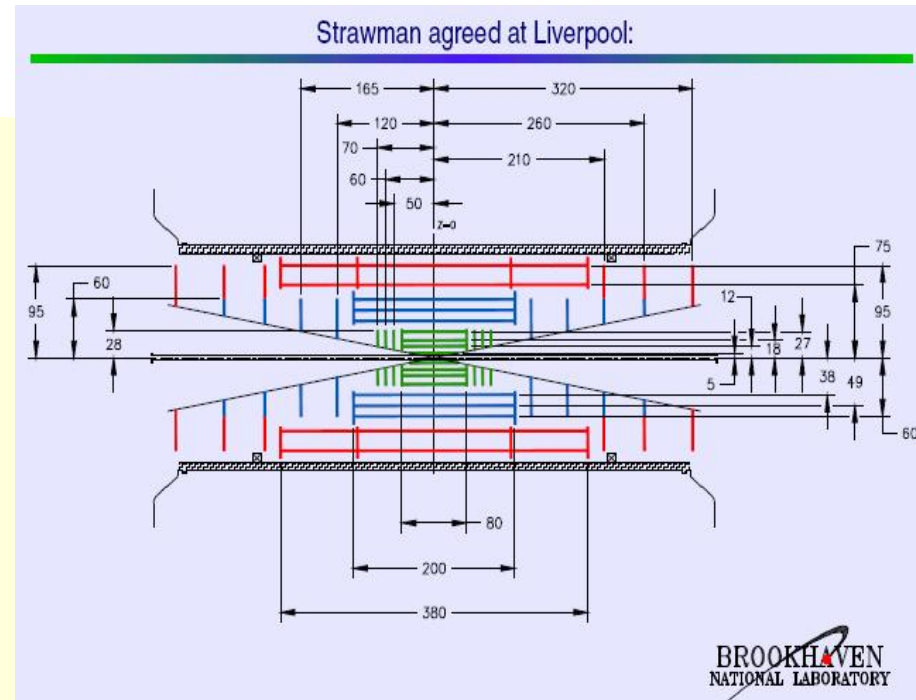
TRD/pailles (occupation trop grande), Si strips (irradiation et taux trop grand).
Pixel layers : couche b (petit rayon) déjà à renouvelé pendant le fonctionnement du LHC et les autres couches endommagés

→ **Totalement à refaire !!!**

- 4 couches de pixels
- 3 couches de Si avec des strips courtes à rayon intermédiaires
- 2 couches de strips longues à grand rayon

~similaire pour CMS, mais mécanique déjà plus adaptée

Challenge sur la quantité de matière



R&D sur les capteurs/tenu aux radiations et sur l'électronique associée (Capteurs CMOS/MAPS comme sur ILC, SOI (silicon on insulator) Pixels sensors 3D integrated circuits ou circuits hybrides) → grand besoin en μ électronique

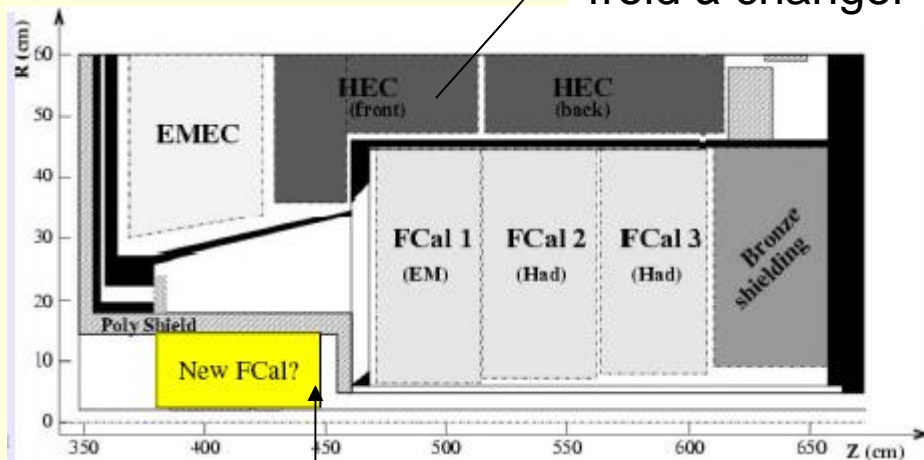
Exemple de l'impact sur le détecteur : calorimètres

Calorimètre central ATLAS et CMS (EM/Had) peuvent être ok mais au moins pour ATLAS électronique sera obsolète (peu de rechange) et pas optimal (shaping time, trigger avec L1 digital plus intelligent, sinon on doit monter tous les seuils)

ATLAS bouchon

Préampli AsGa dans le froid à changer

CMS bouchon :



Pourrait fonctionner avec performances dégradées (transparence des cristaux...) Hadronique à petit rayon pas capable de tenir le niveau de radiation (shielding)

Densité d'énergie trop grande, risque de voir bouillir l'argon !
Autre technologie, protection....

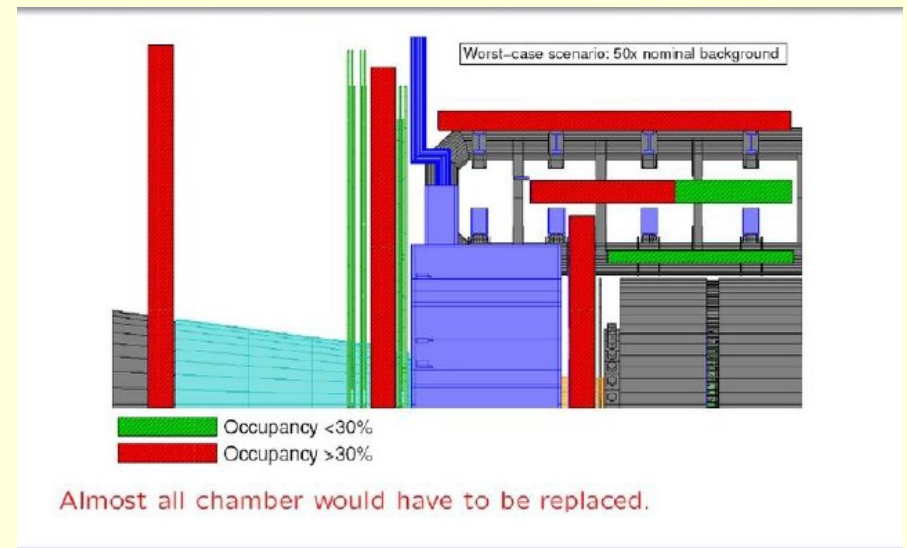
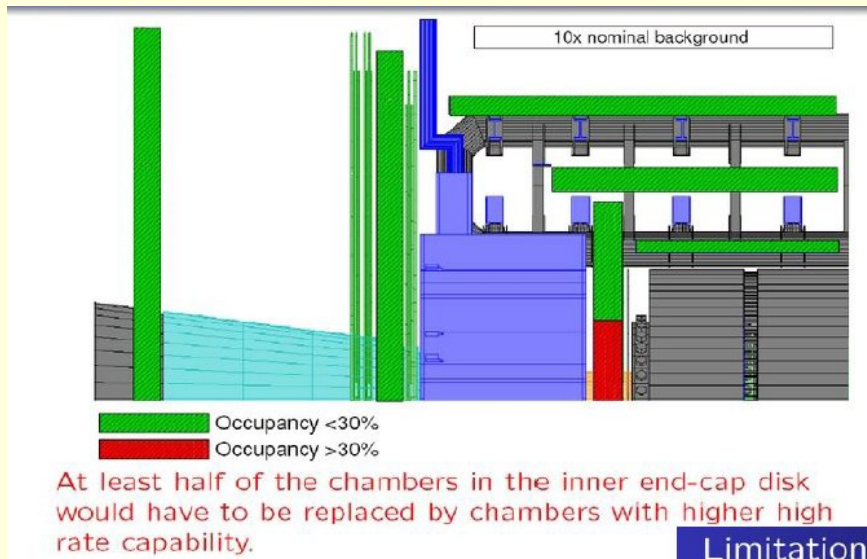
➔ Plus simple dans CMS car pas de cryostat. Pour ATLAS l'opération demanderait ~3 ans

Exemple de l'impact sur le détecteur de muons

CMS : détecteurs (RPC/CSC et tube à dérive) + électronique lecture ok pour SLHC
électronique trigger muon à refaire (FPGA). Etude à petit rayon pas faite

ATLAS : clairement une partie des détecteurs à changer que ce soit les MDT
(lecture) ou les TGC pour le trigger (→Micromegas, GEM...)

Bruit pas bien connu (x5), tube faisceau



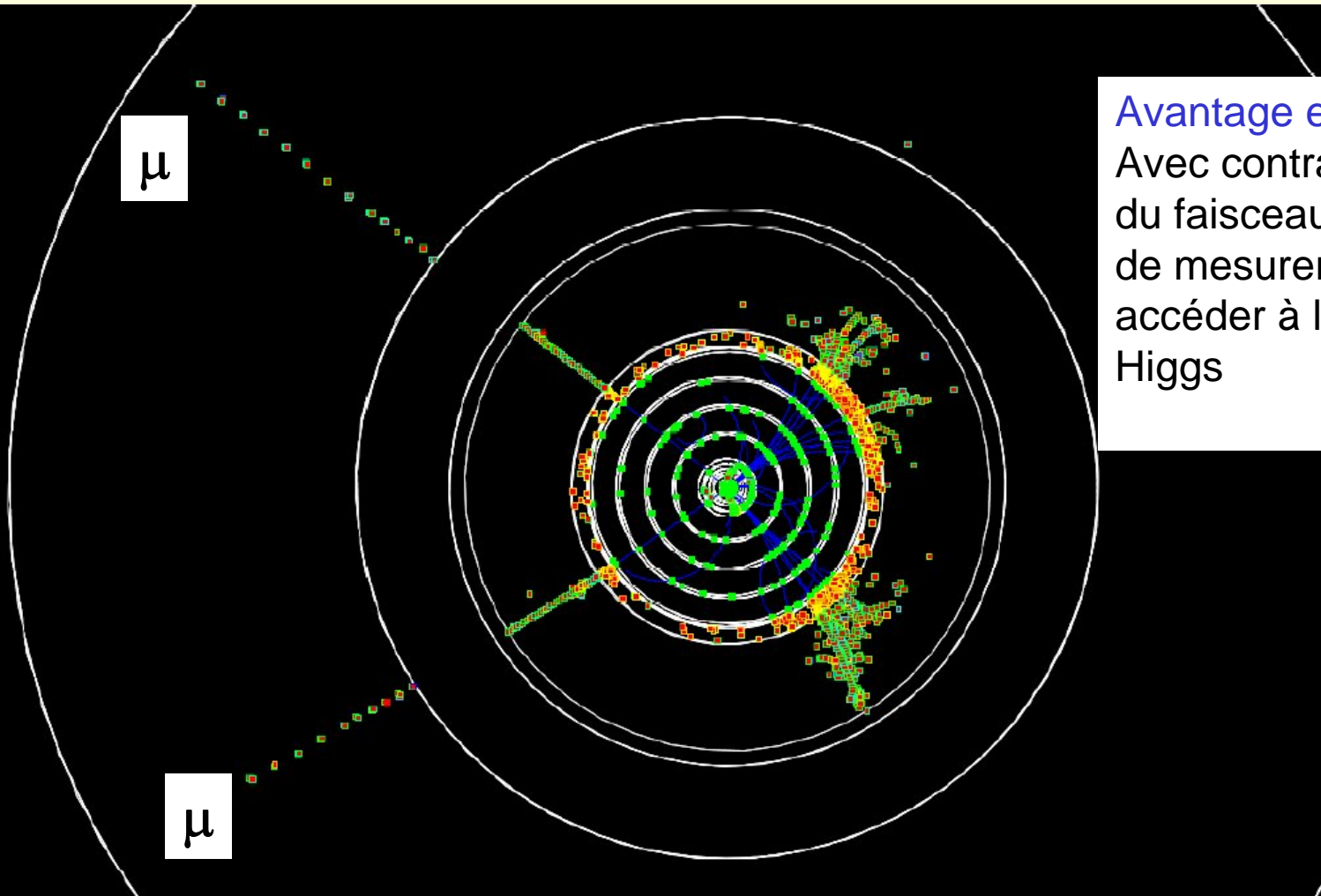
Vers un collisionneur linéaire e+e- à 500 GeV

- Pourquoi :**
- Il faut étudier les désintégrations du Higgs avec précision : insuffisant au LHC/SLHC, voire impossible dans certains canaux (faire comme LEP a fait avec le Z)
 - Si il existe une nouvelle physique au delà du Modèle Standard (supersymétrie), on sait que LHC/SLHC ne peut pas voir toutes les nouvelles particules

- Avantage e+e- :** particules élémentaires,
- état final simple → Mesure de précision dans tous les canaux
 - peu d'interactions → pas besoin de trigger
 - Toute l'énergie du faisceau utilisé
par exemple $E(\text{faisceau}) = m/2$ et scan de la résonance.
 - **plus possible un anneau de collision car énergie perdue par rayonnement de freinage trop grand.**

« Concept Design Review » de la machine existe.
Actuellement en cours définition physique / détecteurs

$$e^+e^- \rightarrow ZH \rightarrow \mu^+\mu^-X$$



Avantage e^+e^- :
Avec contrainte énergie
du faisceau, il suffit
de mesurer les 2 μ pour
accéder à la masse du
Higgs

ILC

Option actuelle : 2 détecteurs en « push/pull »

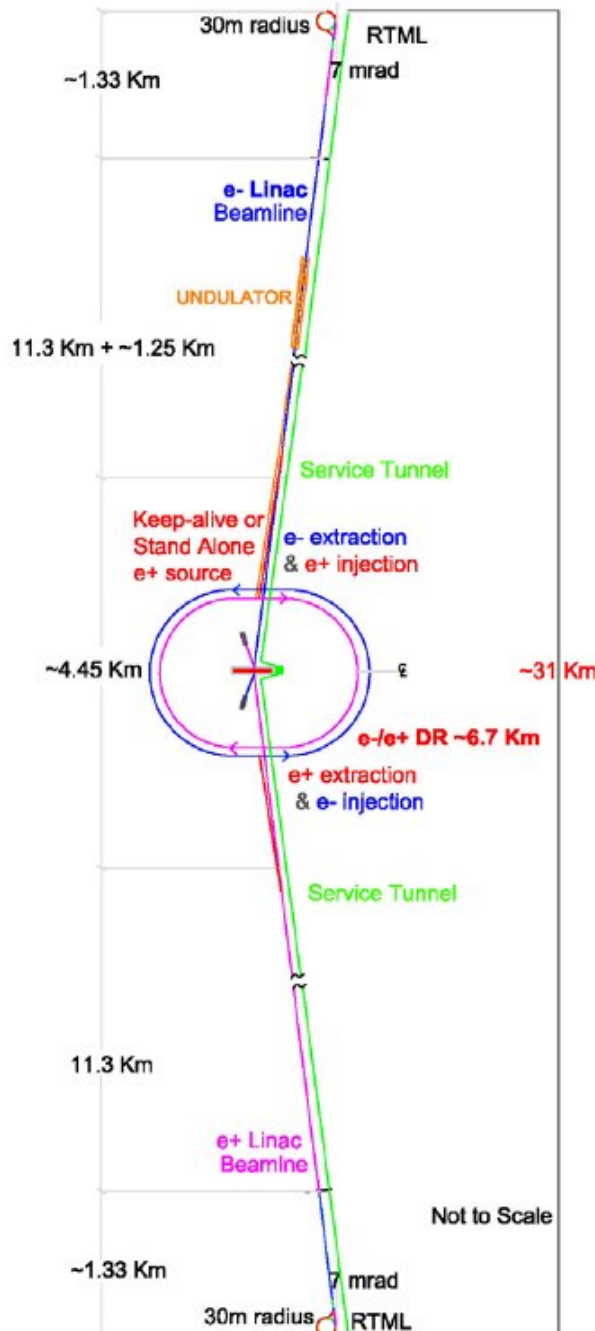
Faisceau de taille nanométrique (640x5.7 nm) et fort Courant → Luminosité $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Croisement à angle.

Bruit de fond machine du au rayonnement synchrotron à petit rayon (γ)

Collision toutes les 308 ns pendant $\sim 900 \mu\text{s}$ toutes les $\sim 199 \text{ ms}$

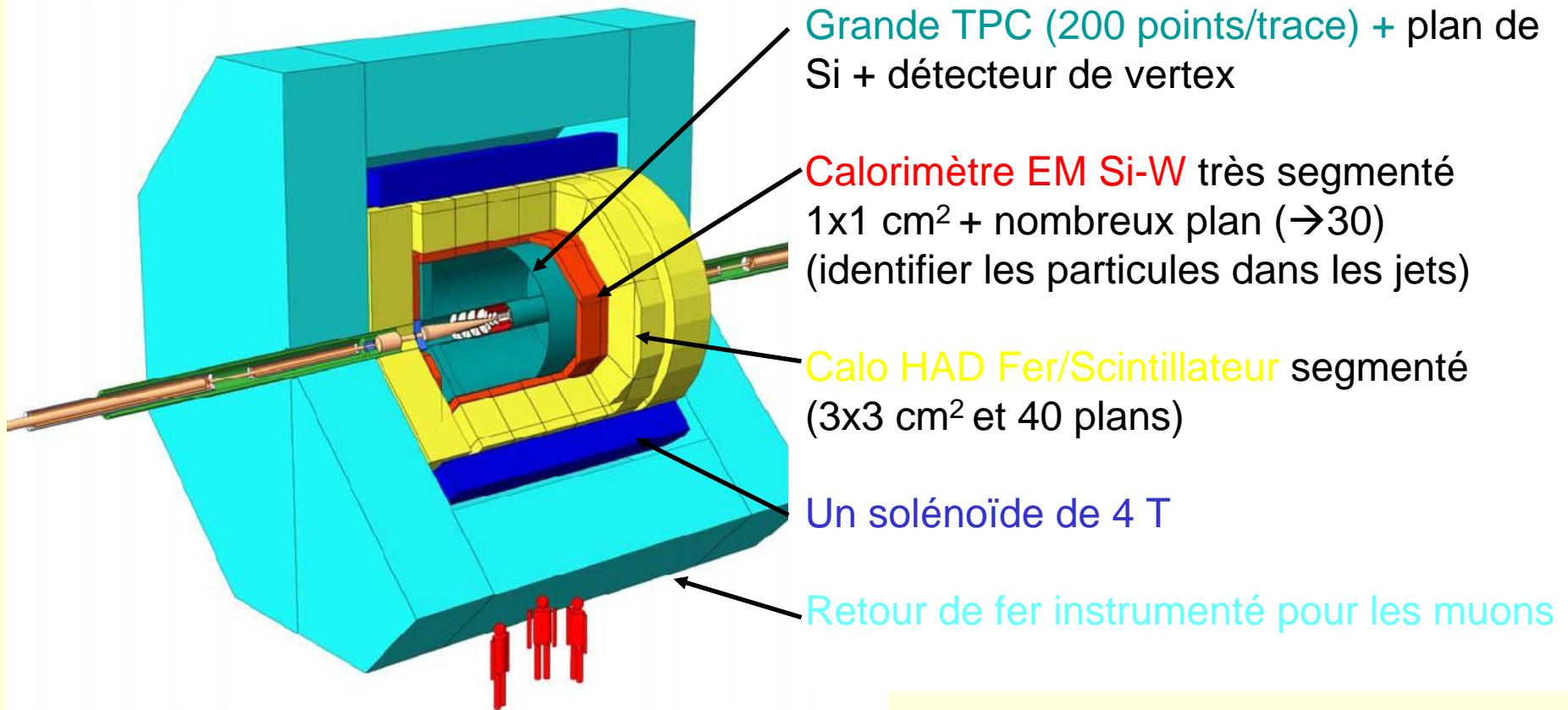
Décision en 2010 pour démarrer la construction (consensus mondial sur son utilité mais budget/site à trouver). Opérationnel en > 2015 .



4 projets de détecteurs en cours d'étude : LDC (~plutôt Europe)

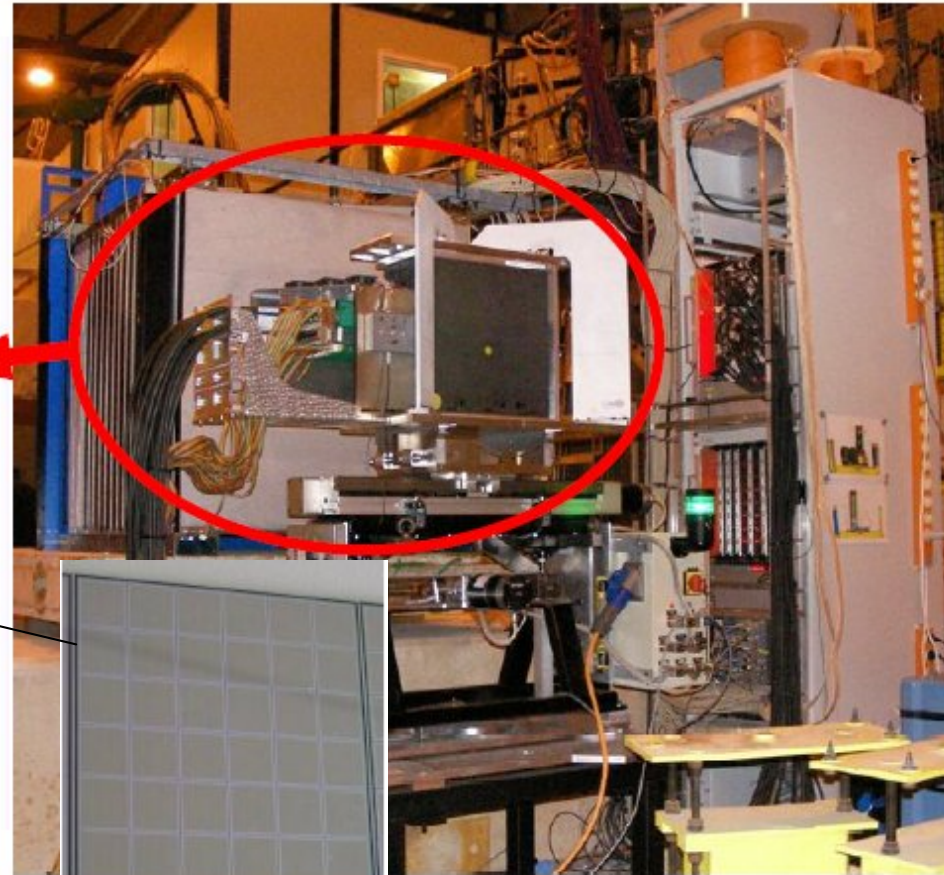
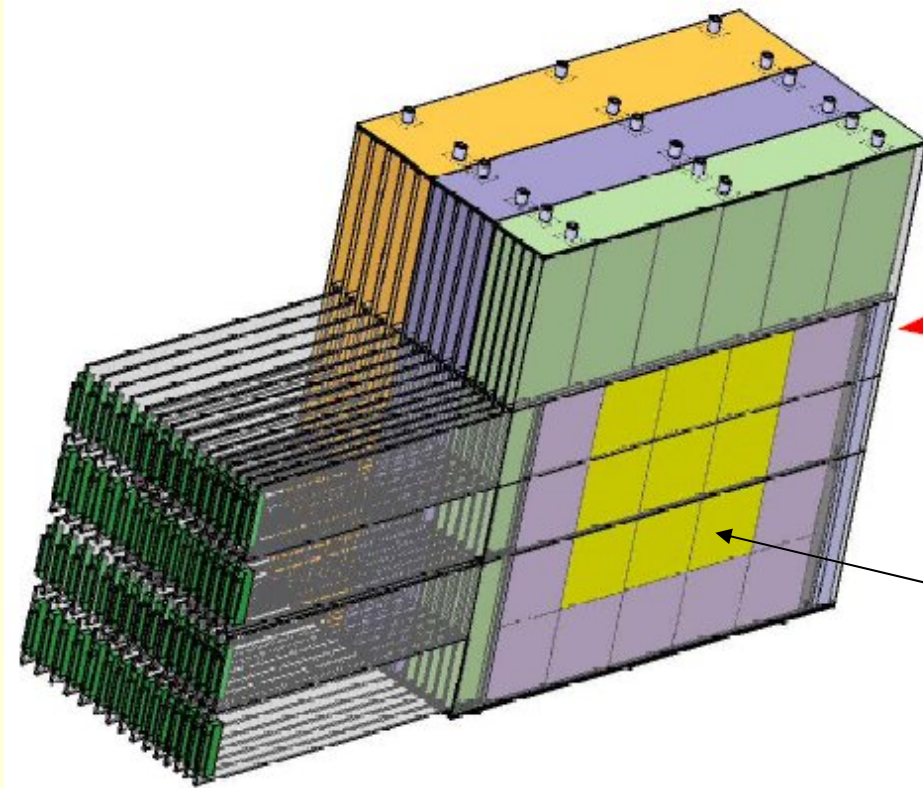
forte implication française (IPHC/LAL/LLR/LPC/LPSC/LPNHE/DAPNIA) dans ~ tous les sous détecteurs

Systeme de trace précis et redondant + reconstruction de flux d'énergie



10⁹ canaux d'électronique, DAQ sans trigger. Majorité des détecteurs avec proto existant

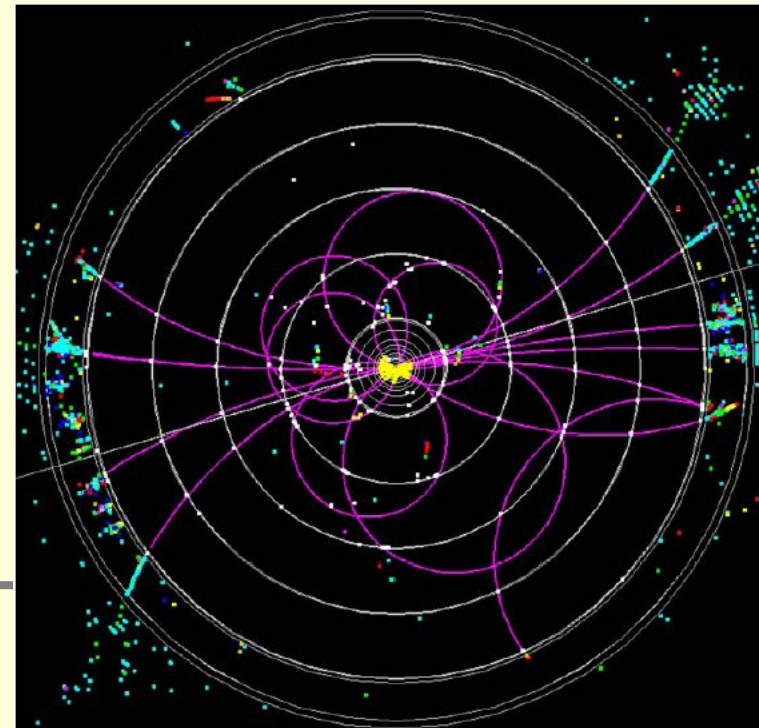
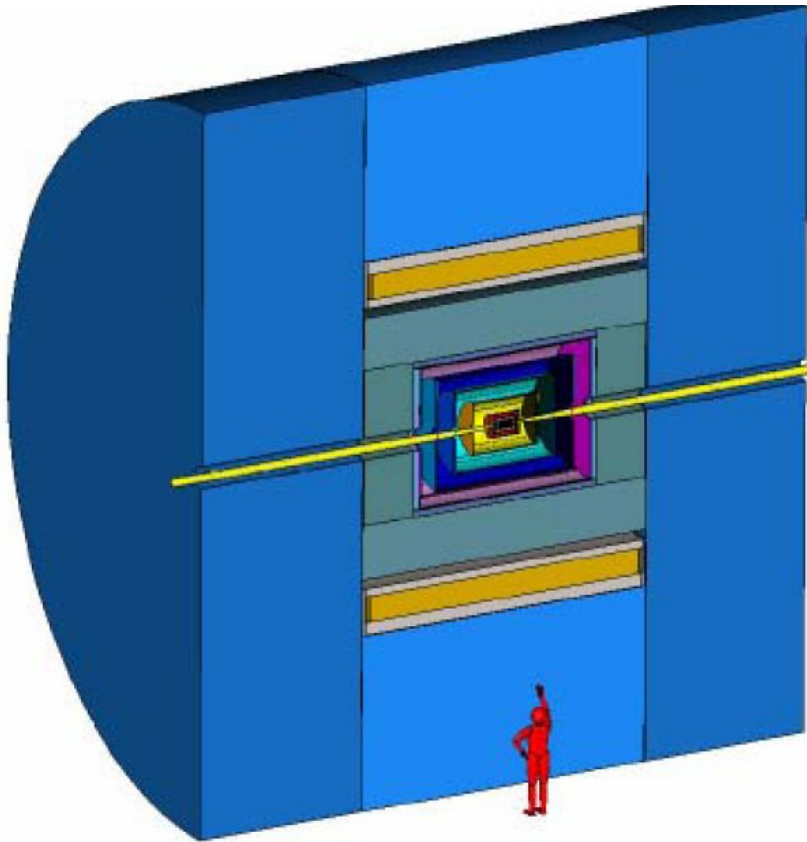
Description of the Si-W ECAL Prototype Module



4 projets de détecteurs en cours d'étude : SiD (LAPP/LPNHE) ~plutôt US

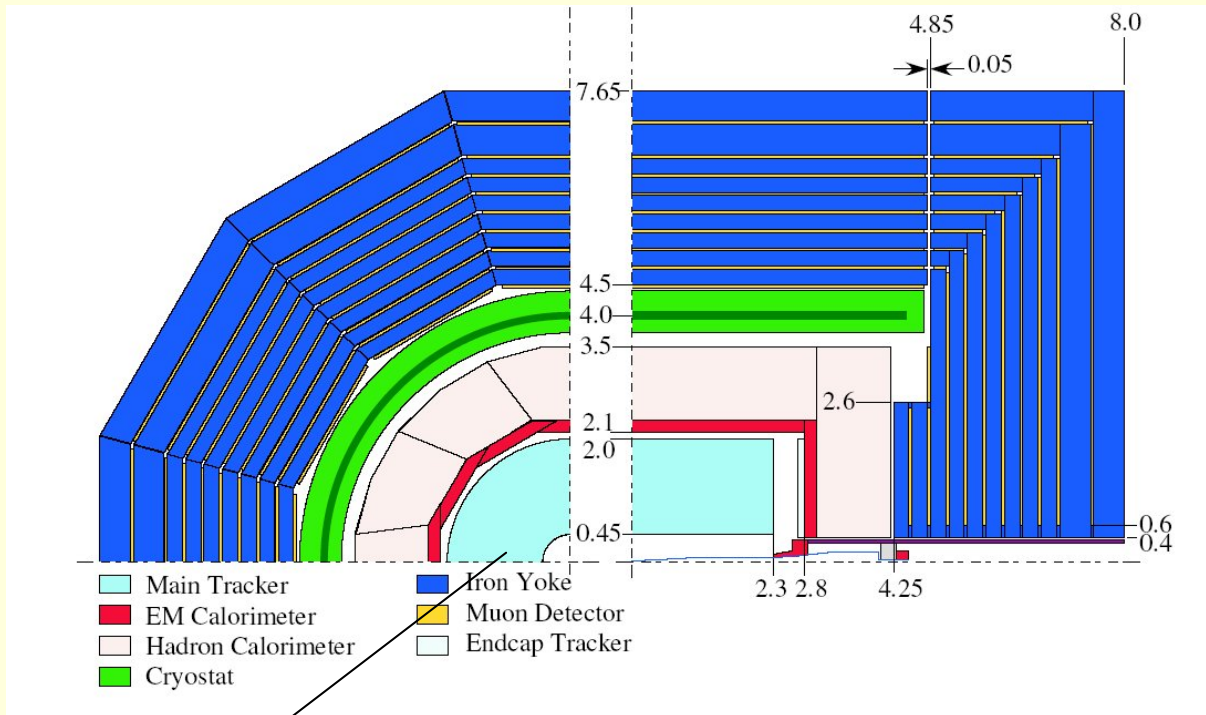
Différence majeure avec LDC sur le détecteur de trace pure Si, donc moins de points/trace (calorimètre participe au tracking). X_0 devant le calorimètre à maîtriser
Si-W pour EM, Fe/RPC pour hadronique

B=5 Tesla



4 projets de détecteurs en cours d'étude : GLD (majoritairement Japon)

Stratégie très similaire à LDC avec 3 Tesla : redondance + énergie flux



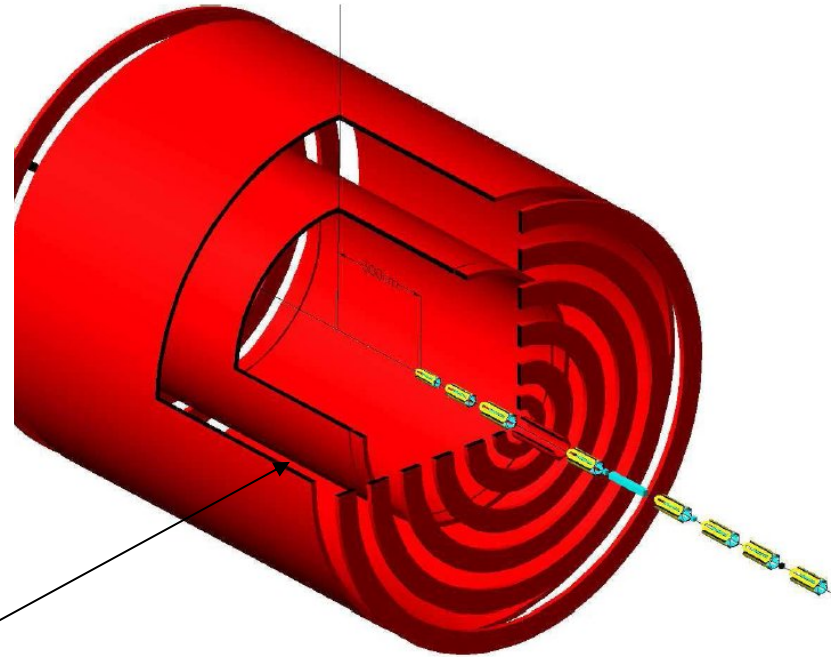
Calo EM : W + strips de Scintillateurs (considération de coût / Si)
Calo Had : Pb/scintillateur

TPC avec Si à petit rayon + vertex détecteur (pixel CCD)

4 projets de détecteurs en cours d'étude : 4th concept (dapnia)

Concept résolument différent :

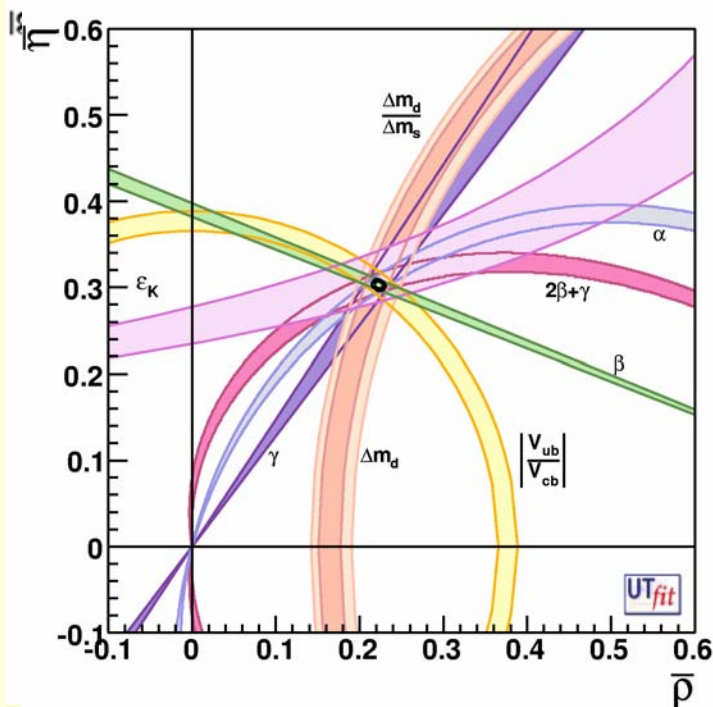
- Ne repose pas sur la reconstruction du flux d'énergie pour les jets, Privilégie résolution intrinsèque/granularité lecture double scintillation et lumière cerenkov (f_{em}) avec fibres scintillants et quartz dans Cu (Wigmans et al)
- TPC + pixels, pas de plan de si dans un champ de 3.5 T comme le calo
- Système à deux solénoïdes sans retour de Fer pour mesurer les muons avec des tubes à dérives à la ATLAS



Modèle standard et mesures de précision avec les quarks b

Actuellement Belle et BaBar (SLAC) en fonctionnement → 2008 (+un peu CDF/D0)
Mesure de la violation de CP (~mesurer 3 angles α, β, γ) dans les désintégrations de B_d
recherche désintégrations rares ou interdites dans le modèle standard ($\sim 10^{-10}$)

Bon accord Modèle standard
Zone autorisée de paramètres

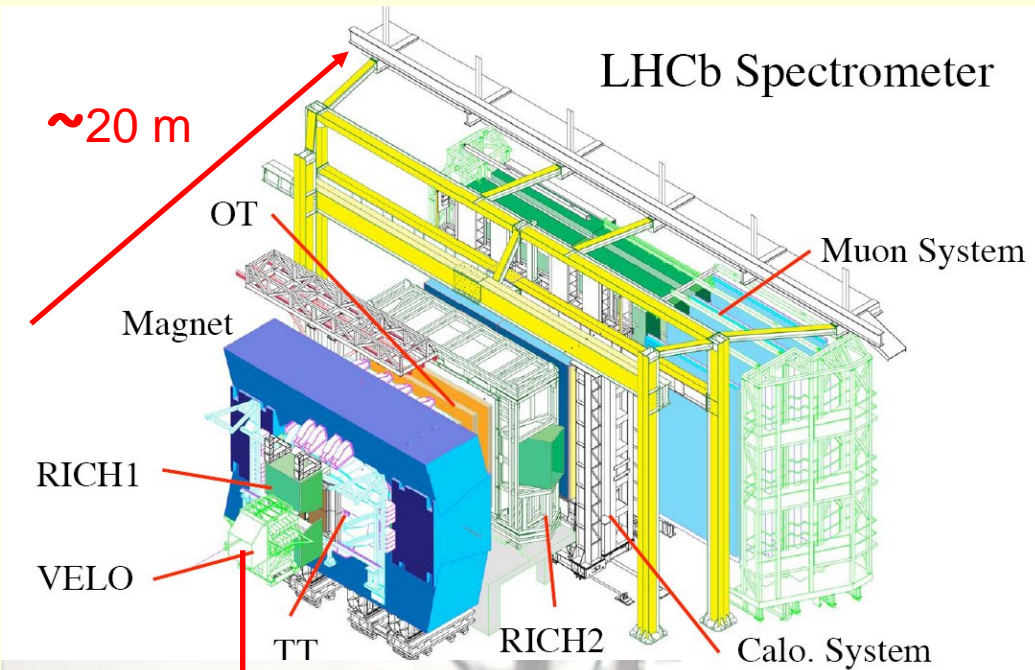


Deux axes possibles :

-Regarder la cohérence dans le domaine des désintégrations de B_s , (pas produit à Babar/Belle) → LHCb

-Améliorer la précision par un facteur x 10 :
→ Super Usine à B

LHCb : excellent trigger sur muons, bon sur électrons/hadrons



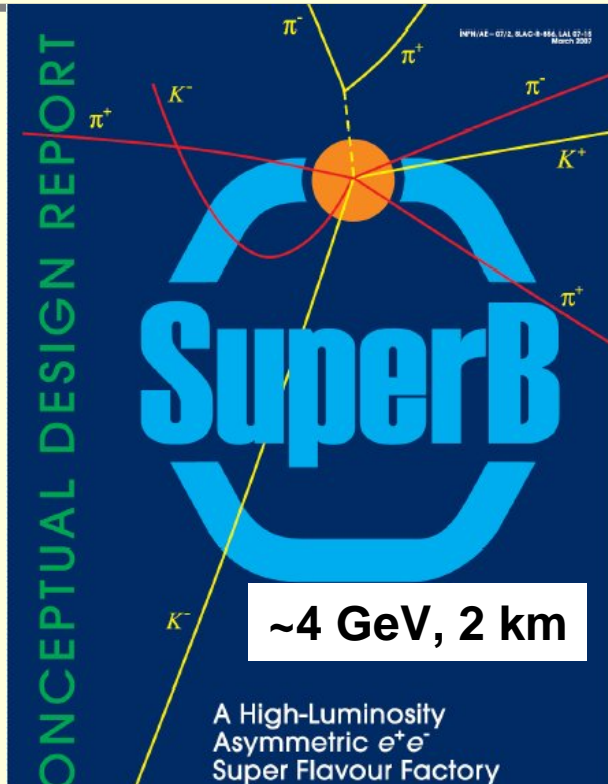
21 VELO modules + 2 pile-up sensors



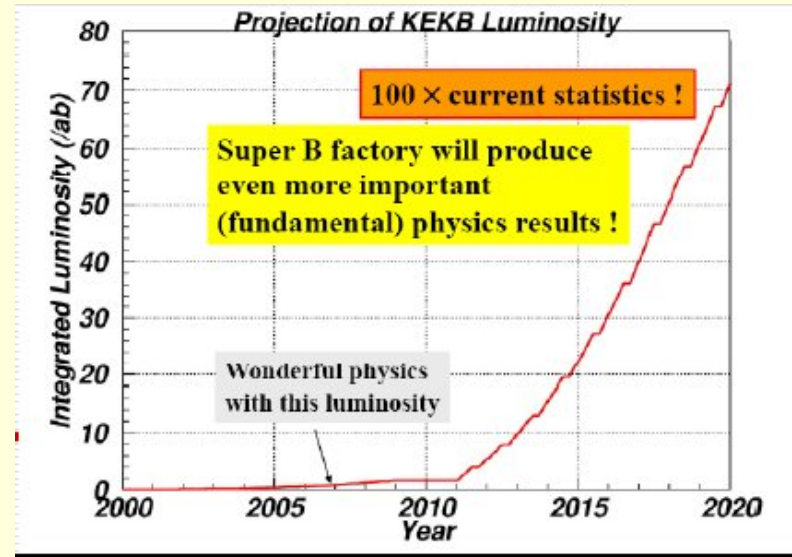
Planning à priori ok pour l'ensemble du détecteur
Comme les autres exp LHC, petits soucis à résoudre/comprendre :

- problème avec faisceau fort courant/refroidissement
- Vieillesse sous irradiation du tracker (à priori récupérable à 40 °C en faisant circuler le gaz)

Super Usine à B : Frascati (nouvelle machine) / KEK (upgrade)



e+e- à très grande luminosité, peut profiter des développements pour ILC

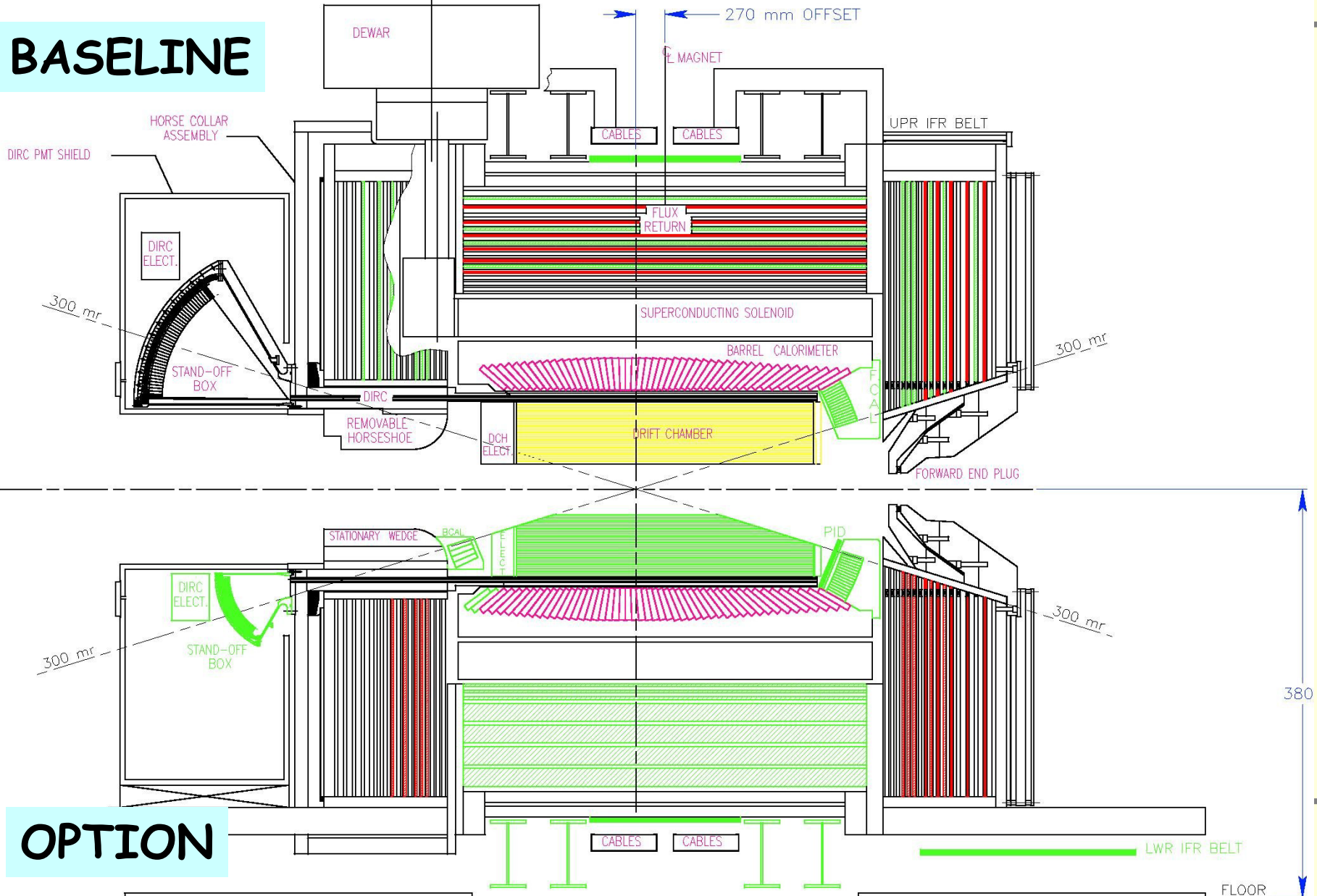


1 ou 2 machines : choix fortement politique \leftrightarrow ILC....



Détecteur : très semblable à BaBar mais avec bruit (γ) x 10/20

BASELINE



Détecteur : très semblable à BaBar mais avec bruit (γ) x 10/20

Une partie des détecteurs de Belle réutilisé :

-Nouveau détecteur de vertex : CMOS/MAPS à la ILC

-Chambre à dérive : vieillissement dans Babar

- DIRC : Barres de quartz conservé mais il faut réduire le volume du réservoir (bruit de fond) et être plus rapide : focalisation et plus petit pixels (MaPMT) et détecteur rapide de photon (Babar resolution 1.7 ns \rightarrow 0.15 ns pour une mesure de la couleur des photons ! et amélioration du PID par 20/30 %)

PID à l'avant ?

-Calorimètre : Celui de Babar ok pour la partir centrale mais pb radiation à l'avant, cristal LSO prometteur

-Détection des muons : plutôt détecteur à scintillateurs que gaz du au haut taux d'évènements..

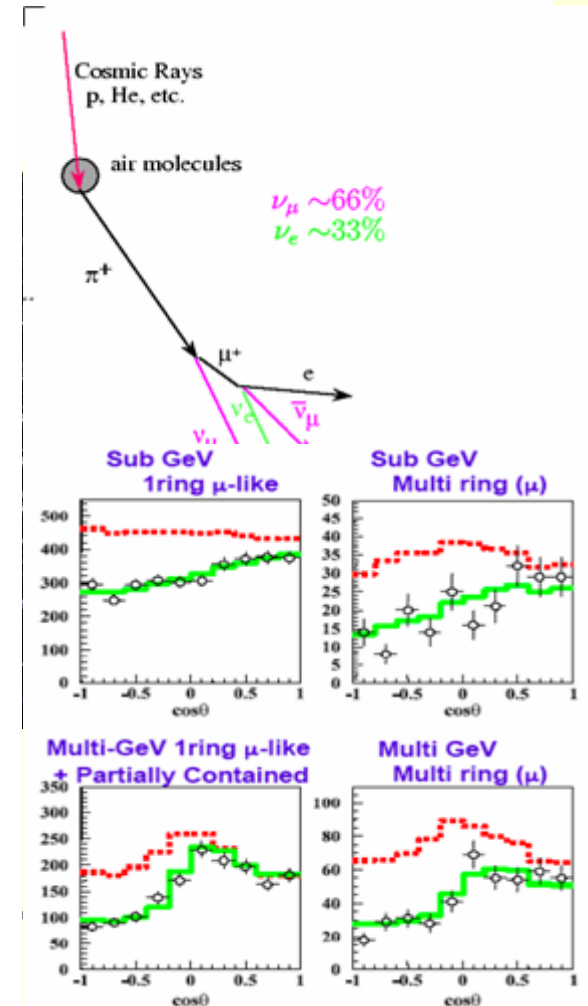
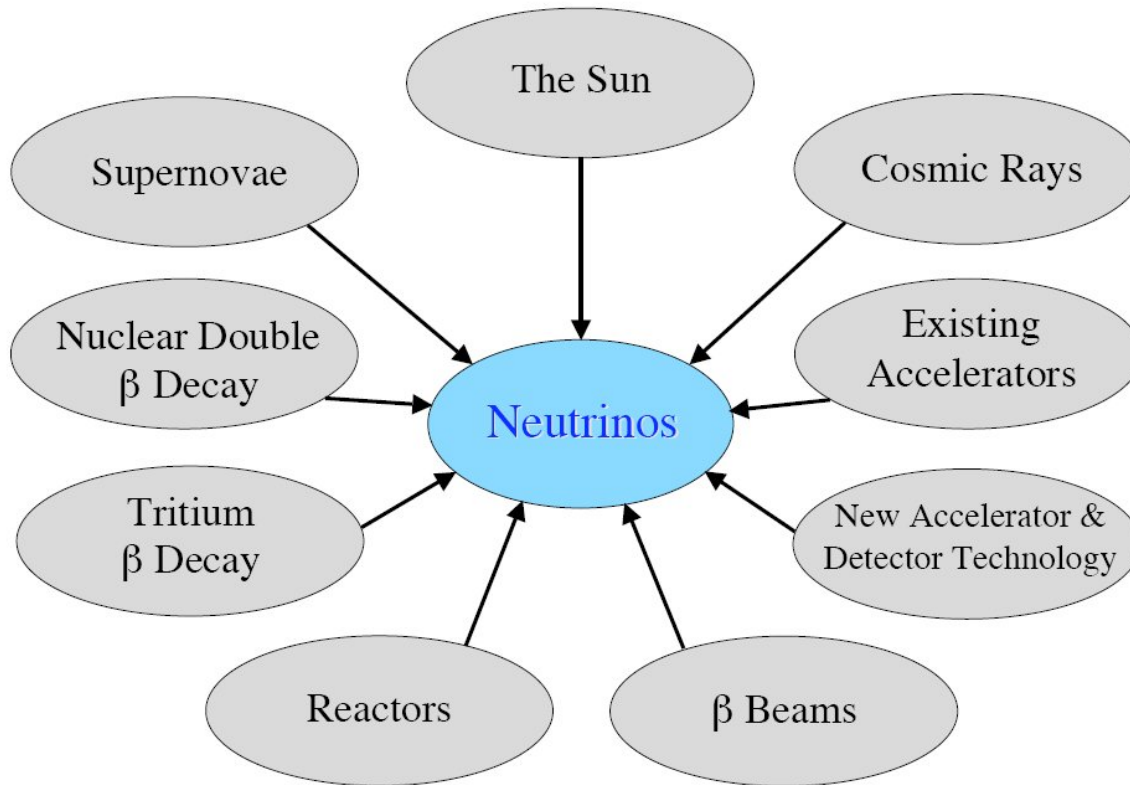
-Trigger /DAQ : clairement tout à refaire / obsolète, L1 ~100-150 kHz

Planning : 5 ans de construction après T0 !

Physique des neutrinos

L'un des domaines où il y a eu le plus de résultats ces 10 dernières années mais où la France/Europe peu présente :

- Neutrinos solaires (> 20 ans de mesures/polémiques)
- Oscillation de neutrinos établis
- Masse ? Nature ?



Question ouverte : oscillation

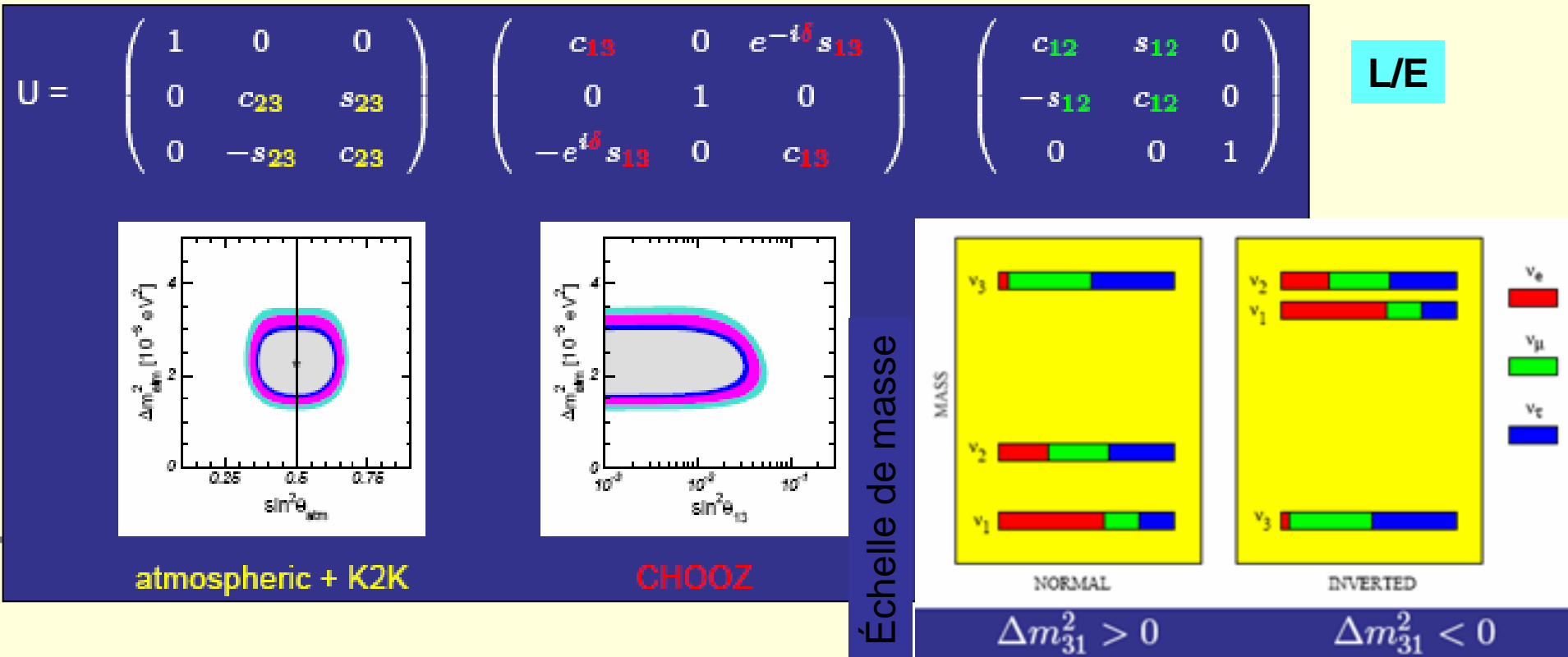
Oscillation des neutrinos : ils se mélangent, ils ont une masse !

3 neutrinos : 3 angles et différences de masse : θ_{13} pas mesuré

Actuellement : Super K (encore pour 10 ans !) + K2K

Opéra en fonctionnement depuis 2006 : recherche apparition de ν_{τ} à faisceau de ν_{μ} venant du CERN \rightarrow Gran Sasso (θ_{23})

Minos avec faisceau de Fermilab, miniBoone, SNO

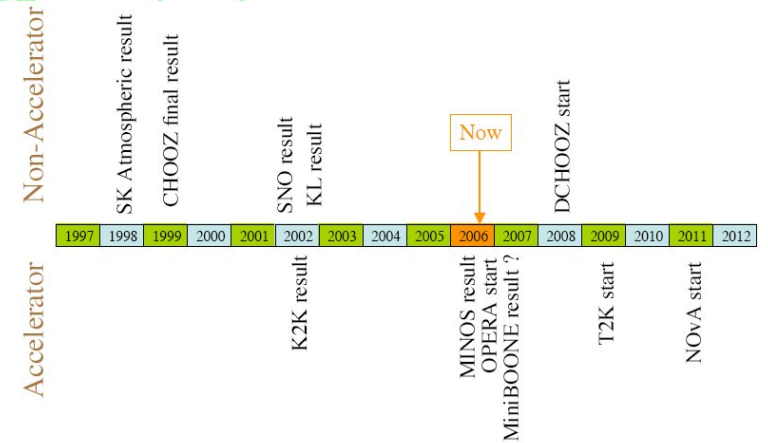
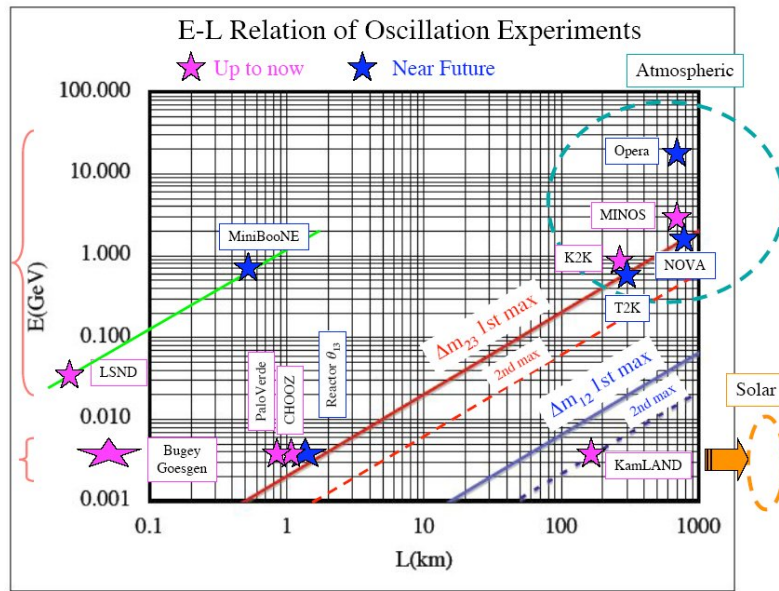


Oscillation : beaucoup de projets futurs à court/moyen terme

Faisceau : ν_{μ} , centrale : $\bar{\nu}_{e}$ électron

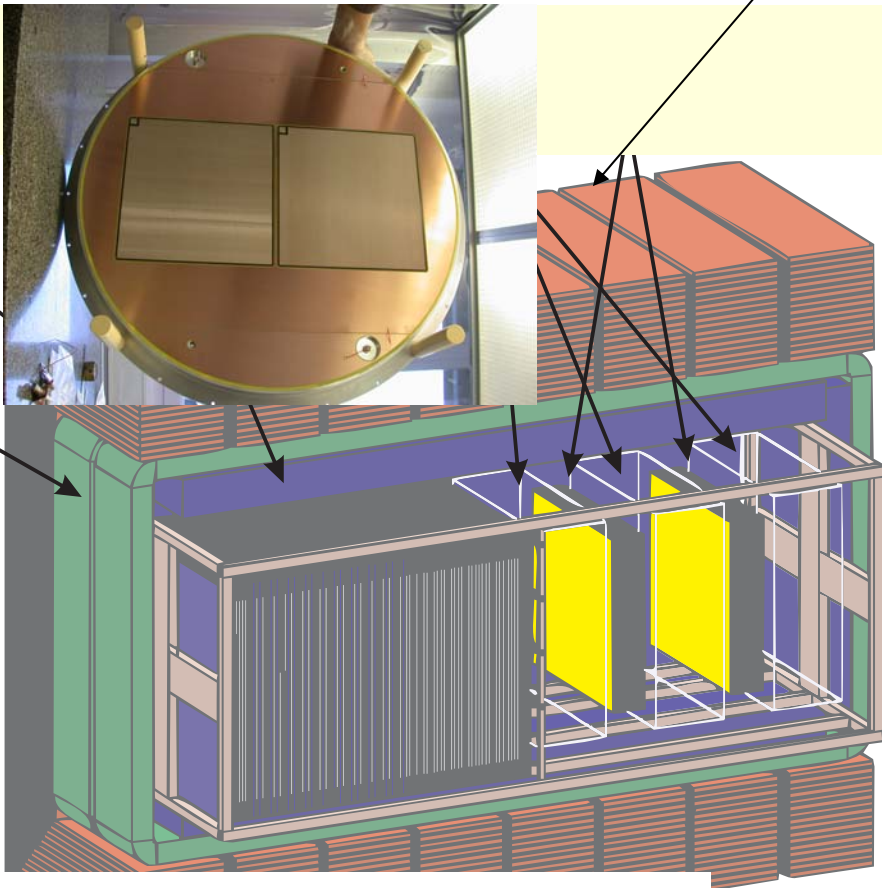
Mesure par disparition d'un type, ou apparition de l'autre + interprétation

L/E à optimiser



T2K / Double chooz (Theta 13)

T2K (295 km) avec faisceau neutrino plus puissant \rightarrow Super K avec $\nu(\mu) \rightarrow \nu(e)$
 Développement d'un détecteur proche (Dapnia, LPNHE, LLR) : TPC avec Micromegas
 Accélérateur opérationnel en 2009



Barres de scintillateurs + 3 TPC

Double Chooz (APC / Dapnia) :
 (anti $\nu_e \rightarrow$ anti ν_μ)

Amélioration / chooz avec un second détecteur proche



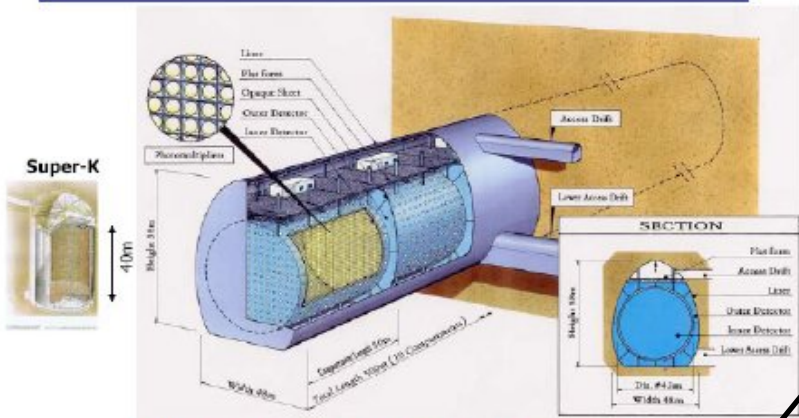
The Site



Oscillation : beaucoup de projets futurs aussi à long terme ~2020

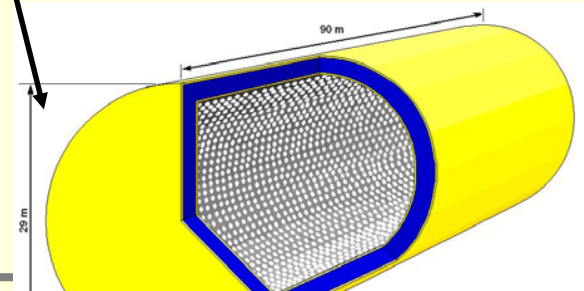
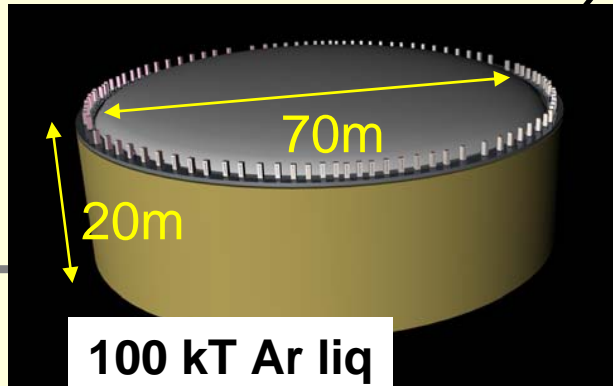
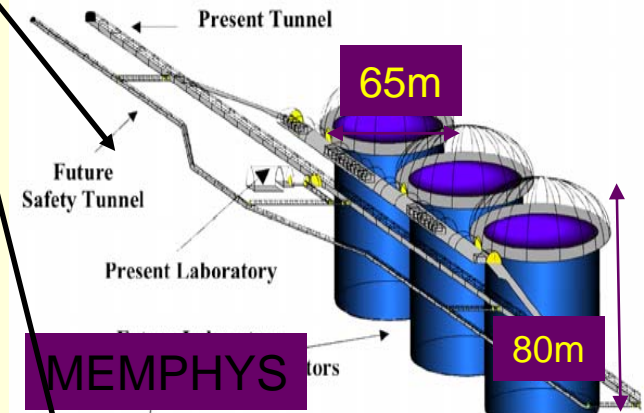
Physique des neutrinos et durée de vie du proton : détecteur de grande taille type mégatonne :

Schematic drawing of Hyper-Kamiokande



1 Mton (fiducial) volume: Total Length 400m (8 Compartments)

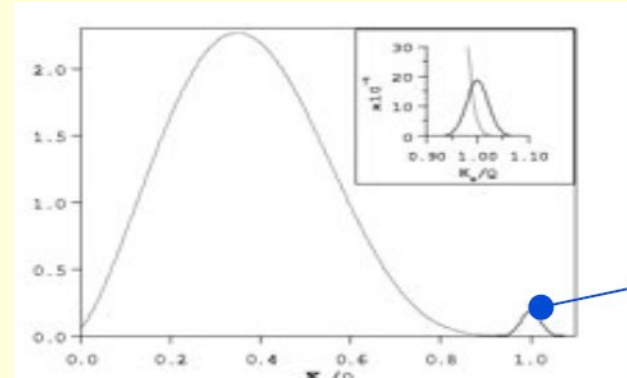
Large Apparati for **G**rand **U**nification and **N**eutrino **A**strophysics (Europe)
Site : Fréjus possible ?



21/05/0 50 kT liquide scintillant

Question ouverte : nature du neutrino

L'anti-neutrino et le neutrino même particule ou pas ?
Désintégration β^- : $n \rightarrow p + \text{électron} + \text{neutrino}$
Double β autorisé : $\rightarrow 2 \text{ électrons} + 2 \text{ neutrinos}$
Si neutrinos = antineutrino $\beta\beta$ juste deux électrons

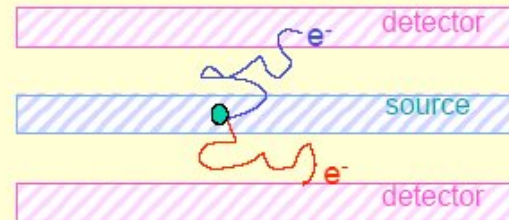


Deux approches possibles

Source = detector
(calorimetric)



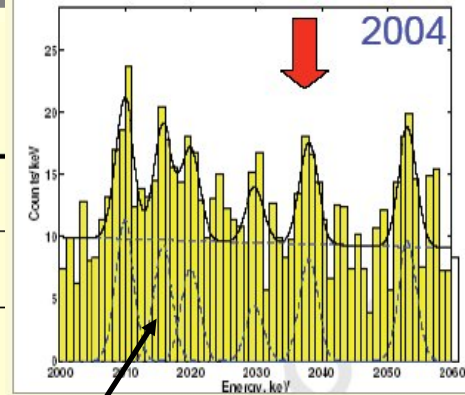
Source \neq detector



Nature du neutrino : Résultats et expériences en cours

Present experimental situation

Nucleus	Experiment	%	$Q_{\beta\beta}$	Enr	Technique	$T_{0\nu}$ (y)	$\langle m_{\nu} \rangle$
^{48}Ca	Elegant IV	0.19	4271		scintillator	$>1.4 \times 10^{22}$	7-45
^{76}Ge	Heidelberg-	7.8	2039	87	ionization	$>1.9 \times 10^{25}$.12 - 1



ionization $>1.6 \times 10^{25}$.14 - 1.2

ionization 1.2×10^{25} .44

tracking $>1. \times 10^{25}$

tracking $>4.6 \times 10^{25}$

scintillator $>1.7 \times 10^{25}$

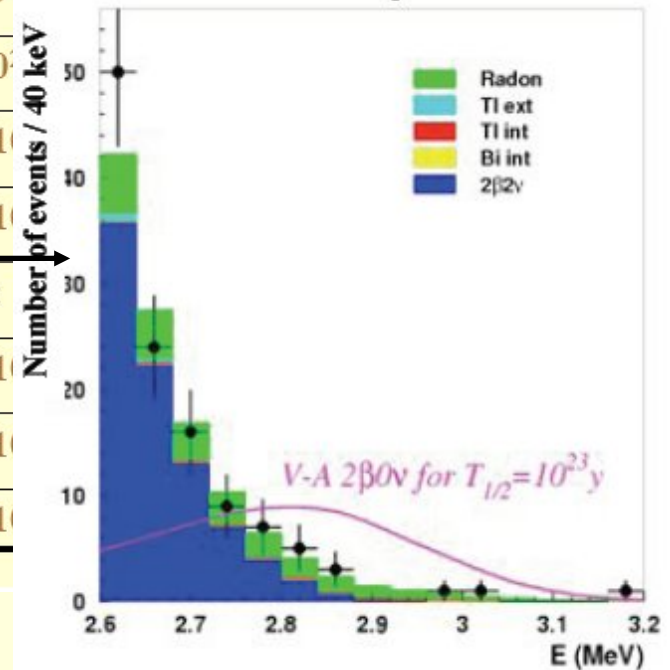
geochem $>7.7 \times 10^{25}$

calorimetric $>2.4 \times 10^{25}$

scintillator $>1.2 \times 10^{25}$

tracking $>1.2 \times 10^{25}$

71.7 kg·y 4σ

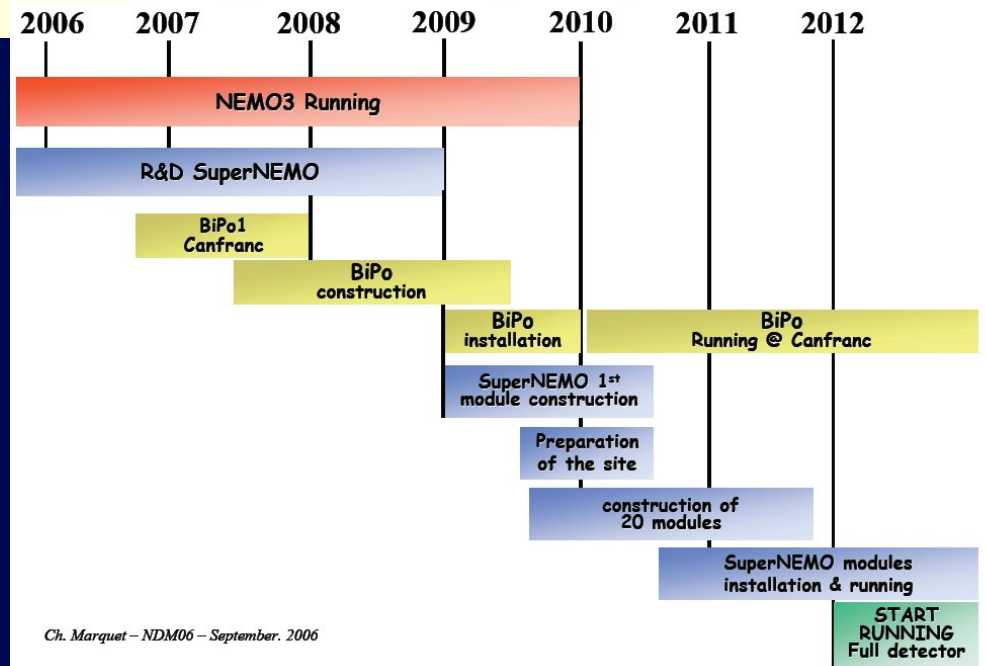
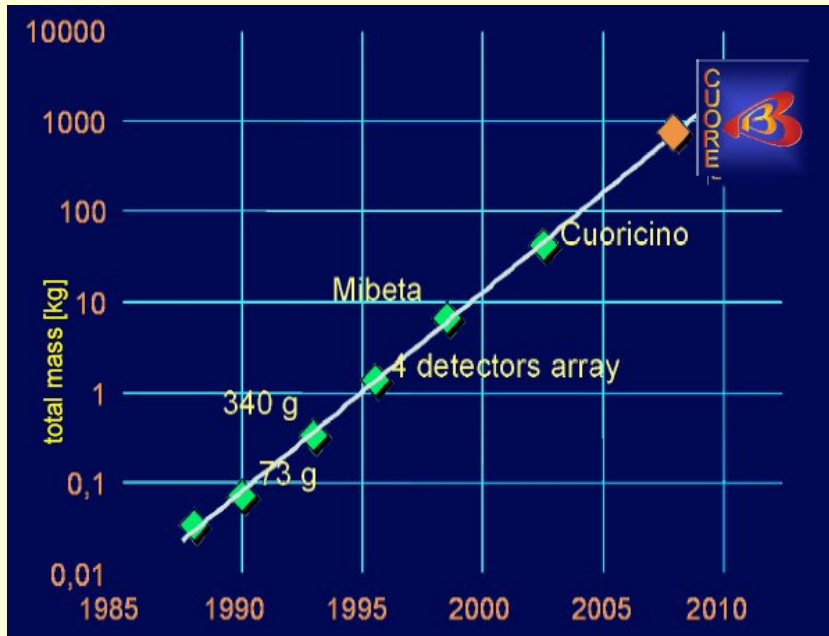


10/5/07

Nécessité d'augmenter le volume cible → 1 Tonne

Bolomètres : augmenter la taille
+ mesures chaleur et ionisation/lumière

Calo/tracker : Super Nemo
200 kg de Se ou Nd (CENBG/LAL/LPC)



BiPo pour mesurer pureté des sources,
R&D calo et tracker

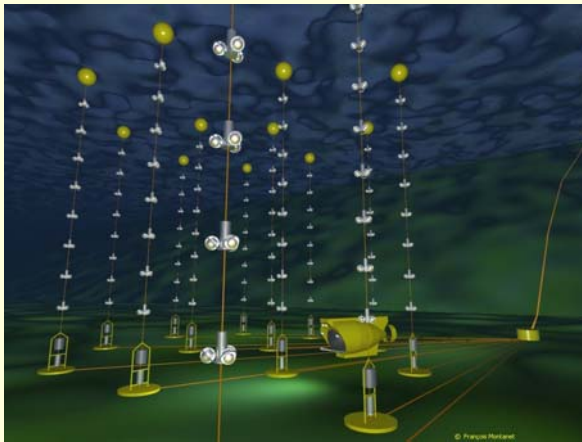
De nombreux projets ...

Next generation experiments

Name		%	$Q_{\beta\beta}$	% E	B c/y	T (year)	Tech	$\langle m \rangle$
CUORE	^{130}Te	34	2533	90	3.5	1.8×10^{27}	Bolometric	9-57
GERDA	^{76}Ge	7.8	2039	90	3.85	2×10^{27}	Ionization	29-94
Majorana	^{76}Ge	7.8	2039	90	.6	4×10^{27}	Ionization	21-67
GENIUS	^{76}Ge	7.8	2039	90	.4	1×10^{28}	Ionization	13-42
Supernemo	^{82}Se	8.7	2995	90	1	210^{26}	Tracking	54-167
EXO	^{136}Xe	8.9	2476	65	.55	1.3×10^{28}	Tracking	12-31
Moon-3	^{100}Mo	9.6	3034	85	3.8	1.7×10^{27}	Tracking	13-48
DCBA-2	^{150}Nd	5.6	3367	80		1×10^{26}	Tracking	16-22
Candles	^{48}Ca	.19	4271	-	.35	3×10^{27}	Scintillation	29-54
CARVEL	^{48}Ca	.19	4271	-		3×10^{27}	Scintillation	50-94
GSO	^{160}Gd	22	1730	-	200	1×10^{26}	Scintillation	65-?
COBRA	^{115}Cd	7.5	2805				Ionization	
SNOLAB+	^{150}Nd	5.6	3367				Scintillation	

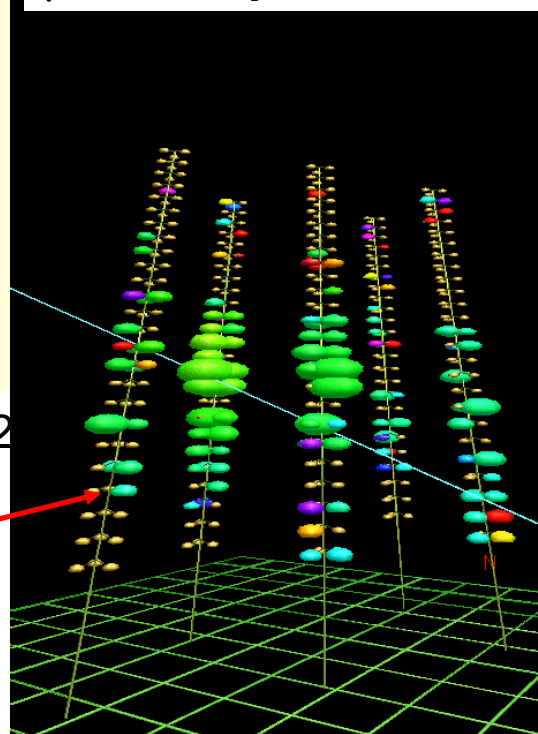
Astronomie neutrinos

Une façon complémentaire de l'astronomie γ , est de regarder les neutrinos émis lors de phénomène violents dans l'univers : nécessité de protéger des cosmiques (mer pour Antares, glace pour Amanda) et de faire un grand détecteur (\rightarrow KM3N)

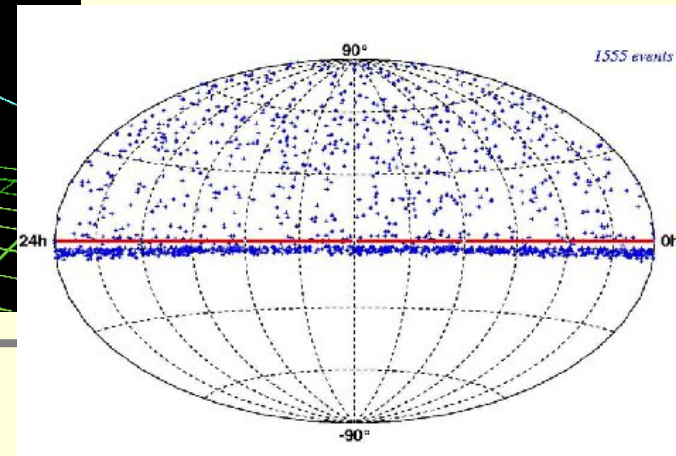


Antares : 12 lignes $\sim 0.1 \text{ km}^2$
5 installées et sous tension
Depuis Janvier 2007
Résultats conditionnent
projet Européen KM3N à
partir de > 2013 ?

μ Cosmique dans antares



Très forte concurrence
et aussi retard / Amanda II
avec déjà 19 lignes
opérationnelles



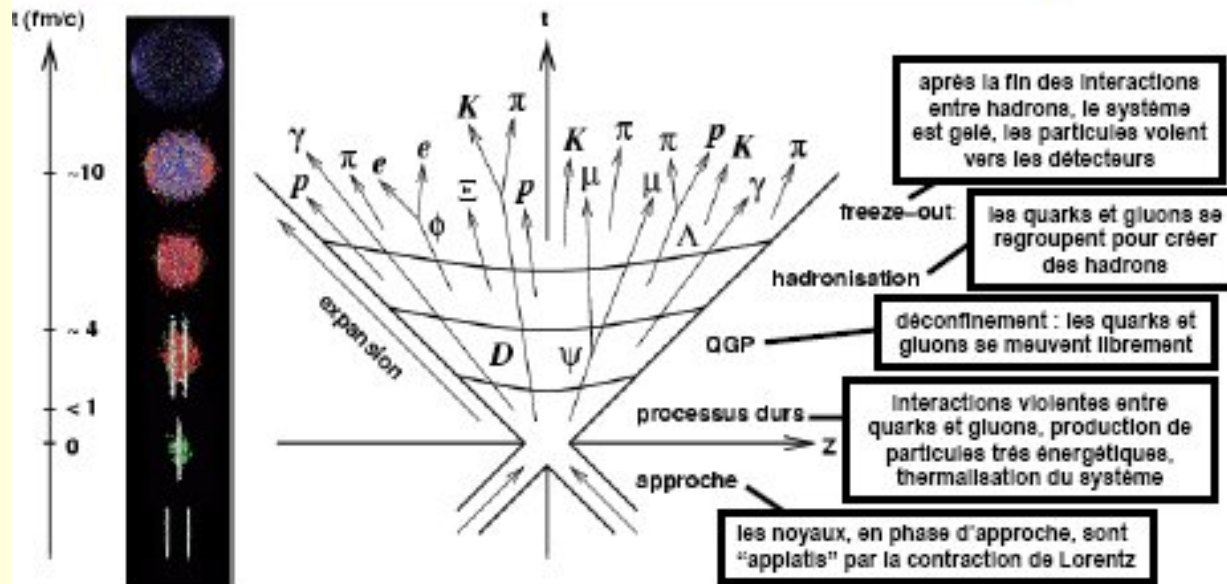
Plasma quark-gluon

Créer un état très dense et chaud de nucléons comme 10^{-32} s après le big bang

→ collisions d'ions lourds

Activité démarrée ~25 ans d'abord sur cible fixe (CERN) puis sur collisionneur (RHIC à Brookhaven avec les expériences STAR et PHENIX)

Evolution spatio-temporelle d'une collision d'ions lourds (ultra-)relativistes



1 fm/c = 10^{-23} s

1 fm = 10^{-15} m

principe de l'étude du QGP : on utilise les particules produites pour sonder les propriétés du système formé lors de la collision

Si la phase QGP existe, par comparaison avec collision p-p, on peut voir :

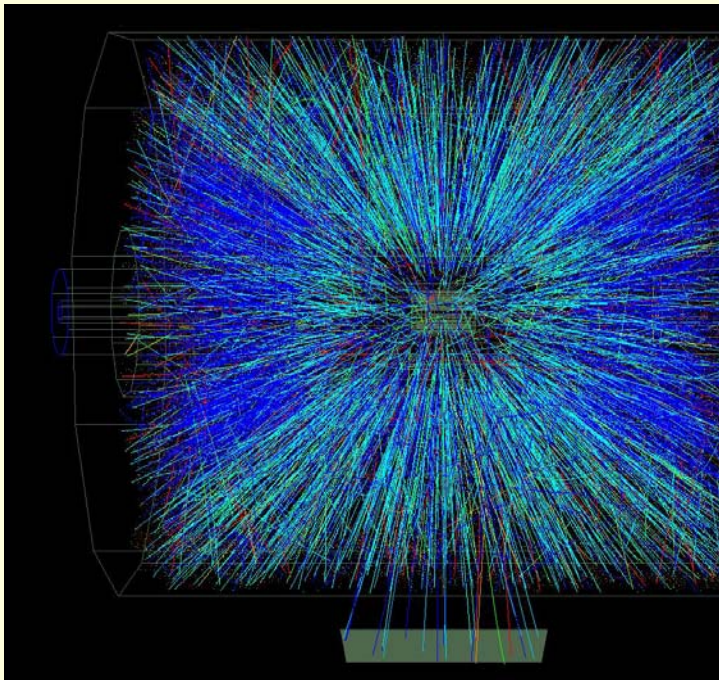
- Suppression de certaines résonances lourdes
- Spectre de l'énergie des jets modifiés
- Spectre de photons
-

Plasma quark-gluon

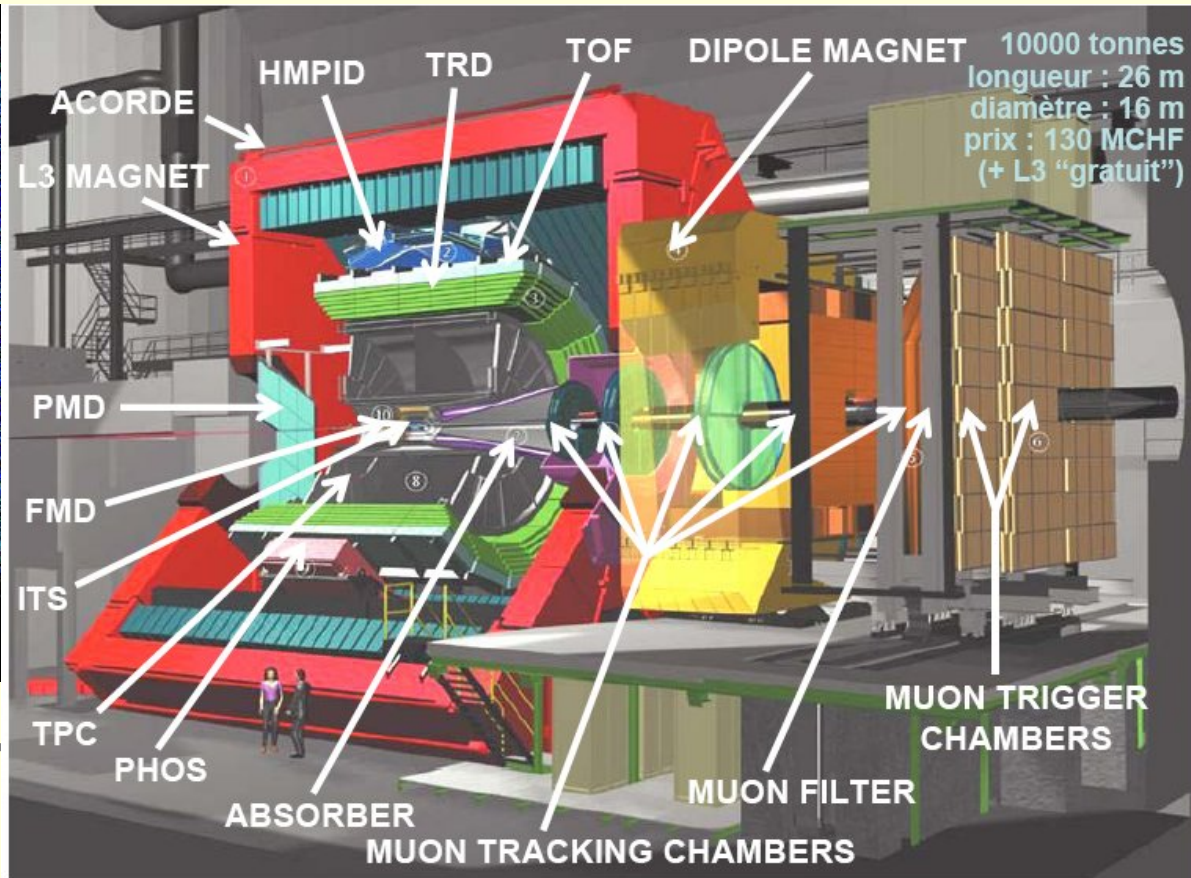
Détecteur très semblable à physique des hautes énergies mais dans un environnement encore plus difficile ! (100 → 30000 particules/evt et peu d'événements intéressants)

Collision dans STAR

ALICE au LHC (LPSC, IPHC, LPC, LPSC, IPNO...)



Porquerolles



ALICE

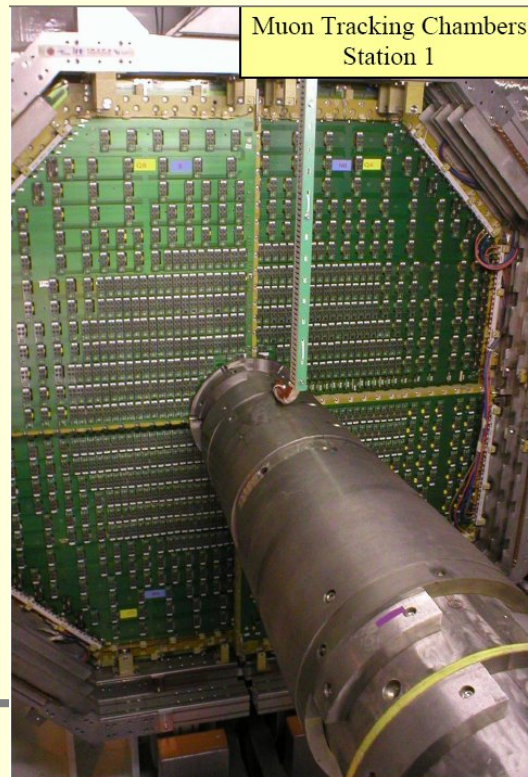
A l'image des autres détecteurs LHC, \pm en temps :

- Problème sur le Si Pixel : 7.5 % acceptance Endommagé du a des pb d'alims non compris
→ Réparation et délai / perte résolution
- Installation TPC/ITC délicate

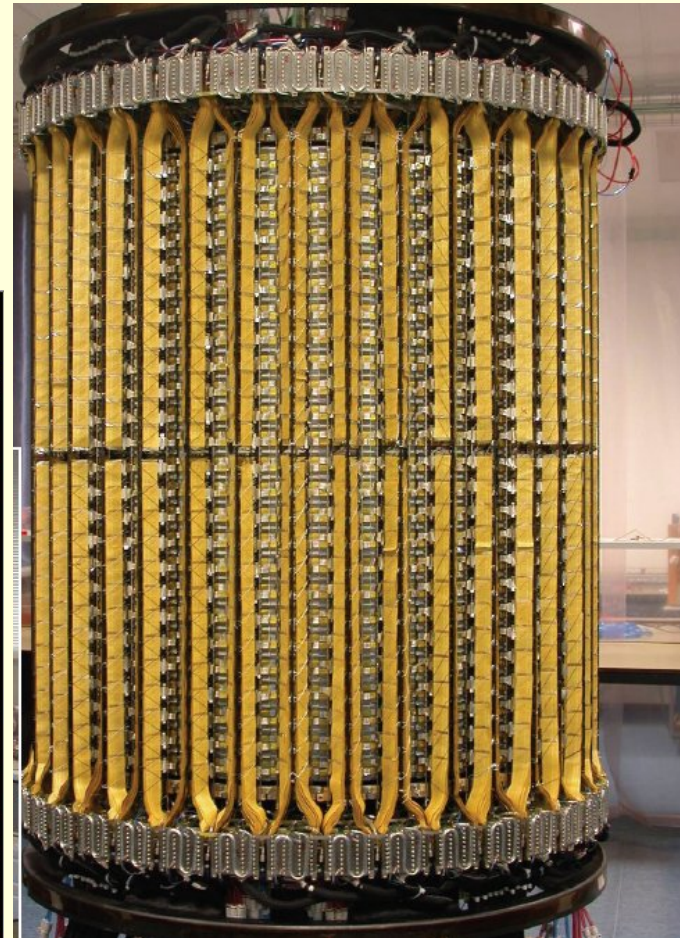
-Livraison alim basse Tensions -> Avril 2008

Calorimètre upgrade EMCAL en cours (Subatech+LPCS, IPHC...) : 2009/10

Futur de la physique QGP après LHC :
Projet FAIR/GSI > 2012



Si Strips detector



Physique hadronique (Clermont, DAPNIA, IPNO, LPSC, IPHC)

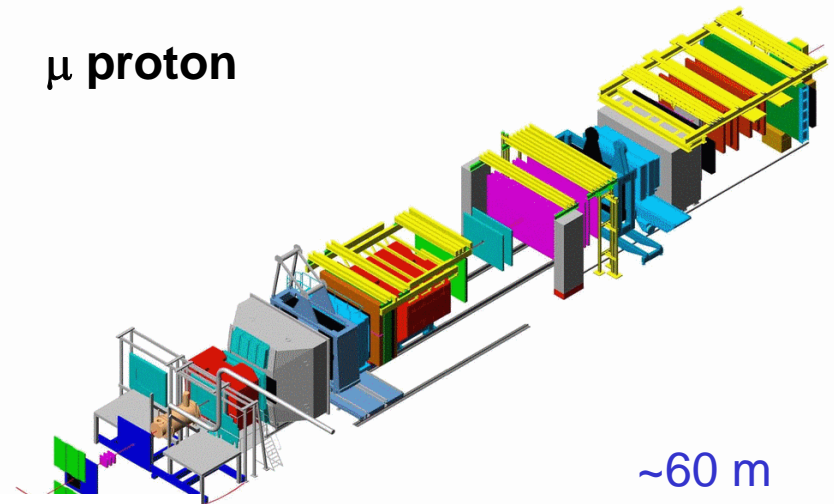
Le contenu du proton est en fait assez mal connu, notamment à basse énergie :
Implication française dans les expériences de sonde hadronique a TJNAF (CEBAF)
→ 2008/9, au GSI → 2010 et au CERN (COMPASS)

COMPASS :

- Phase II ~ 2010 prise de données
- Phase 3 : > 2010

meilleure couverture pour le calo EM
DéTECTEUR de recul des protons faibles
énergie (pt ~1 GeV)

μ proton

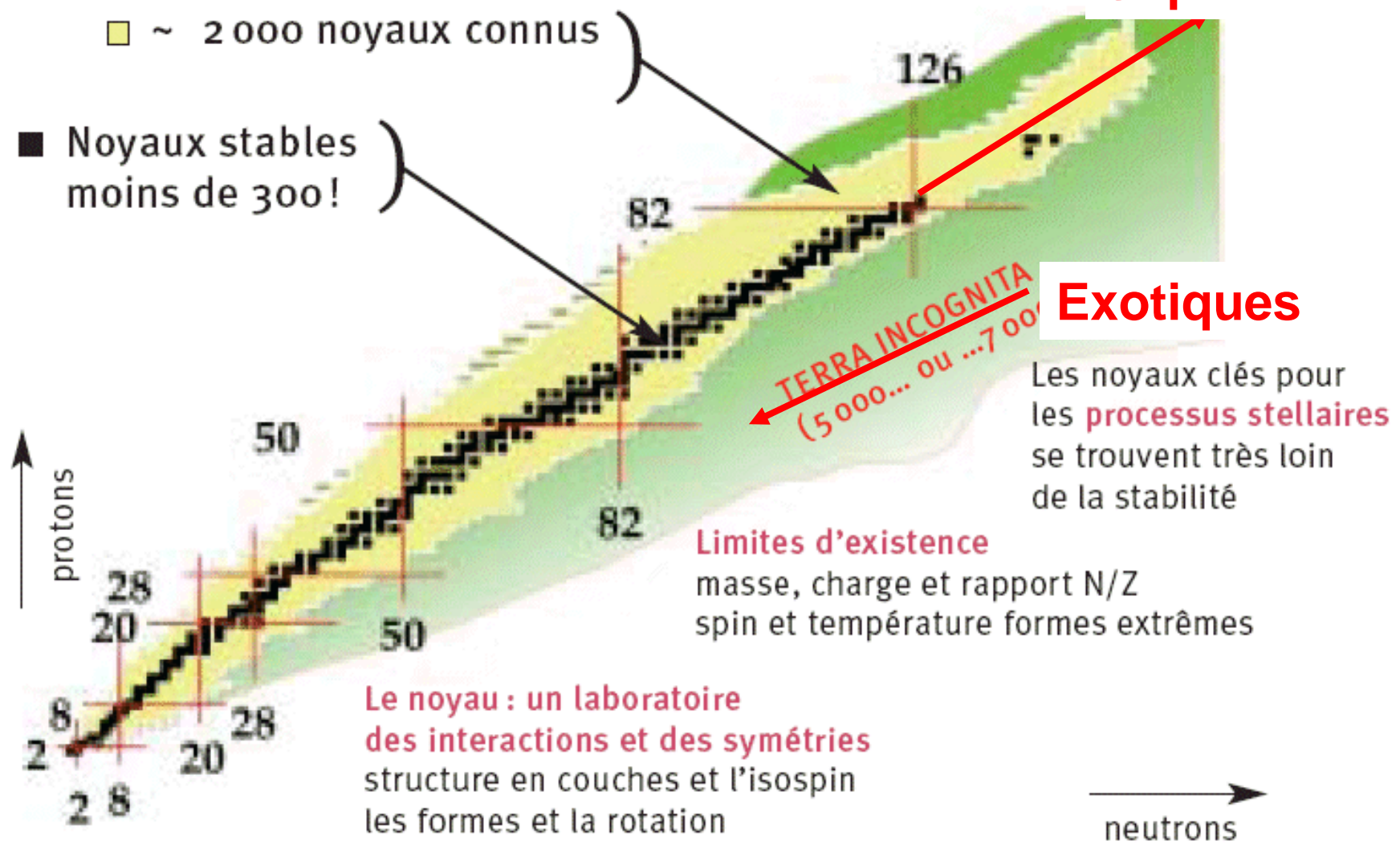


Futur : expérience au près de FAIR > 2013

- 2015 : projet collision électron-ion aux US
- Usine à neutrinos avec faisceau intense de muons

La physique nucléaire

Super Lourds



La physique nucléaire



**fission induite par photons
(photofission)**

Caractéristiques faisceau :
Energie électrons : 10-50 MeV
Intensité : 10 μ A



**+ technique ISOL
mais sans postaccélération**

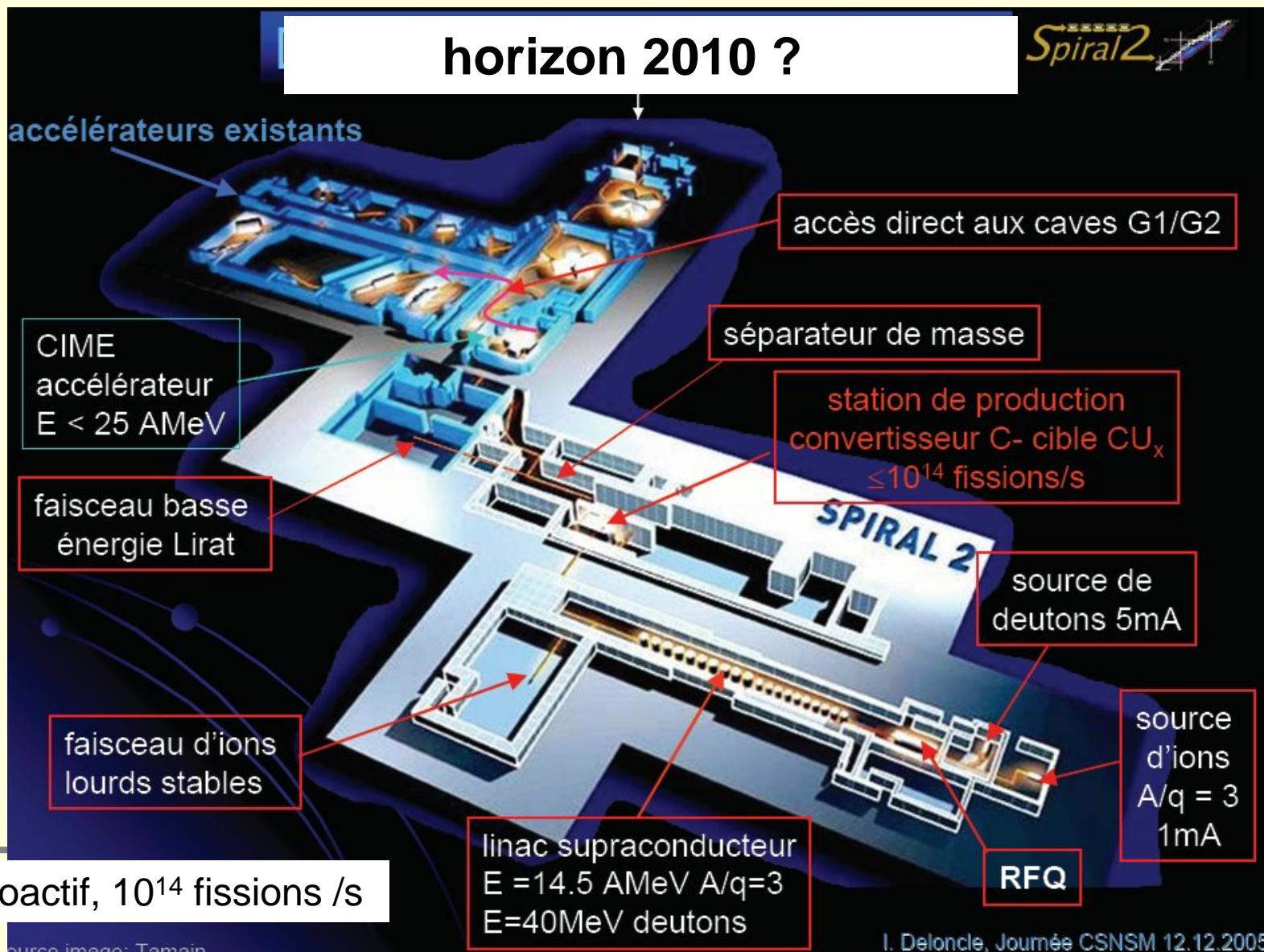


10¹¹ fissions / s

Accélérateurs actuels :
SPIRAL au GANIL
ISOLDE au CERN
ALTO
GSI
Legnaro / Dubna (super lourds)

Utilisation de spectromètre pour mesurer les fragments / identifier les noyaux
(mesure $\Delta E + A/Q$) \rightarrow LISE ou VAMOS
DéTECTEURS de photons (désexcitation des noyaux) : Eurogam, Euroball ...

Les grands projets de demain en physique nucléaire : SPIRAL2

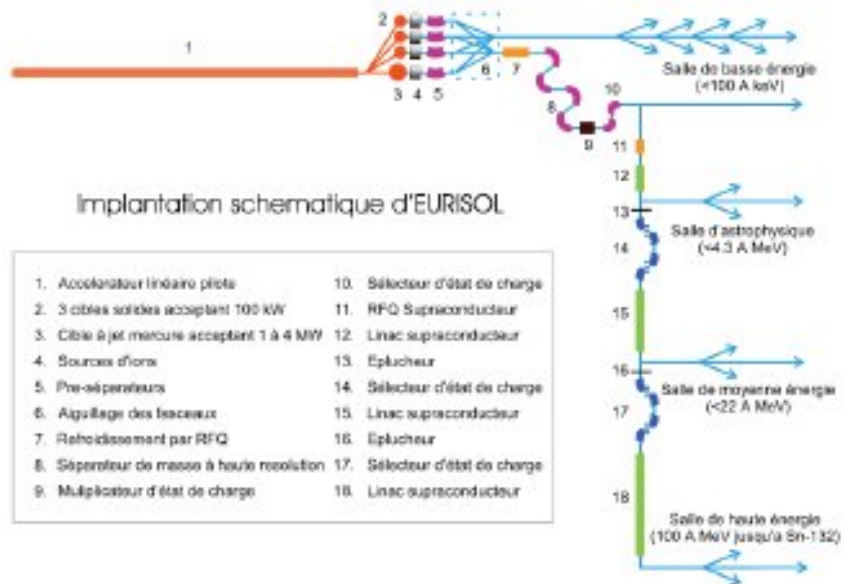


Les grands projets de demain en physique nucléaire

EURISOL (2016) : la future installation ISOL en Europe

Pas encore décidée/budgétisée, site ?

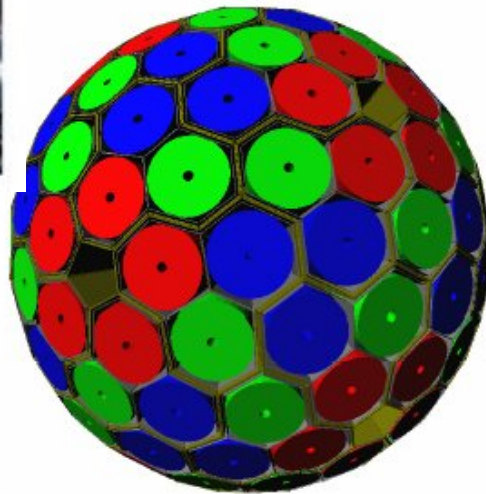
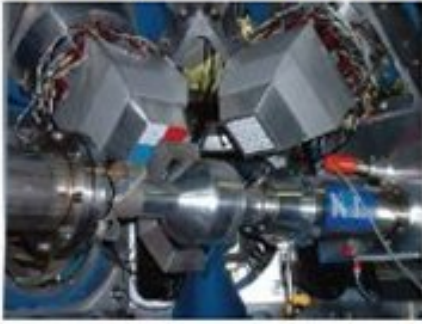
EURISOL



+ Continuité à GSI opérationnel avec FAIR à partir 2012 avec faisceaux Intenses de noyaux stables)

Les grands projets de détecteurs en physique nucléaire : AGATA

Exogam (GANIL)



Caractéristiques d'AGATA

Performances d'AGATA

Effacité: 40% ($M_\gamma=1$) 25% ($M_\gamma=30$)
aujourd'hui ~10% (gain ~4) 5% (gain ~100)

Pic/Total: 55% ($M_\gamma=1$) 45% ($M_\gamma=30$)
aujourd'hui ~55% 40%

Résolution angulaire : $\sim 1^\circ$

Résolution en énergie :

FWHM (1 MeV, $v/c=50\%$) ~ 6 keV !!!
aujourd'hui ~ 40 keV

Taux de comptage:

3 MHz ($M_\gamma=1$) 300 kHz ($M_\gamma=30$)
today 1 MHz 20 kHz

180 cristaux Ge gros vol.
segmentés en 36 élts,

assemblés en 60 triple- "clusters" (trèfle)

\Rightarrow **~ 340 kg de Ge en 6480 élts : 6660 voies électroniques**

électronique digitale + algorithmes d'analyse de forme d'impulsion

\rightarrow reconstruction des parcours de γ

Proto \rightarrow 2007, construction pour utilisation \sim 2012

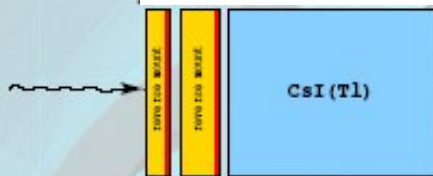
(IPNO, IPNL, DAPNIA, CSNSM, GANIL, IPHC)

Les grands projets de détecteurs en physique nucléaire : FAZIA

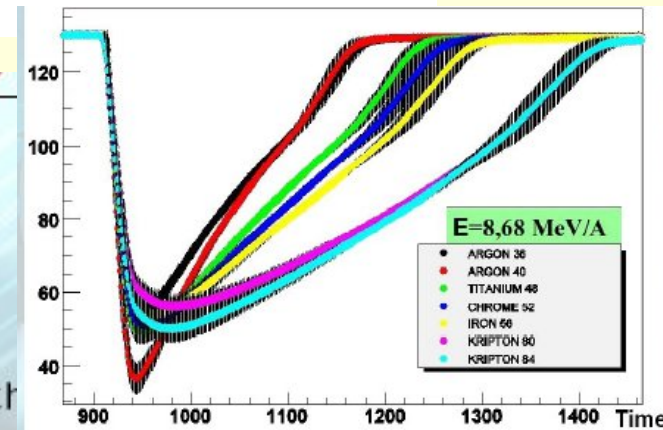
IPNO, GANIL, LPC...

Projet de détecteur dans le cadre de Eurisol : 4π pour particules chargées avec identification A et Z :

Module de base



Why this configuration?



Ion Energy high resolution with Si detectors ($\sim 1\text{mm}$ total thickness)

Ion Time of Flight high resolution ToF using the first Si detector

Ion A/Z identification :

stopped in first Si ("low" energy)

pulse Shape Analysis (PSA) of silicon current signal + ToF
→ **low thresholds!**

stopped in second Si standard ΔE -E method with two silicon detectors (+ redundant PSA)

higher energies (mainly light particles) Si-CsI ΔE -E + pulse shape in CsI

→ 2007 R&D

2008-2011 ~20 télescopes

2011-2012 : π ou 2π angle

Solide et test à SPIRAL II

> 2013 détecteur complet

AGATA comme FAZIA, développement électronique similaire à Phys Haute Energie

Conclusion

Une partie importante de notre discipline à l'aube de nouveaux résultats en 2007 – 2008 (Planck/Glast/LHC...) mais aussi plein de nouveaux projets en phase Construction / R&D (SPIRAL II, Agata, Fazia, ILC, HESS II...)

Besoins en électronique (μ électronique) évident dans ces projets et pas si différents d'une discipline à l'autre

Les phases de R&D et construction de ces expériences de plus en plus longue :

- Ne pas l'oublier lors de la conception et en particulier pour l'électronique **obsolescence composants/technologie**
- Des nombres de voies en augmentation permanente et donc des productions importantes en perspective : **un bon chip (quelque soit son ingéniosité) est un chip bien testé !**
- La μ électronique est un point capital d'un détecteur, mais **ne pas sous estimer les problèmes d'implantation** (éviter que la carte soit plus compliqué que le chip) et **d'environnement dans une expérience** (refroidissement, inter connexion...)