



Panorama des activités actuelles et futures de l'IN2P3

Une vue incomplète, biaisée

- Retour sur Porquerolles 2007 ...
- Trois résultats majeurs en 2012/2013:
 - Neutrinos : mesure de $\sin(\theta_{13})$ → futurs projets ?
 - Planck : Energie/matière noire et nombre de neutrinos → Quelle suite ?
 - LHC : découverte d'un boson de Higgs → SLHC, ILC,....
- Autres projets et priorités en Astro-particules et Physique Nucléaire
- Conclusion

Porquerolles 2007

Sommaire

- 1) Introduction
- 2) Cosmologie : de Planck et Eldeleweiss à LSST **+EUCLID (Xénon?)**
- 3) Astro-particule γ : de HESS/Auger à ~~Codalema~~ **HESS II puis CTA**
- 4) Physique des particules : de LHC vers SLHC/ILC et ~~le~~ **la** super B
- 5) Physique des neutrinos : Une multitude de projets **Toujours vrai....**
- 6) Quark gluon plasma : ALICE **+CMS**
- 7) Physique hadronique **CLAS12 à TJNAF**
- 8) Physique Nucléaire : SPIRAL II / AGATA/FAZIA **Quelques retards...**
- 9) Conclusion

Porquerolles 2007

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~~...)

2012/2013

2013

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

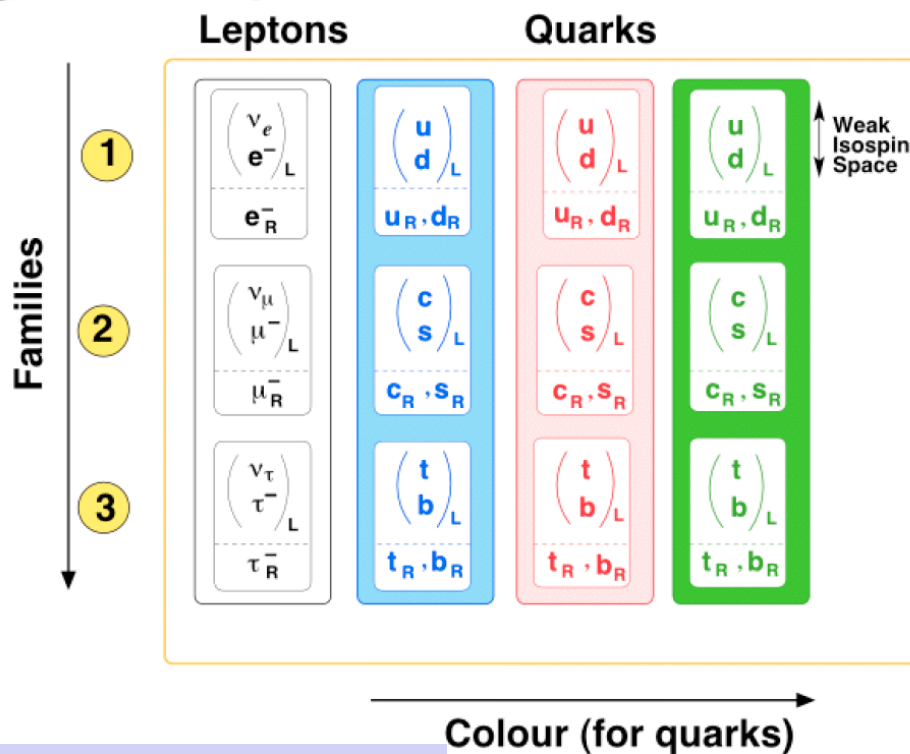
Les phases de R&D et construction de ces expériences de plus en plus longue :

- Ne pas l'oublier lors de la conception et en particulier pour l'électronique
obsolescence composants/technologie **Le LHC entre dans cette phase !**
- 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 !** **Encore plus vrai compte tenu de leur complexité !**
- 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...)

Démontré par les problèmes rencontrés par les expériences LHC !

Les neutrinos

Interaction faible (W,Z), électromagnétique(γ)
et forte (gluons)



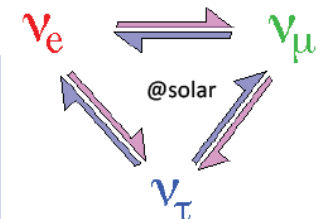
Masse des neutrinos nulle dans le
Modèle Standard minimal

- Seule preuve de l'insuffisance du MS
- Extension par un couplage au Higgs (comme les fermions) : peu naturel car très faible. Autres Modèles avec neutrinos lourds
- Neutrinos de type Dirac ou Majorana (antineutrino=neutrino)
- Oscillation des neutrinos (différence de masse, et mélange)

Masse : un Higgs

$$P(\nu_\mu, x, t) \approx \sin^2 2\theta \sin^2(x \Delta m^2 / 4E)$$

$$\approx \sin^2 2\theta \sin^2(1.27 x(\text{km}) \Delta m^2(\text{eV}^2) / E(\text{GeV}))$$



Etat de l'art

V : WHERE WE STAND AND WHERE WE'RE HEADING TO

δm_{12}^2



SOLARS+KAMLAND

$\delta m_{12}^2 = (7.9 \pm 0.7) 10^{-5} \text{ eV}^2$

θ_{12}



SOLARS+KAMLAND

$\sin^2(2\theta_{12}) = 0.82 \pm 0.055$

Addressed by accelerator neutrino experiments

δm_{23}^2



ATMOSPHERICS

$\delta m^2 = (2.4 \pm 0.4) 10^3 \text{ eV}^2$

θ_{23}



ATMOSPHERICS

$\sin^2(2\theta_{23}) > 0.95$

2012

θ_{13}



$\sin^2 2\theta_{13} = 0.1$

LSND/Steriles



δ_{CP}



Mass hierarchy



Σm_ν



BETA DECAY END POINT

$\Sigma m_\nu < 6.6 \text{ eV}$



Dirac/Majorana



ACCORDING TO MY PERSONAL TASTE

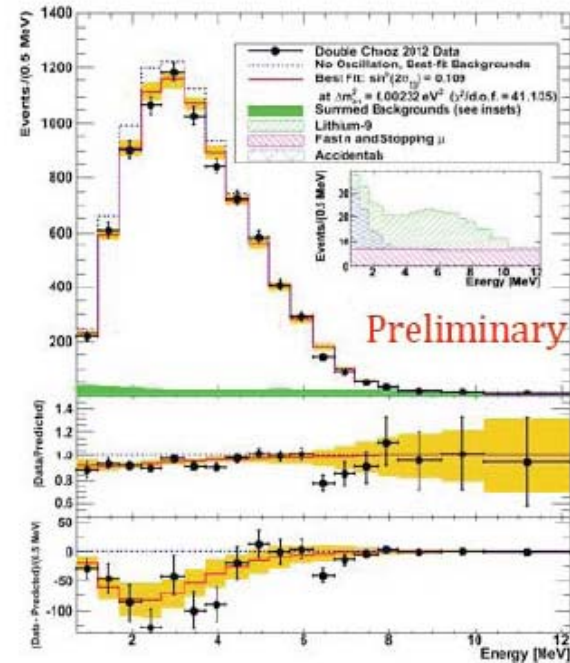
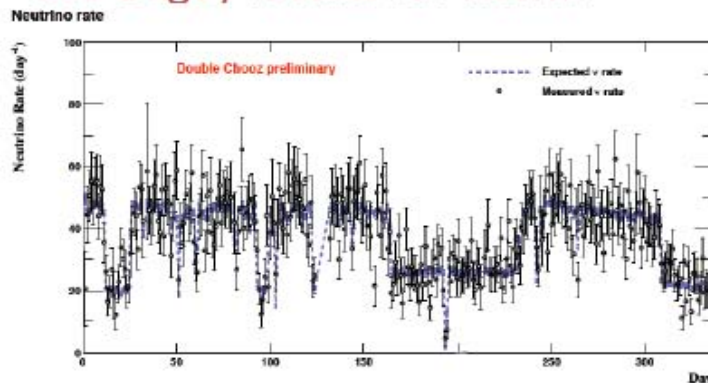
Mesure de $\sin(\theta_{13})$: réacteurs

Double Chooz Results

IN2P3/IRFU



Currently only far detector, so use Bugey results for norm.



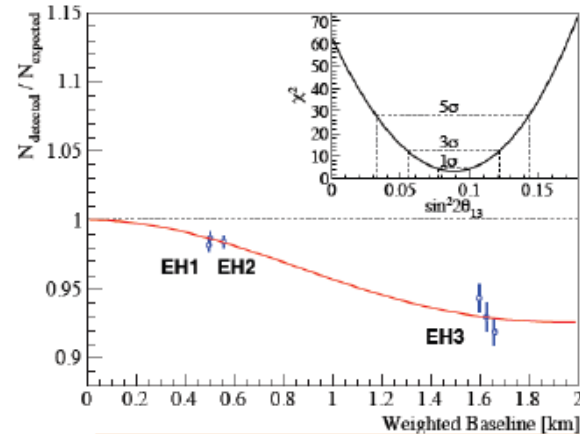
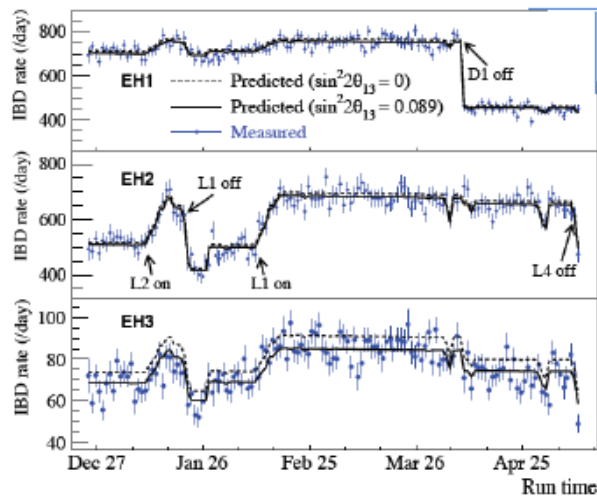
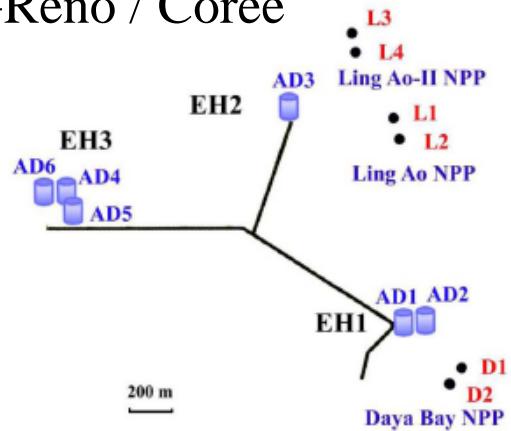
- $\sin^2 2\theta_{13} = 0.109 \pm 0.030(\text{stat}) \pm 0.025(\text{syst})$
- $\sin^2 2\theta_{13} = 0$ is excluded at 99.9% (3.1σ)

Mesure par « disparition »
 Installation détecteur proche démarre
 Meilleure systématique, ~équivalent Daya Bay
 fin 2014-2015....

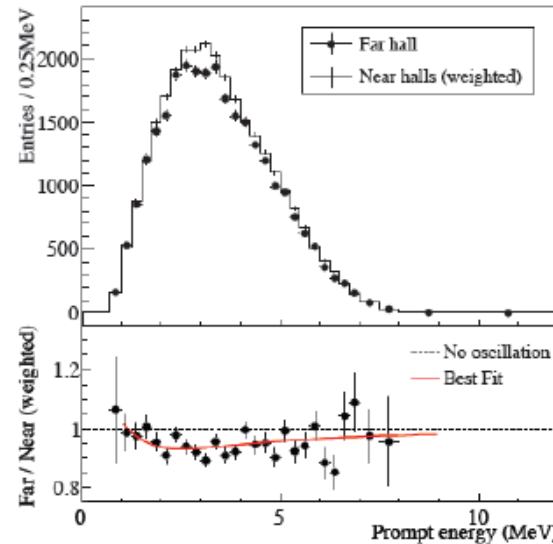
Mesure de $\sin(\theta_{13})$: réacteurs

New Daya Bay Results!

+Reno / Corée

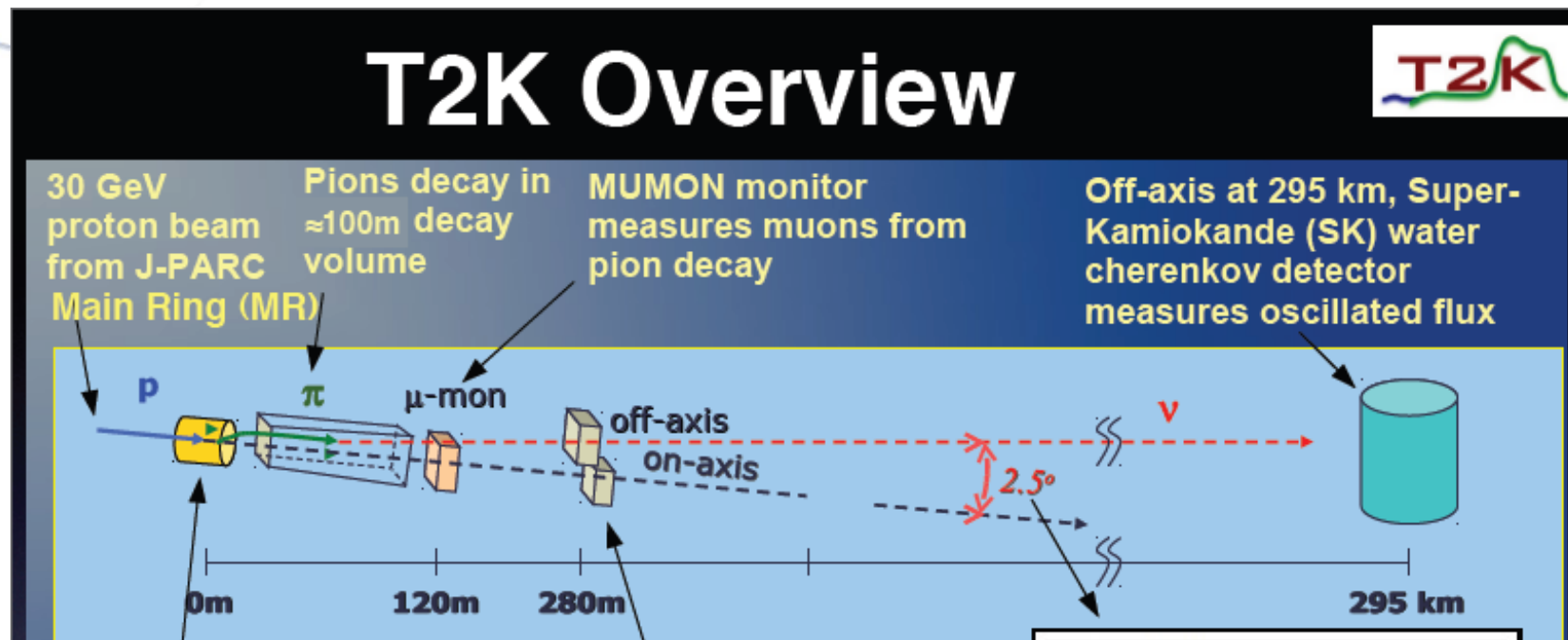


$$R = 0.944 \pm 0.007 \text{ (stat)} \pm 0.003 \text{ (syst)}$$



$$\sin^2 2\theta_{13} = 0.089 \pm 0.010 \text{ (stat)} \pm 0.005 \text{ (syst)}$$

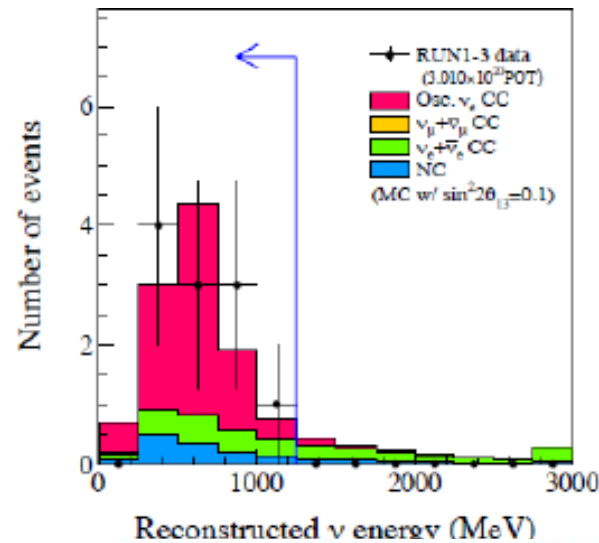
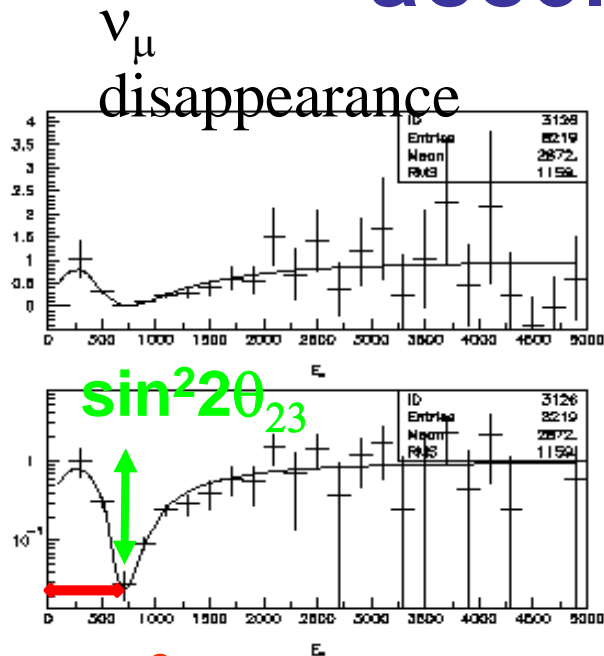
Mesure de $\sin(\theta_{13})$: accélérateurs (T2K, Minos...)



Disparition neutrino $\mu \rightarrow$ Mesure θ_{23}

Avec apparition neutrino $e \rightarrow$ Mesure θ_{13}

Mesure de $\sin(\theta_{13})$: accélérateurs (T2K, Minos...)



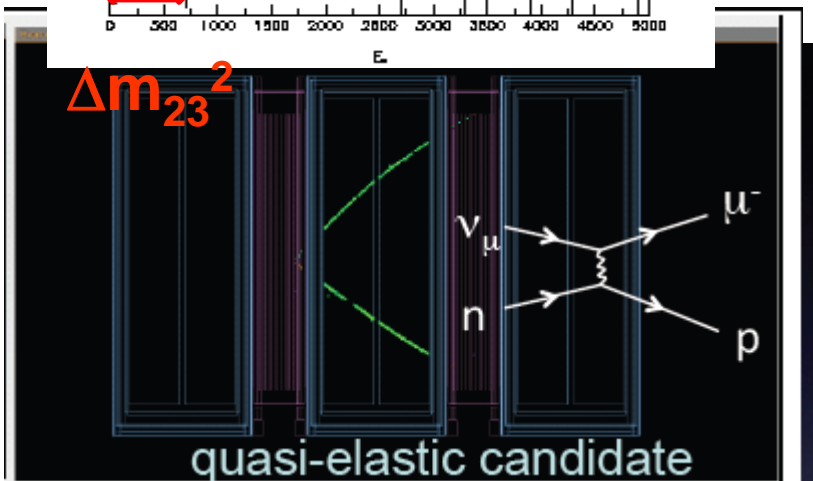
Accident JPARC
 Mai 2013:
 Conséquence sur
 T2K ?

11 candidate events are observed

$N_{\text{exp}} = 3.22 \pm 0.43$ for $\sin^2 2\theta_{13} = 0$

The probability (p-value) to observe 11 or more events with $\theta_{13} = 0$ is 0.08% (3.2σ)

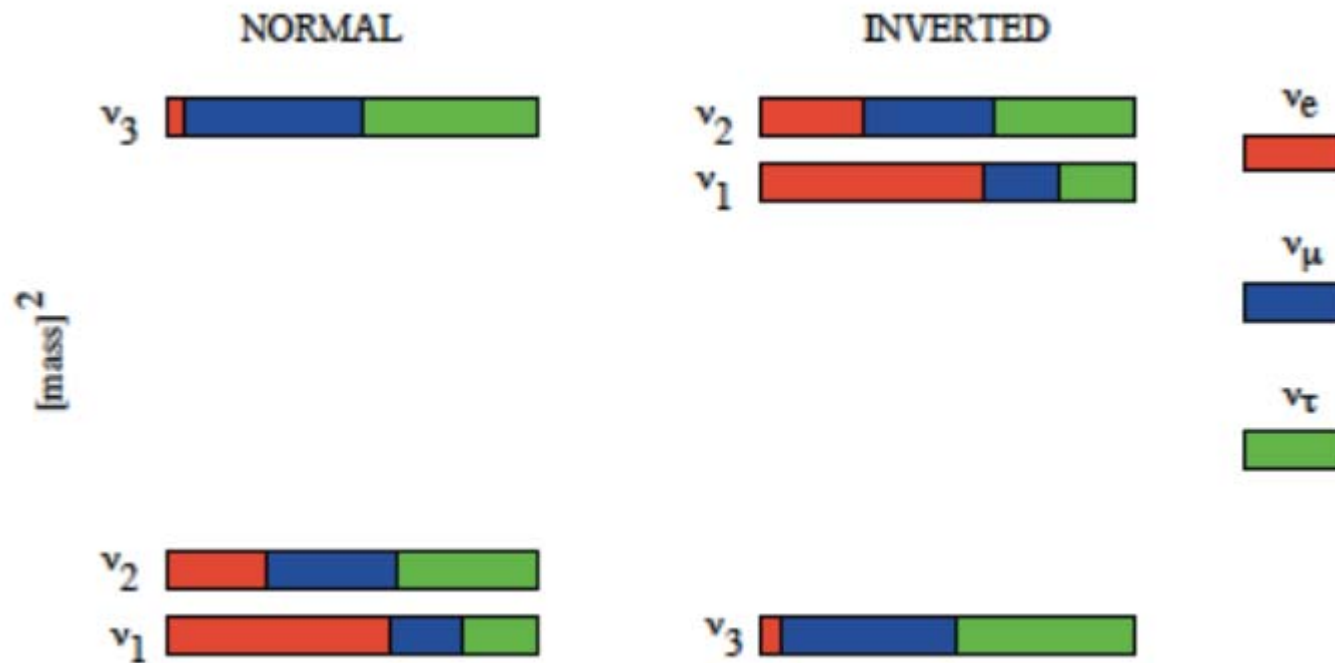
Evidence of ν_e appearance



Masse et hiérarchie des neutrinos

Probabilité d'oscillation identique si $\Delta m^2 \rightarrow -\Delta m^2$

On ne sait pas si $m_1, m_2 > m_3$ (mesure directe des masses compliquées)



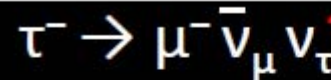
Opera : observation $\nu_{\mu} \leftrightarrow \nu_{\tau}$



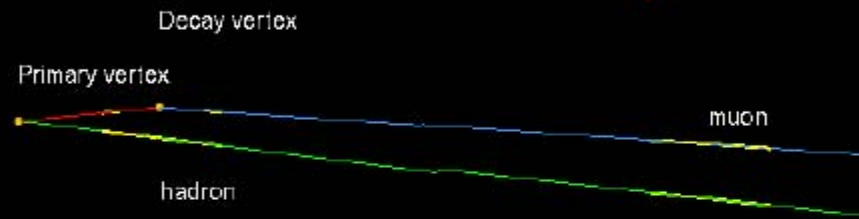
IN2P3

3rd ν_{τ} candidate

NEW!!

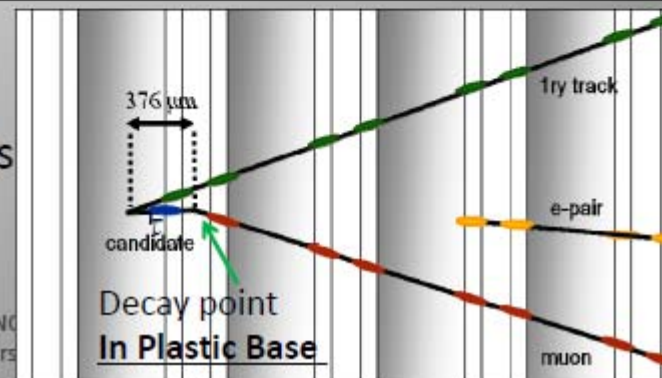


Effet d'apparition
 à 3.2σ
 Encore ~40 % de stat à analyser



200 μm

Muon kink in emulsion – 10 to 100 times less likely than in Pb



Futurs projets neutrinos

Majorana vs Dirac : SuperNemo (suite Nemo3), construction d'un module/démonstrateur, test en 2015, avant décision ou pas pour projet (concurrence très forte de GERDA, CUORE,...)

Neutrinos stériles (résout certaines anomalies expérimentales.) :

Quelle place pour les neutrinos stériles après Planck ?

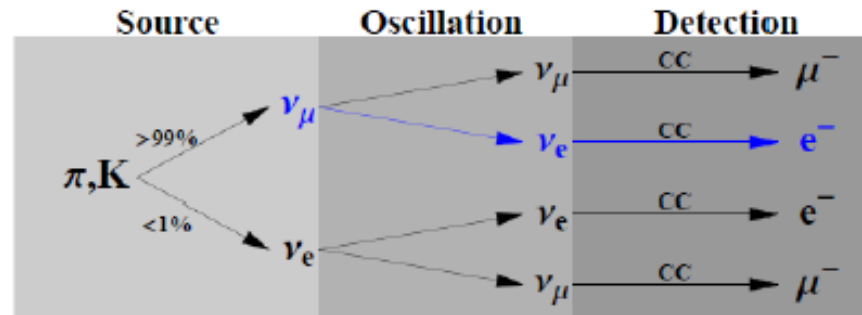
Expérience auprès sources (ILL) ou au CERN ????

Hiérarchie de masse : probabilité mesurée avec expériences actuelles (Daya Bay, T2K...)

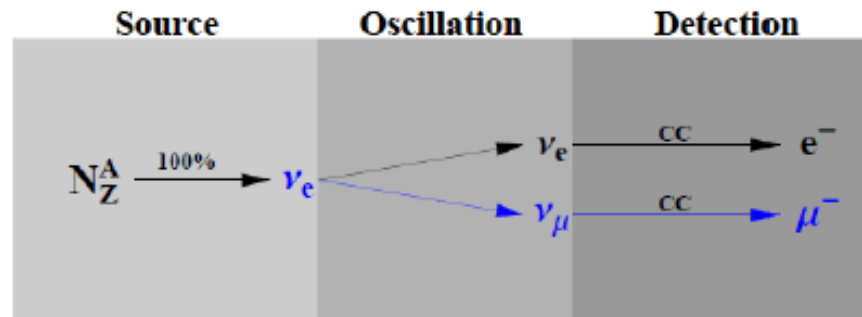
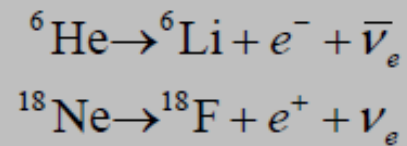
Violation de CP : Nécessité de nouvelles expériences à plus longue distance : projet Européen LNBO (???), projet US, projet Japonais (HyperKamiokande)

Superbeam, Betabeam and Neutrino Factory

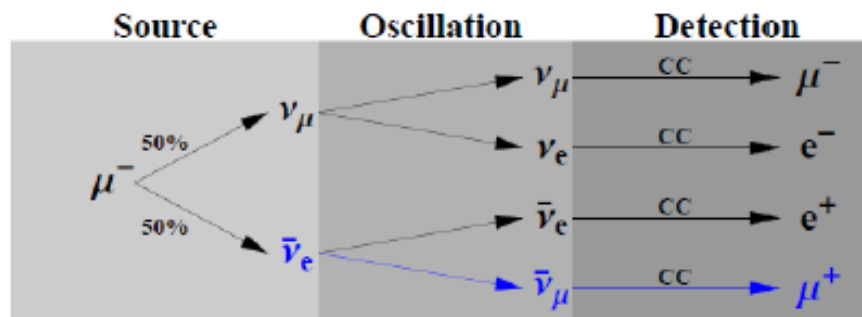
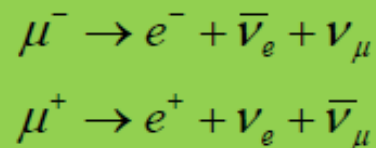
Superbeam:
dominantly (99%) ν_μ
 ν_e „contamination“



Betabeam:



Neutrino Factory:



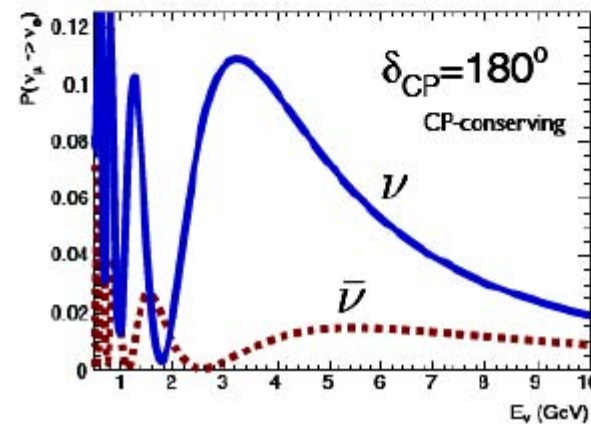
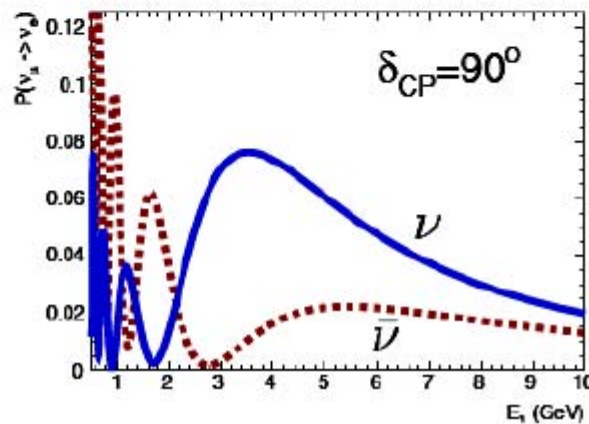
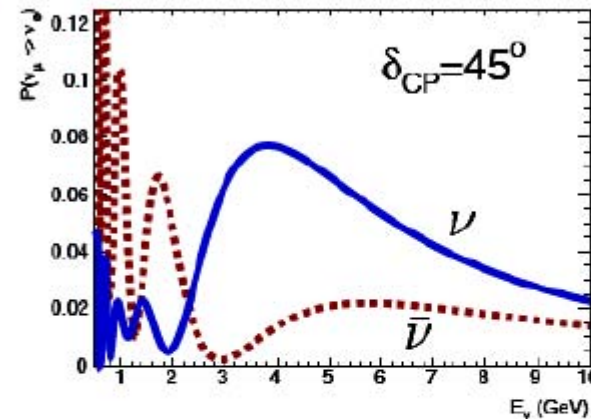
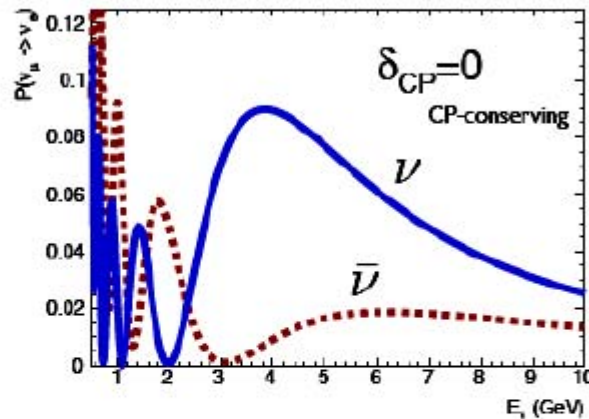
Long baseline avec super beam en phase I, puis neutrino factory en phase 2
(étape vers un multi TeV lepton collider ?)

CERN-Pyhäsalmi: oscillations

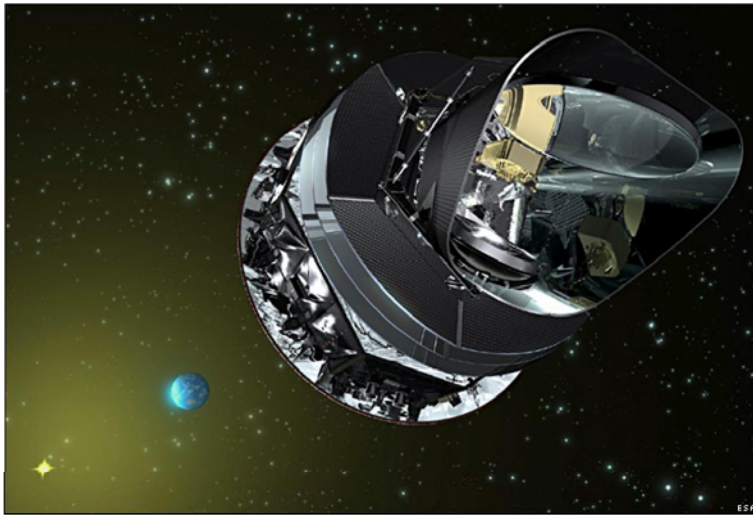
★ Normal mass hierarchy

L=2300 km

$$\sin^2(2\theta_{13}) = 0.09$$

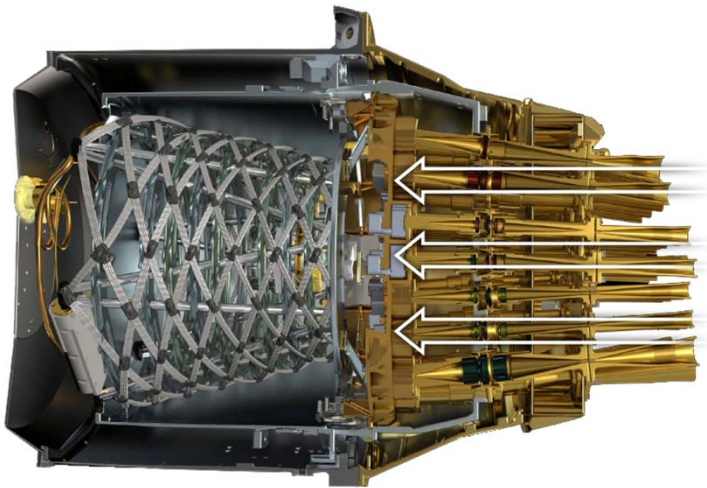


Expérience Planck



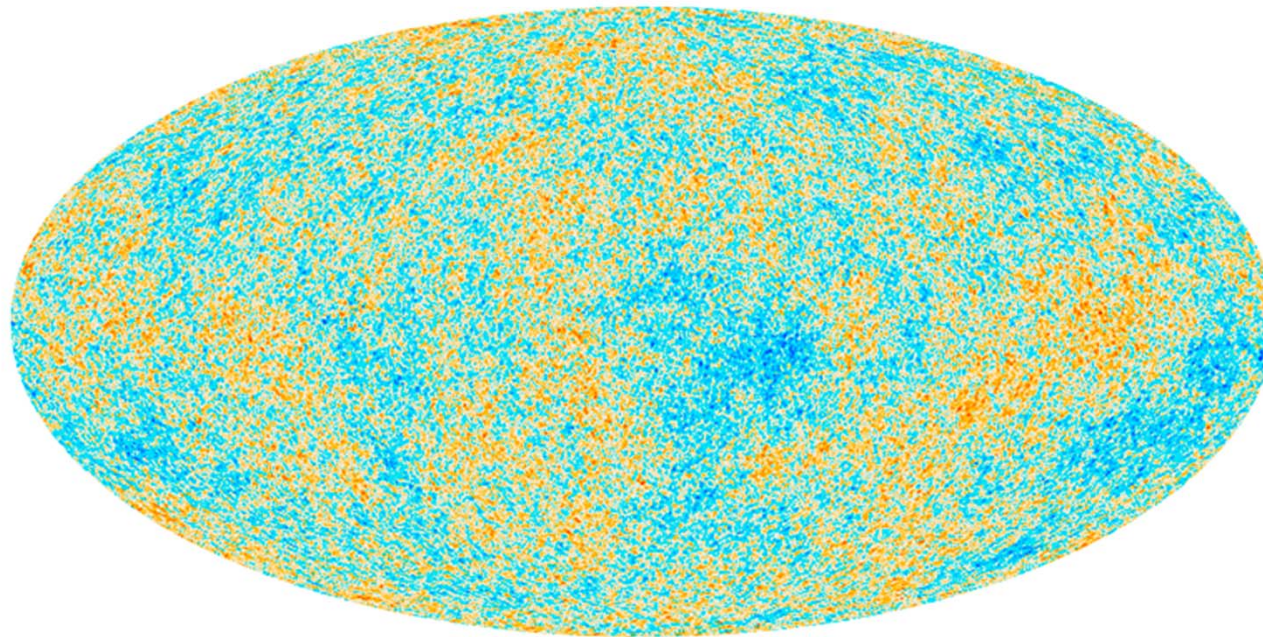
$t < 300000$ ans et $T > 3000$ K
 e^\pm , proton (noyaux)
+ photons absorbés/réfléchis
→ faible parcours

$T \sim 3000$ K :
noyau+électrons → atome
Les γ se propagent dans tout
l'univers (Fonds diffus cosmologique)
Expansion de l'univers + redshift :
 $T \sim 2.7$ K (IR lointain)



Ce rayonnement garde une histoire de l'expansion
Et permet de comprendre l'univers
Mesure des anisotropies de températures
($\Delta T/T \sim 10^{-5} - 10^{-6}$) et de la polarisation de ces
photons....
FUTUR : expérience au sol QUBIC/SQUID B
polarisation

Carte du CMB par Planck

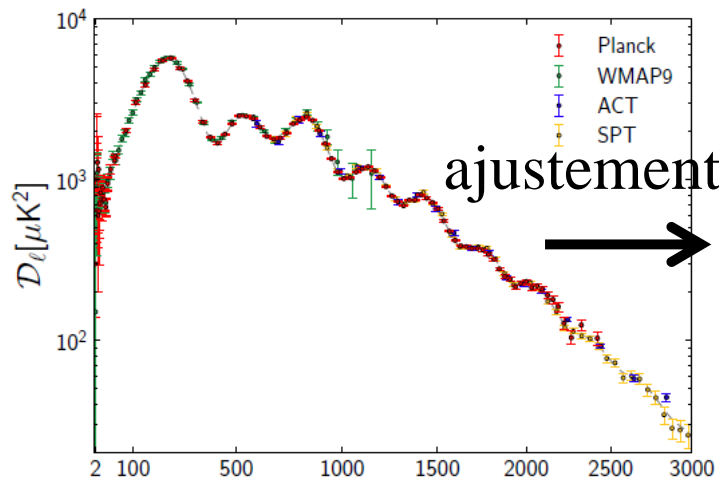


-486 μK

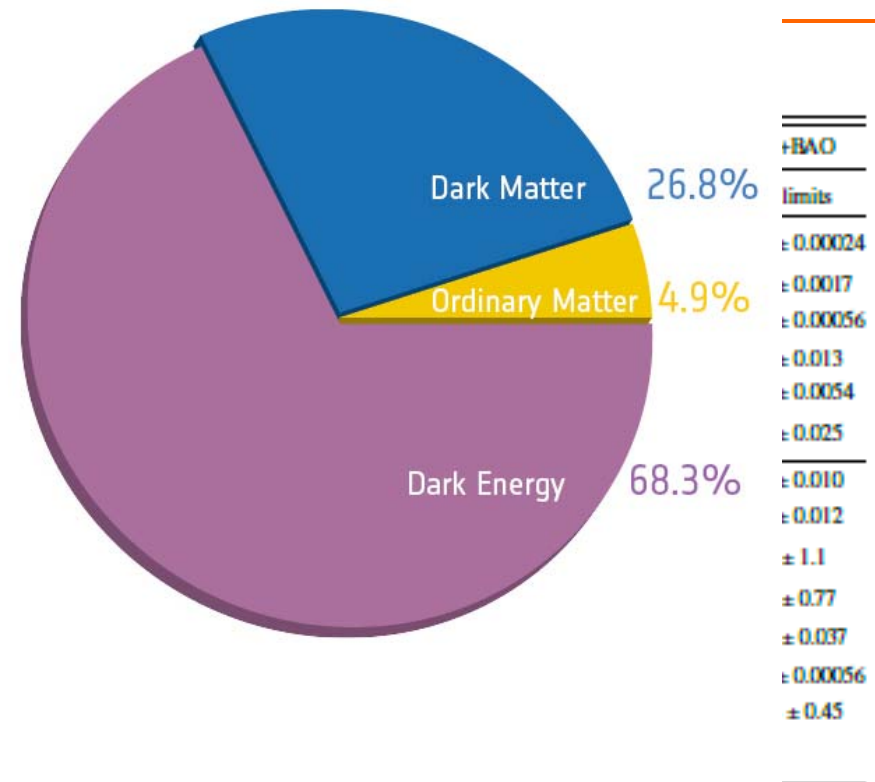
+538 μK

Paramètres cosmologiques

Corrélation angulaires

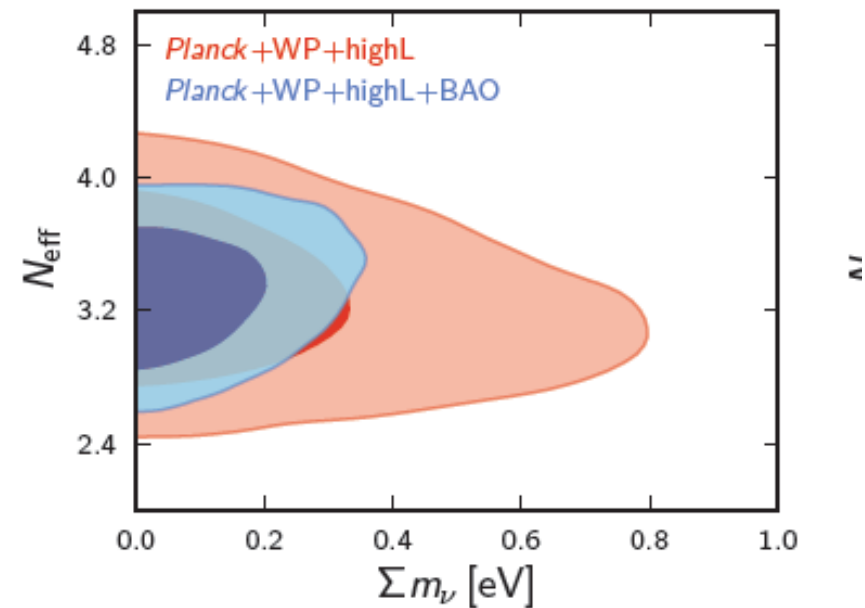
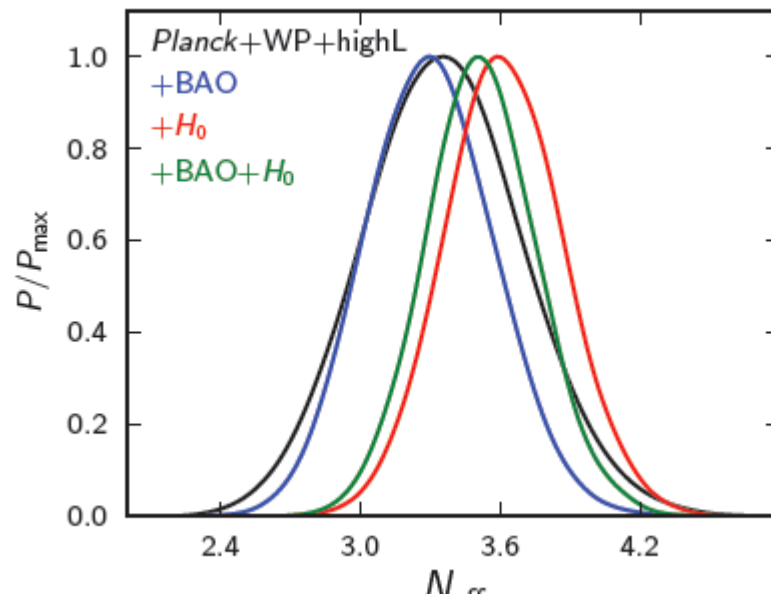


θ : 20° 0.1°



After Planck

Neutrinos avec Planck



$$\left. \begin{array}{l} N_{\text{eff}} = 3.32^{+0.54}_{-0.52} \\ \Sigma m_\nu < 0.28 \text{ eV} \end{array} \right\} \text{ (95\%; Planck+WP+highL+BAO). } \quad (79)$$

Contrainte forme sur la masse des neutrinos, et sur un 4^{ième} neutrino stérile notamment.....



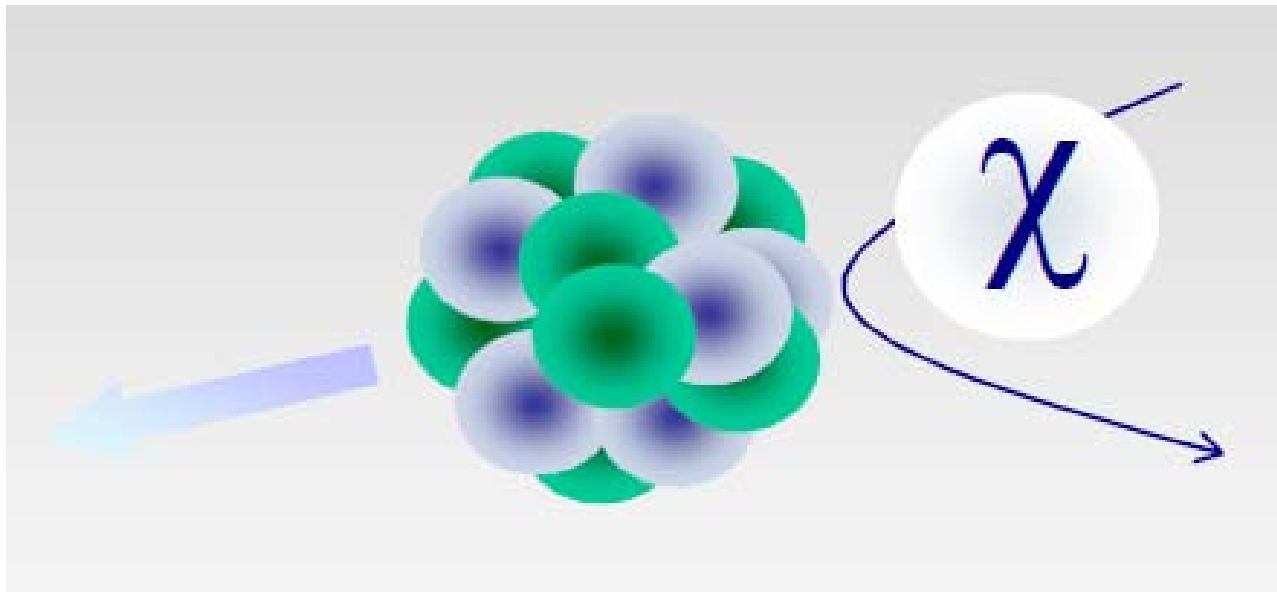
Matière noire

Plusieurs axes pour attaquer le problème :

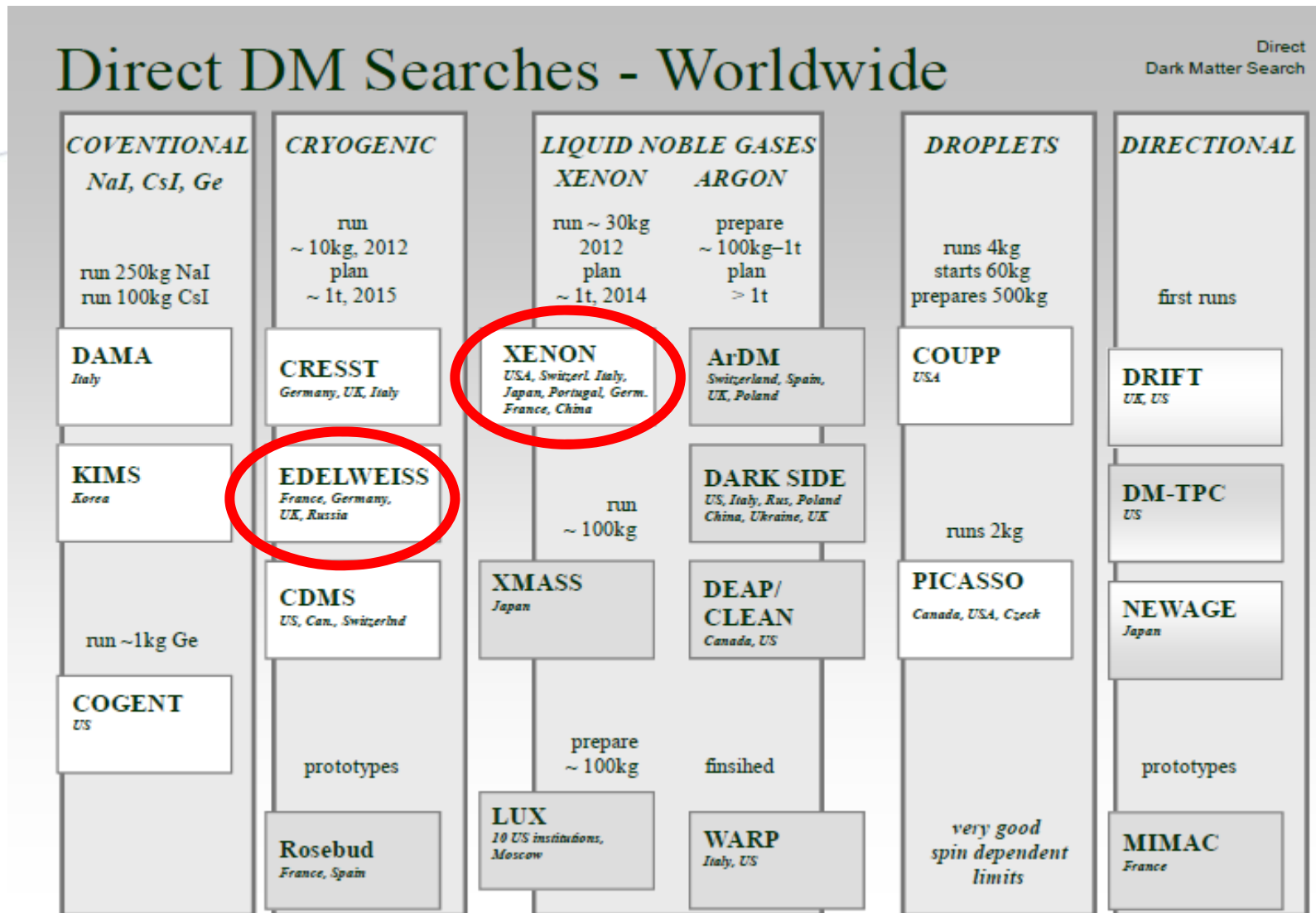
- Recherche directe de WIMPS : Eldeweiss, Xenon 100kg/1t (neutralinos 50-1000 GeV ?)
- Recherche de nouvelle physique au LHC (sypersymétrie) avec l'apparition de nouvelles particules : ATLAS/CMS
- Déformation de spectre de rayonnements (γ , positron,....) : HESS, AMS, Fermi.... puis CTA

Recherche directe

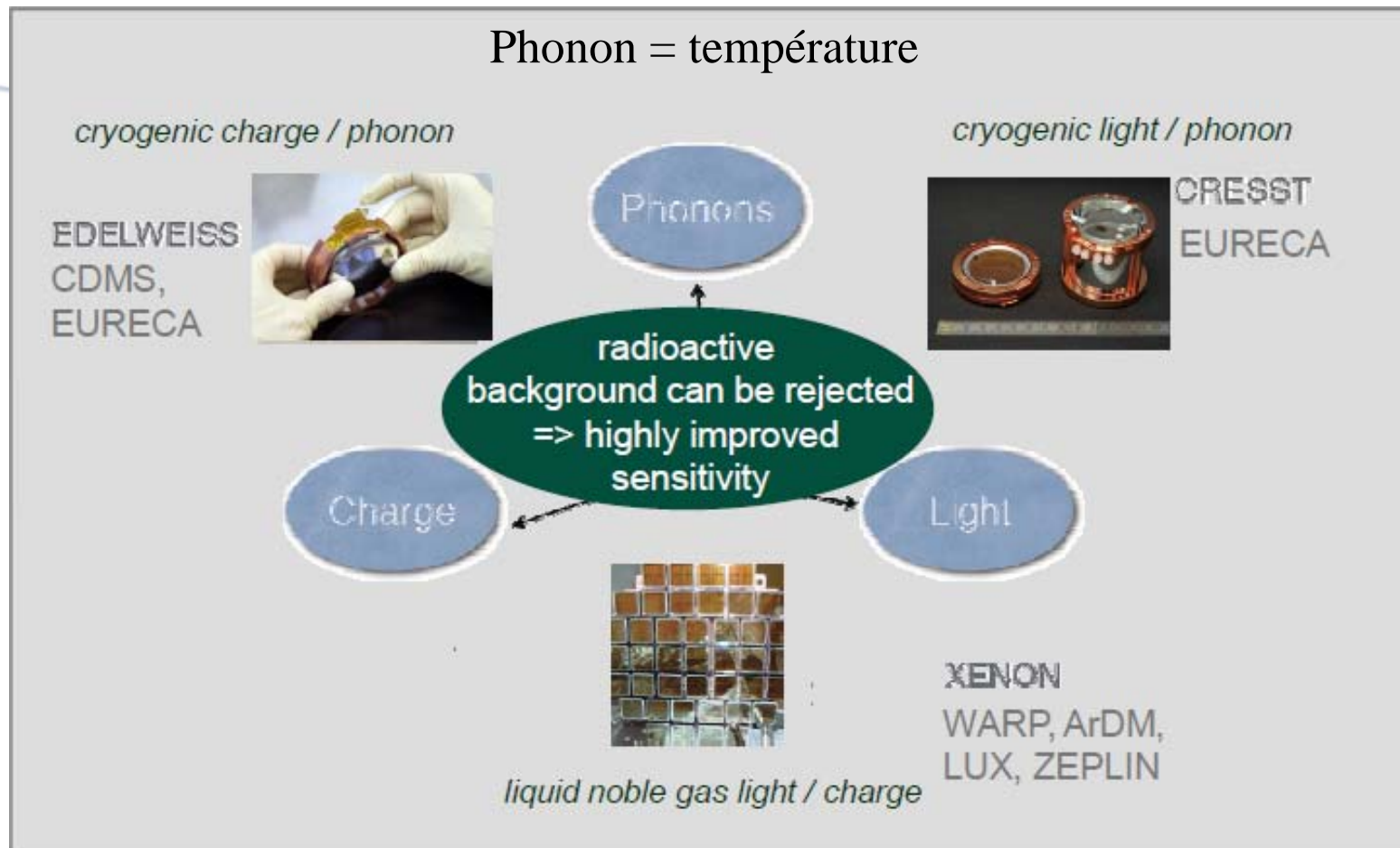
Particule stable : recherche de collision élastique sur des noyaux
Pour un neutralino de 1000 GeV à 270 km/s (\sim vitesse orbitale de la voie lactée) : qqs keV d'énergie
< 1 événement / semaine / kg



De nombreuses expériences...



Différentes techniques....

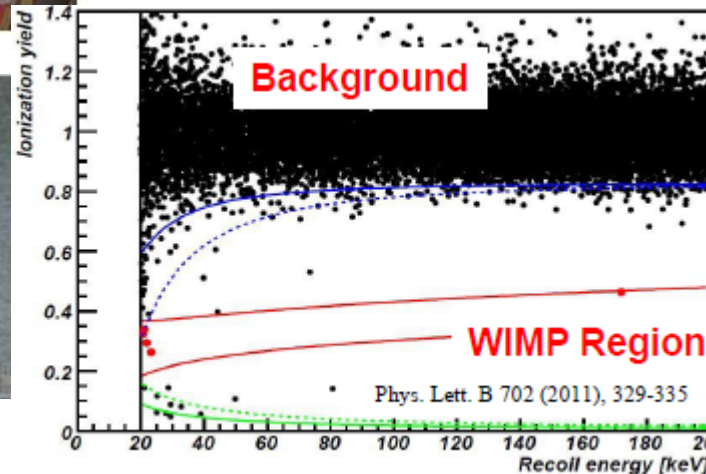
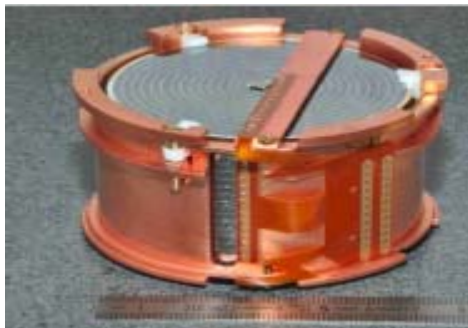


Edelweiss au LSM

IN2P3/IRFU



- continuous data taking
- 384 kg d published
- one of the best limits
(1 cts / 80 kg day)
- 3000 kg d expected 2013
(after 6 month)



Chaleur élévation de l'ordre de 20 mK, ionisation qq V/cm

Distinction recul électronique et recul nucléaire $Q(NR) = 1/3 Q(ER)$

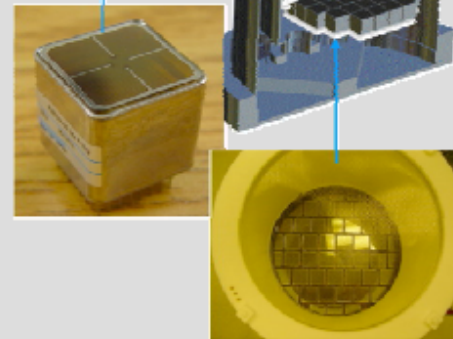
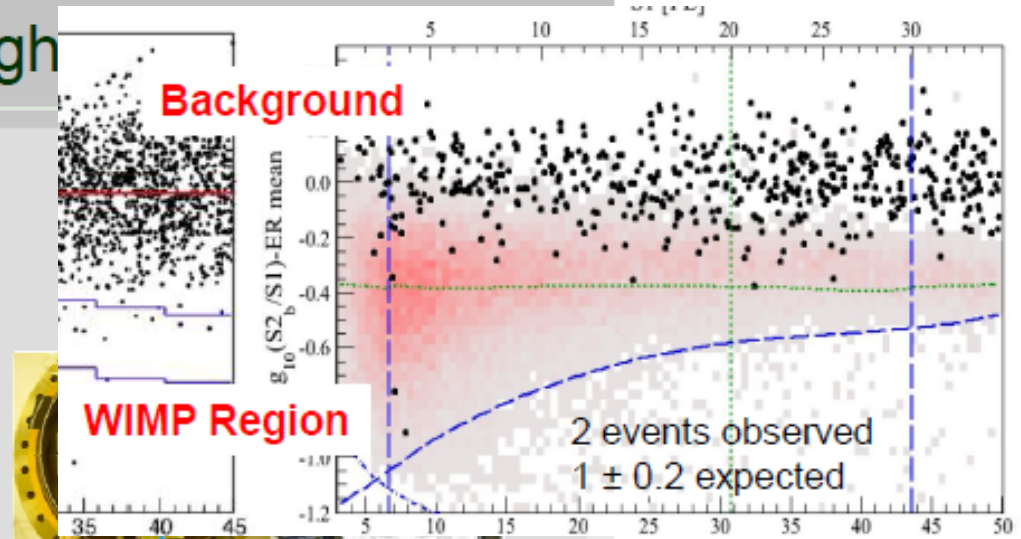
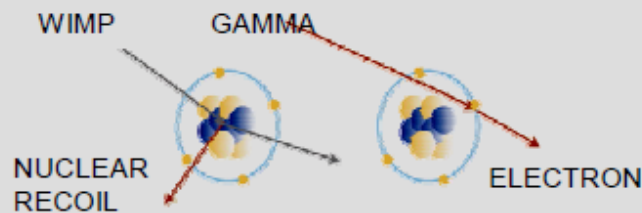
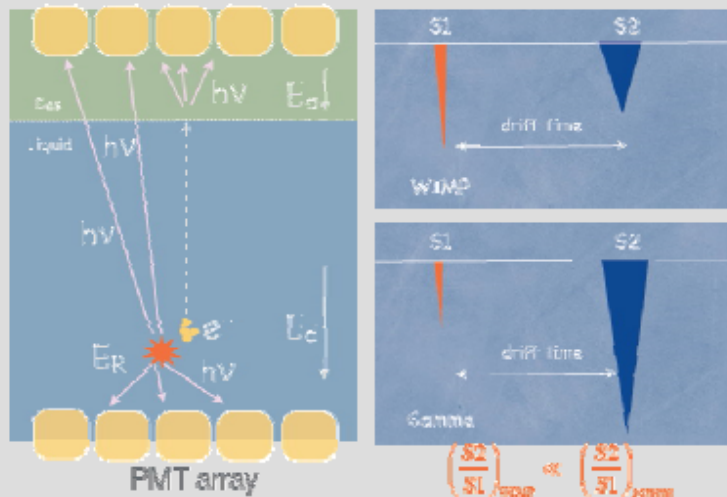
10^{-45} cm² sensibilité à
 ~masse de 50 GeV de WIMPs
 pour ~2014 avec Edelweiss III
 (24 kg- 30 bolo Ge) x 125
 jours)

Xénon : scintillation et charge

IN2P3

Xe 100 kg

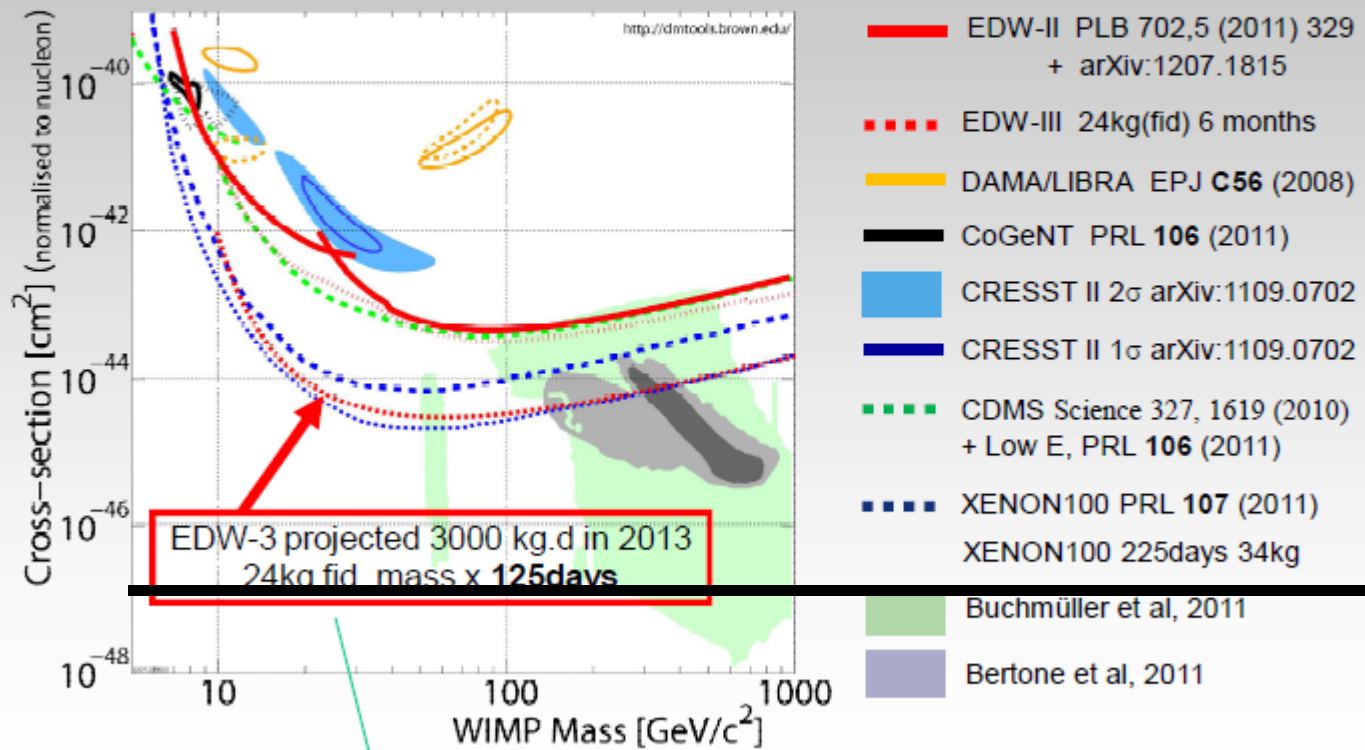
Liquid Noble Gases
Background Rejection by Light



Xe 1 Tonne
 @ 2017

EDELWEISS-III goal for 2013

<1 evt total background estimated for 3000kg.d eff. exposure



EDW 3000 kgd in ~ 140 days => 21 kg eff
 XENON100 2324 kgd in 395 days => 6 kg eff

(Courtesy K. Eitel)

Xe1T
 @ 2017
 $2.10^{-47} \text{ cm}^{-2}$

Energie noire ????

Ω_Λ non nul et concept énergie noire \rightarrow L'univers est dans une phase accélérée

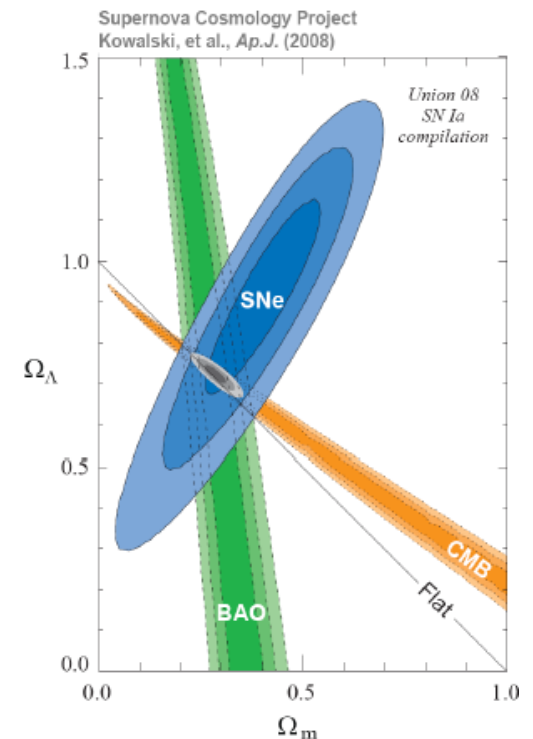
Que représente cette énergie noire :

- un champ scalaire à la Higgs ? Energie du vide ? Autre Explication ?

\rightarrow Le problème est principalement théorique, quelles mesures pour avancer ?

Approches expérimentales : mesurer ce Ω_Λ à différentes époques de l'univers par différentes sondes/directions :

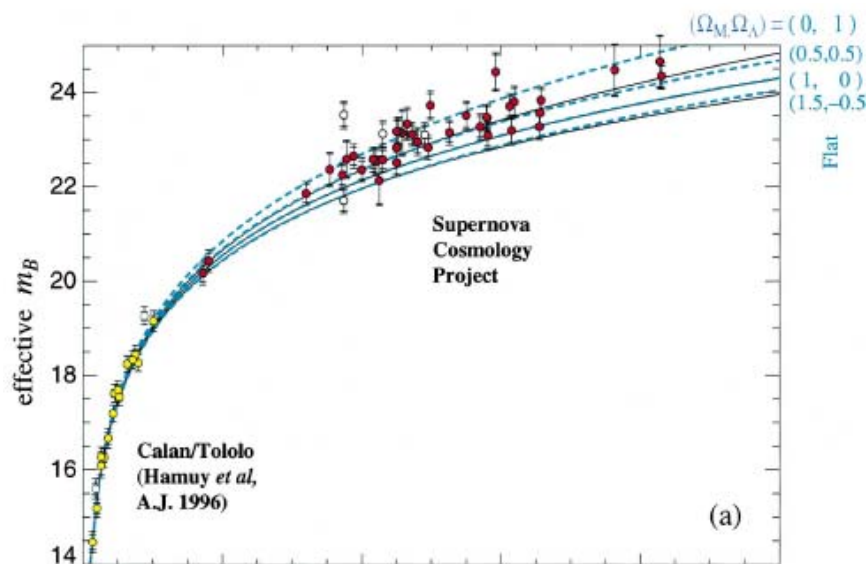
- CMB (Planck....) : redshift $z \sim 1000$
- Super Novae... $z \sim 1$, accroître la stat avec des z plus lointains, amélioration systématiques
- Ondes Acoustique Baryoniques :
- Amas de galaxies : densité fct de l'expansion de l'univers
- Weak Lensing



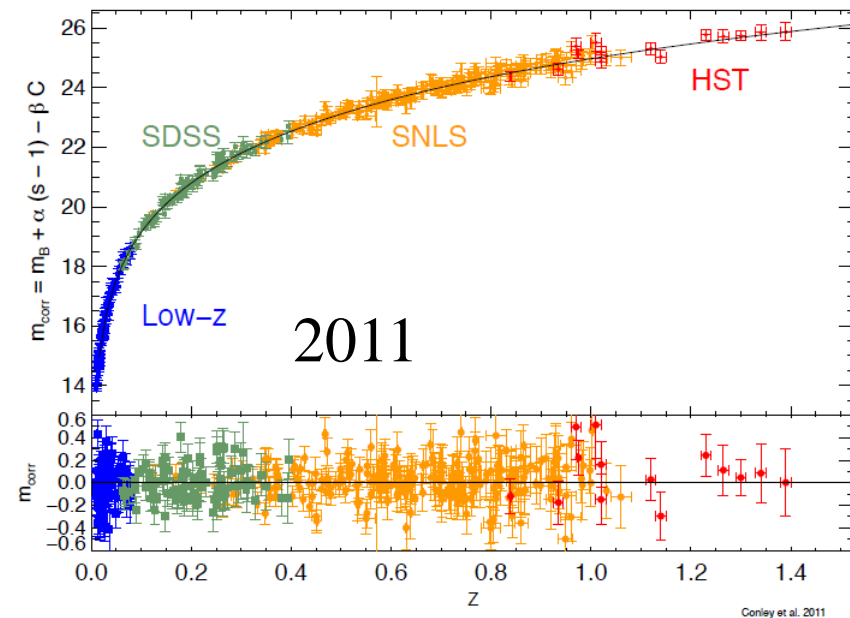
Energie noire : SN

SuperNovae : Luminosité en fonction de z . première mesure de Ω_Λ non nul et concept énergie noire

Accroître la statistique, z plus lointains, différentes directions, meilleure systématique : LSST (IN2P3)

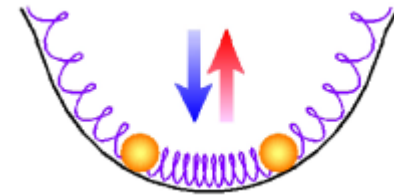


Perlmutter et al., 1999

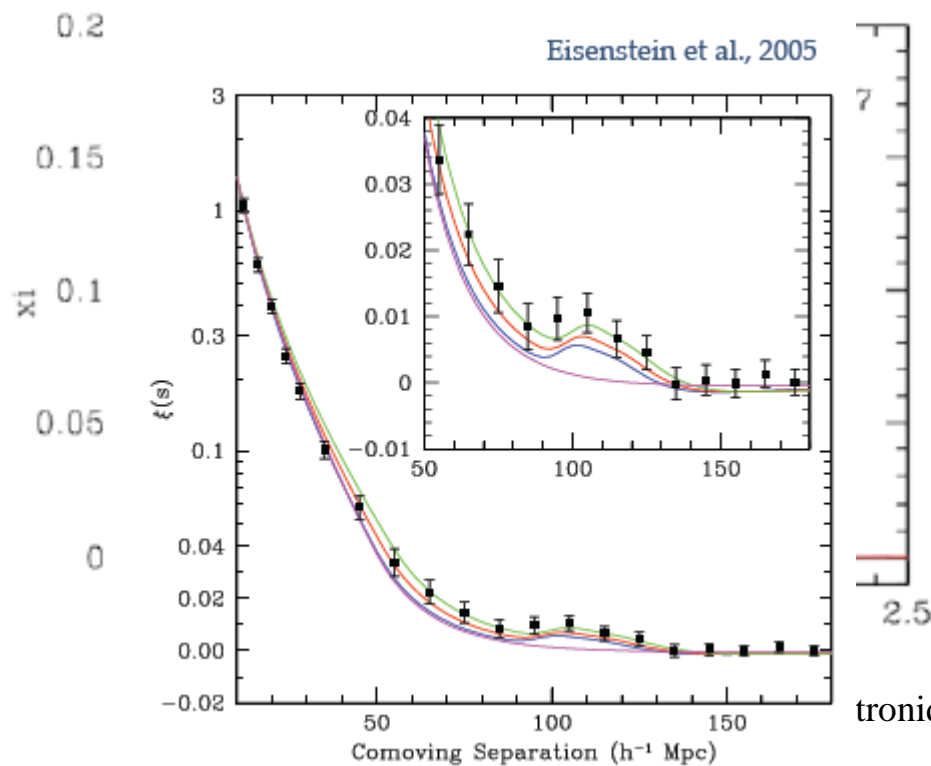


ronique Porquerolles 24/06/15

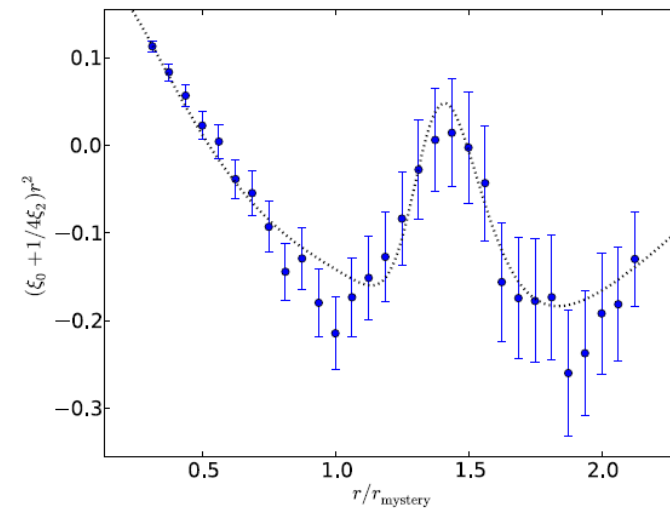
Energie noire : BAO



- Ondes Acoustique Baryoniques :
- zones +/- dense, matière tombe par« gravitation »dans les zones les plus denses
- pression, émission d'ondes



BOSS 2012 (IN2P3/IRFU)

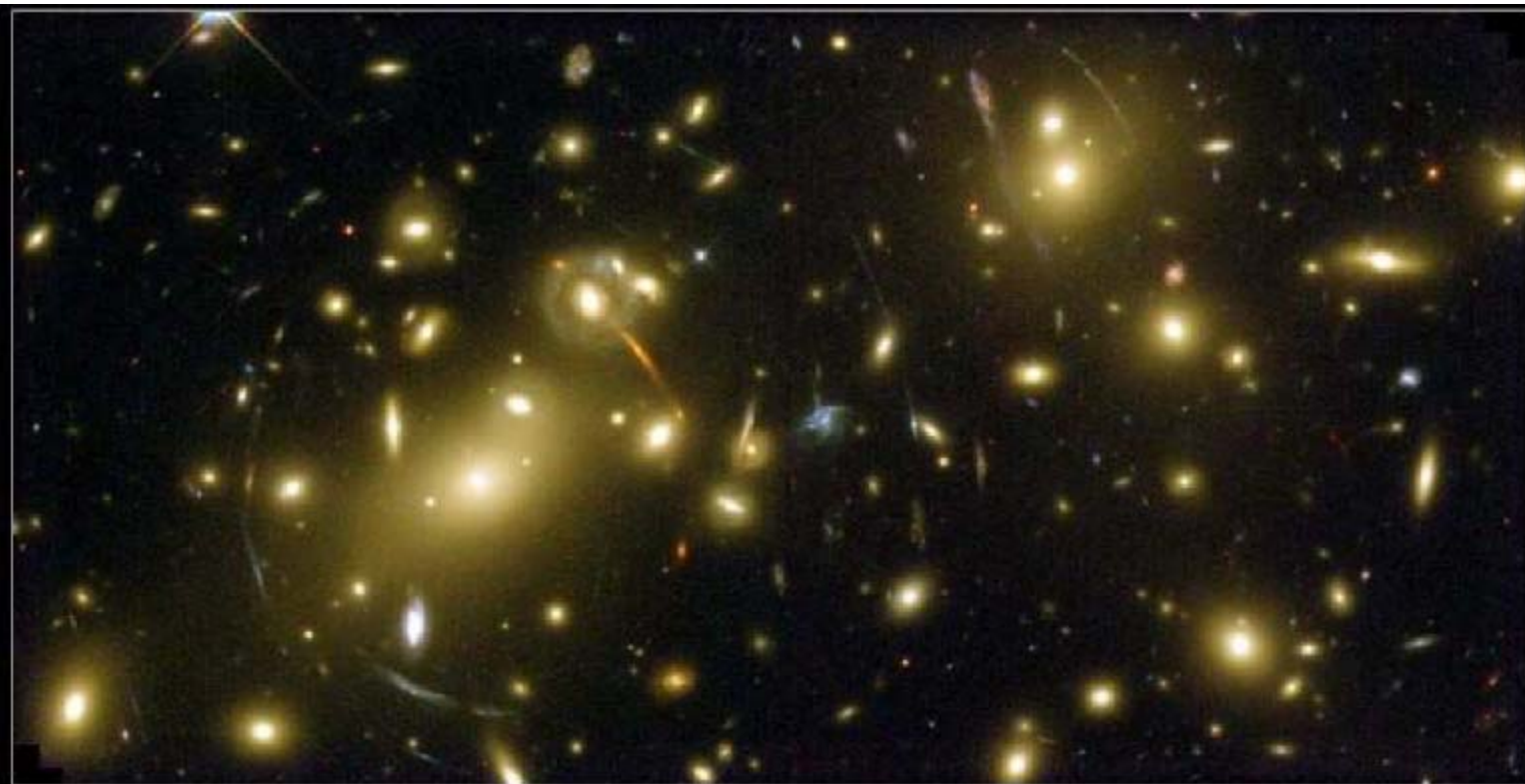


→ LSST (IN2P3)
 + EUCLID (IN2P3/IRFU)

ronique Porqu

Energie noire : Weak Lensing

Mesure des arcs de déformations → accès à Ω_m (EUCLID/LSST)

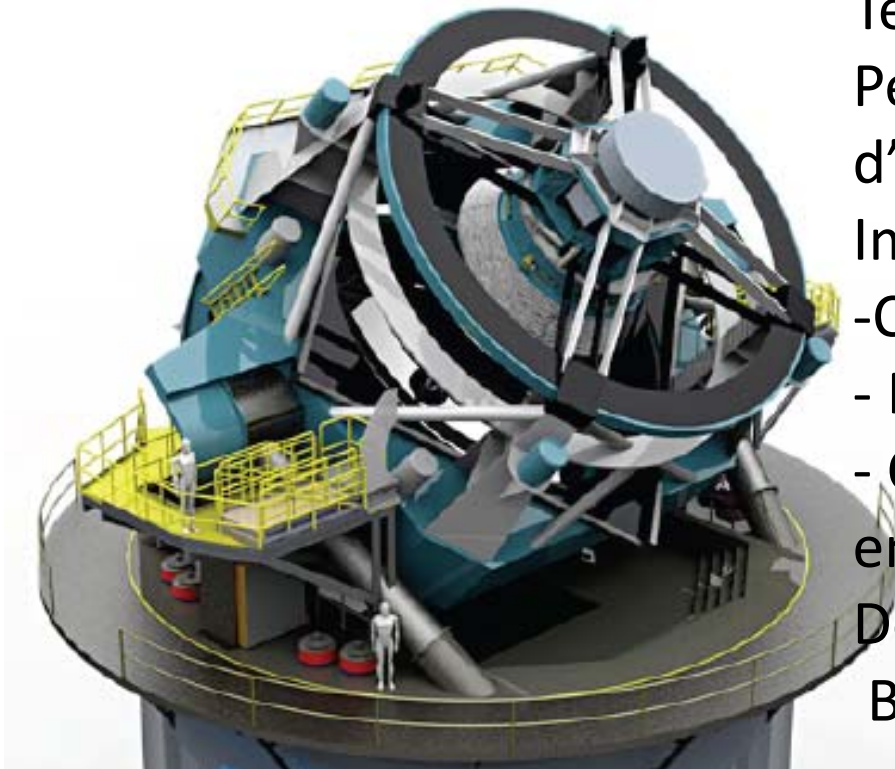


Galaxy Cluster Abell 2218

HST • WFPC2

NASA, A. Fruchter and the ERO Team (STScI) • STScI-PRC00-08

LSST (IN2P3)



Télescope + caméra

Permet d'accéder aux 4 sondes
d'énergie noire

Implication IN2P3 possible dans

-Caméra : CCD + readout (ASPIC)

- Filtres et contrôle mécanique

- Calcul (~une expérience LHC au CC
en terme de volume de données)

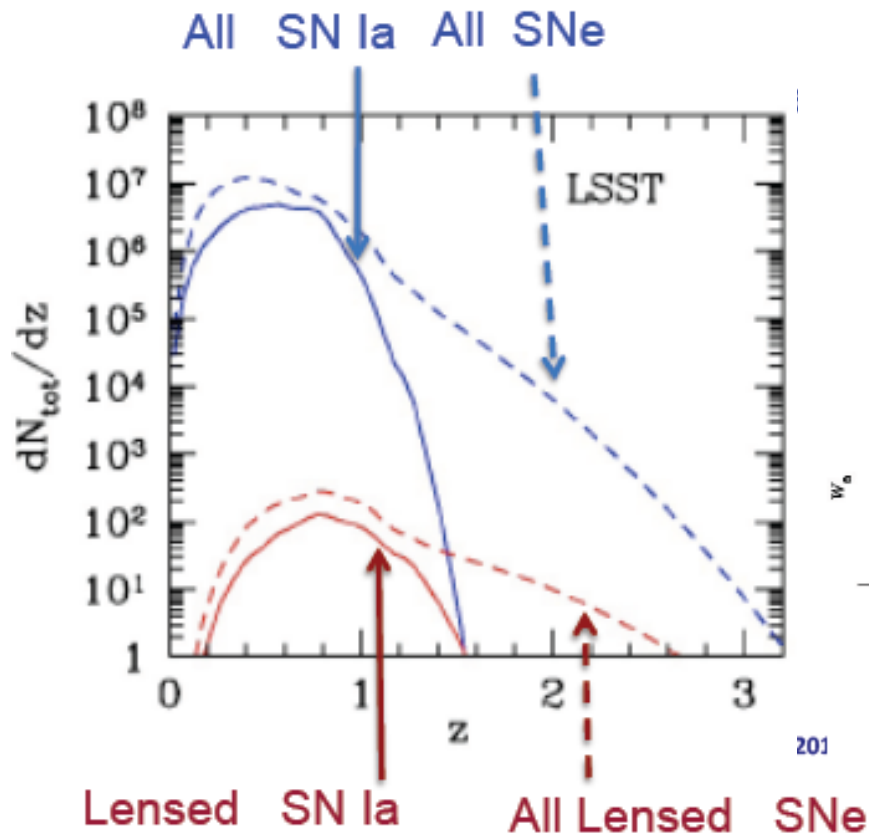
Démarrage > 2020

Budget pas encore défini...

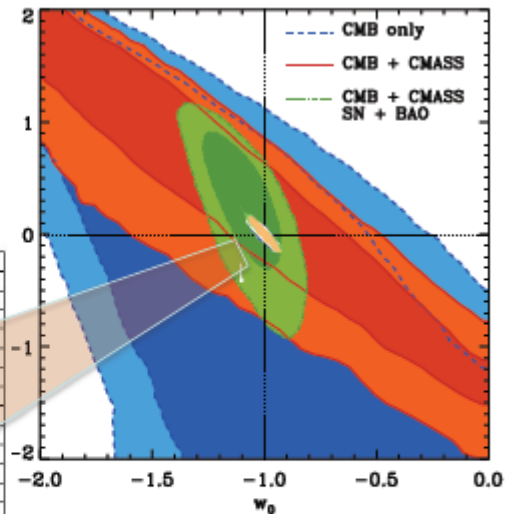
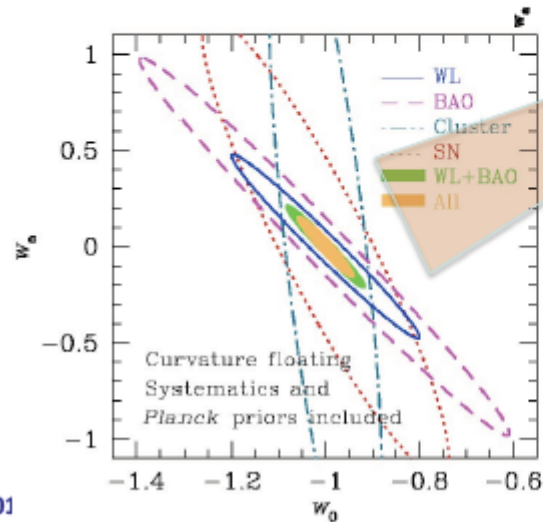
LSST : Wide , Deep , Fast and Uniform sky survey

LSST après 10 ans

Mesure de $H(z)$ dans différentes directions

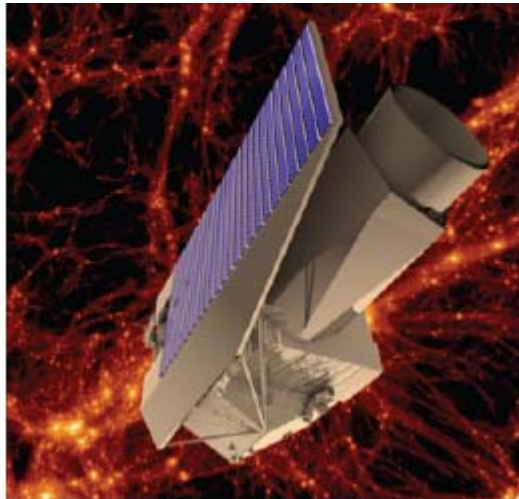


LSST (in > 12 years)



Today :
 Sanchez et al. 2012
 $w_0 = -1.08 \pm 0.11$
 $w_a = 0.23 \pm 0.42$

EUCLID (IN2P3/IRFU)



Weak lensing
Cluster de galaxie

Mission ESA avec deux instruments :

- VISP : imagerie grand angle visible
- NISP : imagerie proche IR
(responsabilité IN2P3)

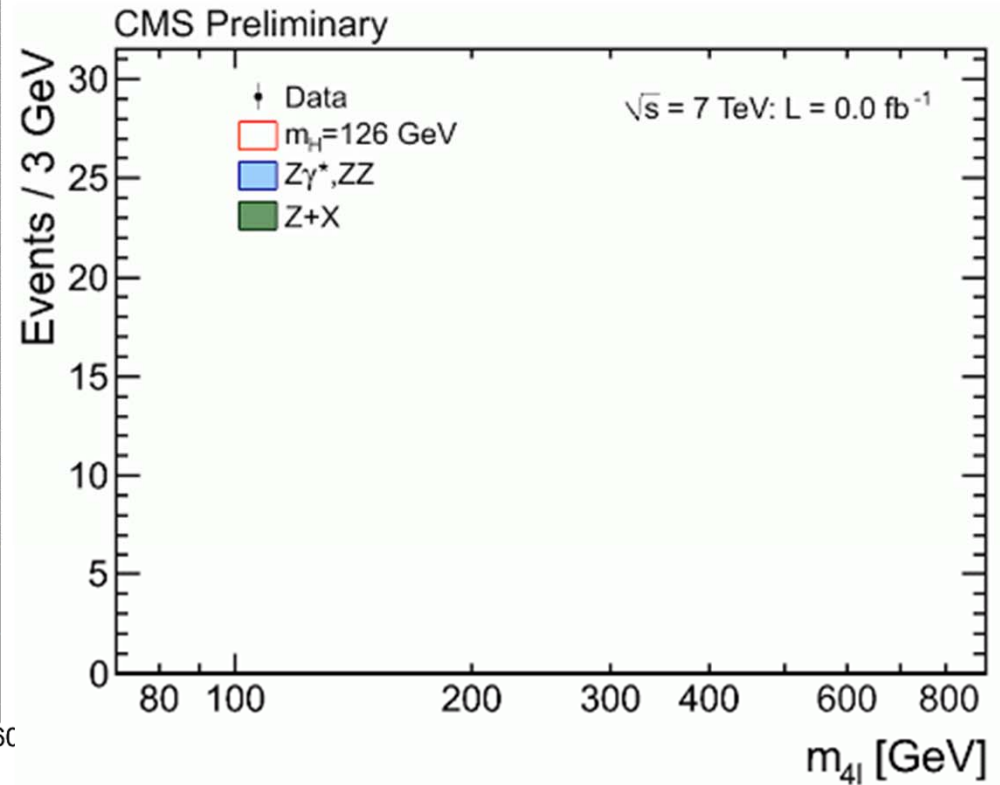
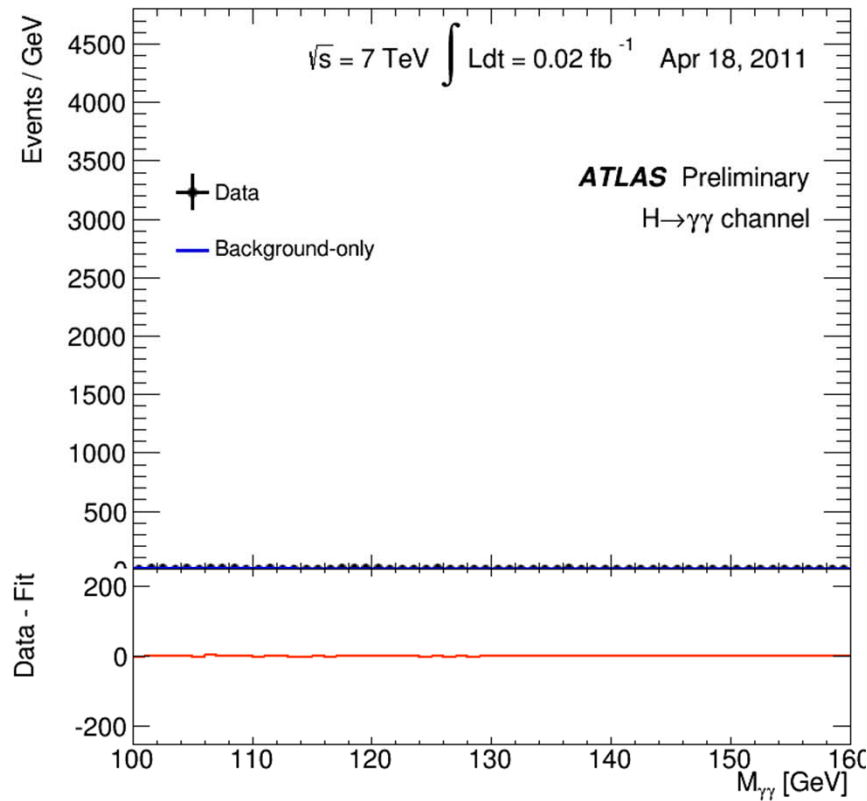
Mise en service > 2020

Contribution calcul au CC-IN2P3

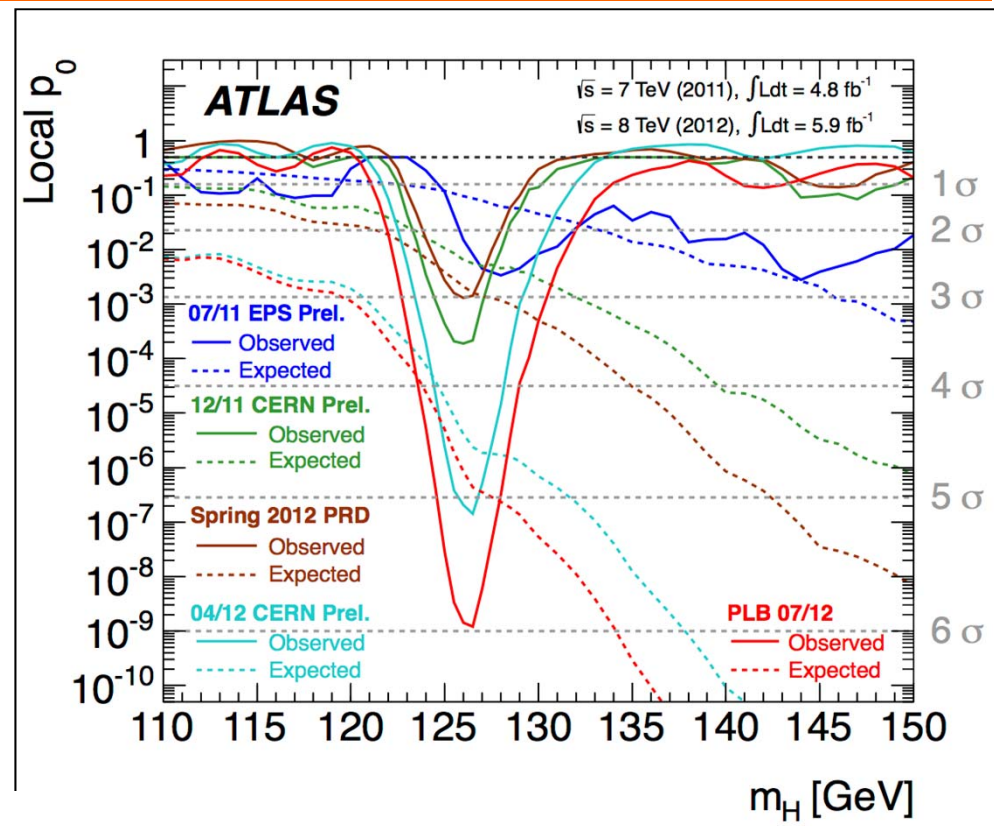
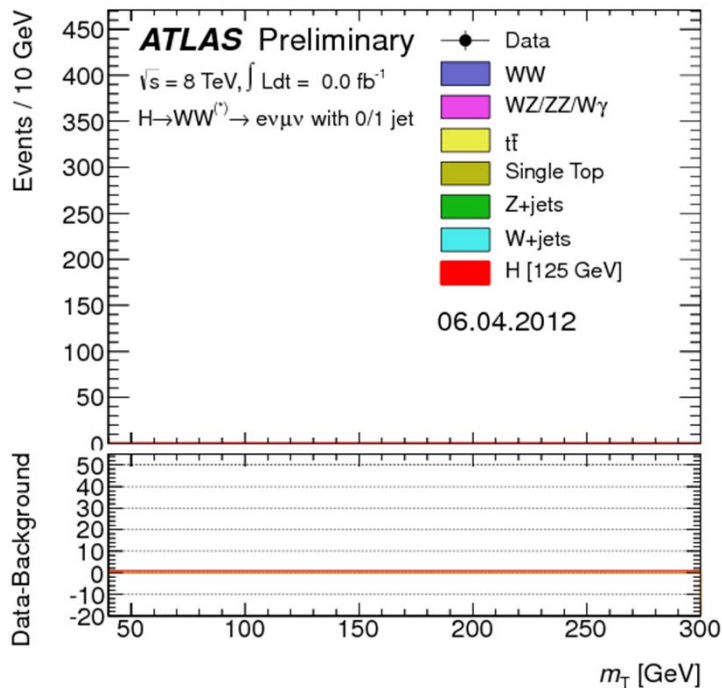
LSST+EUCLID : analyse combinée

Issue	Our Targets
Dark Energy	Measure the DE equation of state parameters w_0 and w_a to a precision of 2% and 10%, respectively, using both expansion history and structure growth.
Test of General Relativity	Distinguish General Relativity from the simplest modified-gravity theories, by measuring the growth factor exponent γ with a precision of 2%
Dark Matter	Test the Cold Dark Matter paradigm for structure formation, and measure the sum of the neutrino masses to a precision better than 0.04eV when combined with Planck.
The seeds of cosmic structures	Improve by a factor of 20 the determination of the initial condition parameters compared to Planck alone.

Découverte d'un boson de Higgs au LHC



Découverte d'un boson de Higgs au LHC



**Découverte non ambiguë
 d'une particule d'un type nouveau (spin 0)**

Physique des particules : l'après découverte....

1) Le Higgs est « standard » (ATLAS, CMS... ILC)

- Nombre de familles ?
- Hiérarchie ?
- antimatière, matière noire ?

2) Le Higgs n'est pas standard → Nouvelle physique

2 approches possibles

$$\propto (C_{NP}/M_{NP})^2$$

Directe (ATLAS, CMS, ILC?)

Observation nouvelle
particule

Energie : 8 → 14 TeV en 2015 electroni

Indirecte (ATLAS, CMS, LHCb,

Super KEKB + basse énergie)

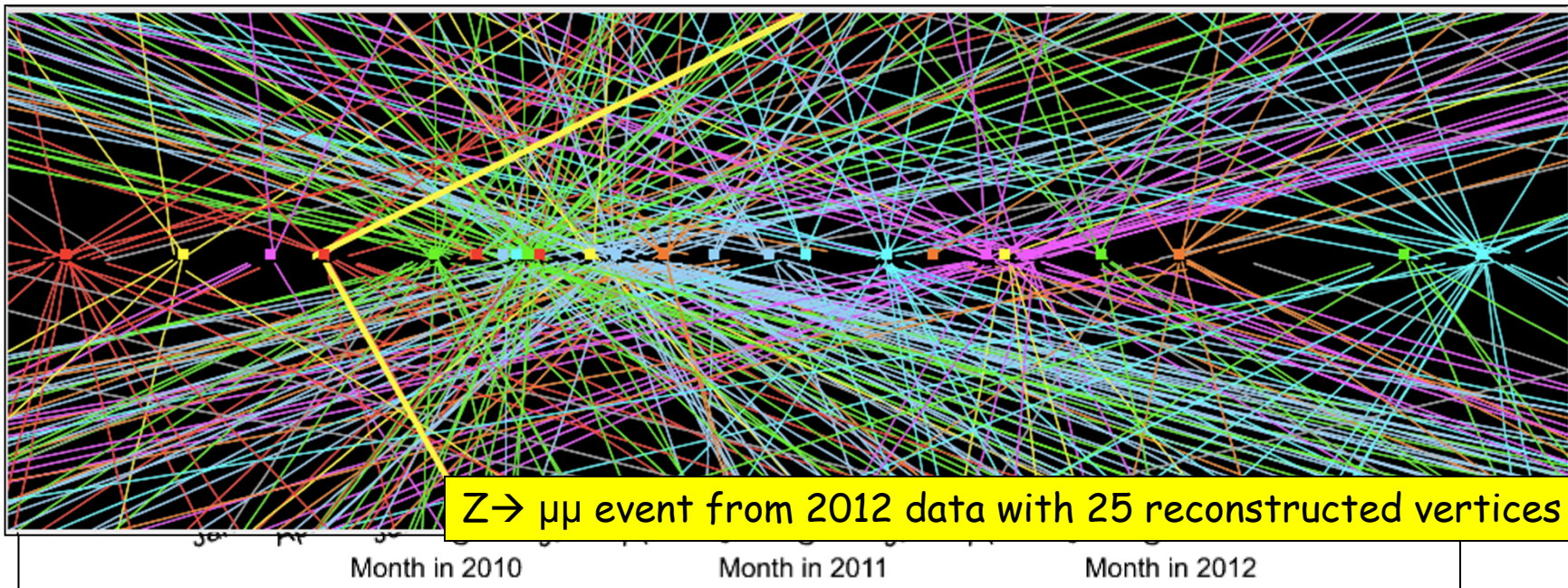
Déviations dans des mesures /SM

Luminosité (SLHC)

Quels projets/expérience ? Quand ?

1) Le LHC

- 2013, 25 fb-1 / expérience @ 7-8 TeV, 50 ns et > 20 interactions / croisement (1 fb-1 ~ 60-80 10^{12} collisions)





Quels projets/expérience ? Quand ?

- Redémarrage 2015 : 13-14 TeV pour 3-4 ans et atteindre 100 fb⁻¹ (50 vs 25 ns)
- 2018-2019 : première phase d'augmentation en luminosité.
100 fb⁻¹ / an **approuvée**
ATLAS & CMS : upgrades trigger et vertex (CMS)...
LHCb : modification importante (lecture 40 MHz, velo, cerenkov)
ALICE : modification importante (ITS, électronique TPC/di muon, MFT...) (incertitudes sur financement ALICE/LHCb)
- 2022 (irréaliste) : seconde phase d'augmentation en luminosité,
but : 3000 fb⁻¹
ATLAS et CMS uniquement : modifications majeures des détecteurs (60 % cout initial, tracker, électronique,....)



Quels projets/expérience ? Quand ?

2) Super KEKB au Japon (Projet italien abandonné) : prise données à partir de 2017. Canaux complémentaires LHCb

3) ILC :

Choix du site en Juillet 2013

Discussions/négociations haut niveau 2013 → 2016

(Quelle fraction financée par Japon ?)

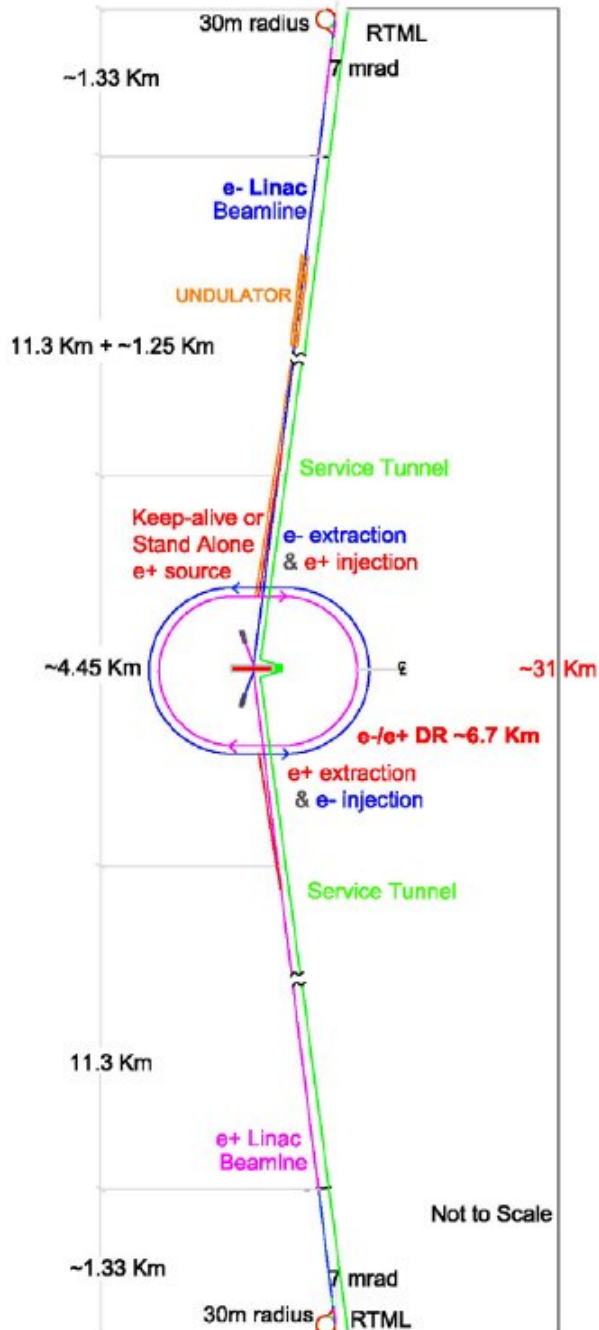
→ Si décision positive, début prise de données pour un ILC (250 GeV) en 2025 ? Puis 500 GeV.

Une ou deux expériences (SiD, ILD). Finalisation R&D jusqu'en ~2015 (IN2P3 : Calo EM, SHCAL, pixel CMOS, IRFU TPC)

→ Si décision positive, études ingénierie puis construction

ILC

SLIDE PORQUEROLLES 2007 !!



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 $\sim 199 \text{ ms}$

2016

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

2025



Accélérateur CERN post LHC

Etude démarre en vue de la prochaine stratégie Européenne (2018) pour une nouvelle machine > 2030

pp : design d'aimant supra haut T_c : 12-15 T

Tunnel actuel 28 TeV

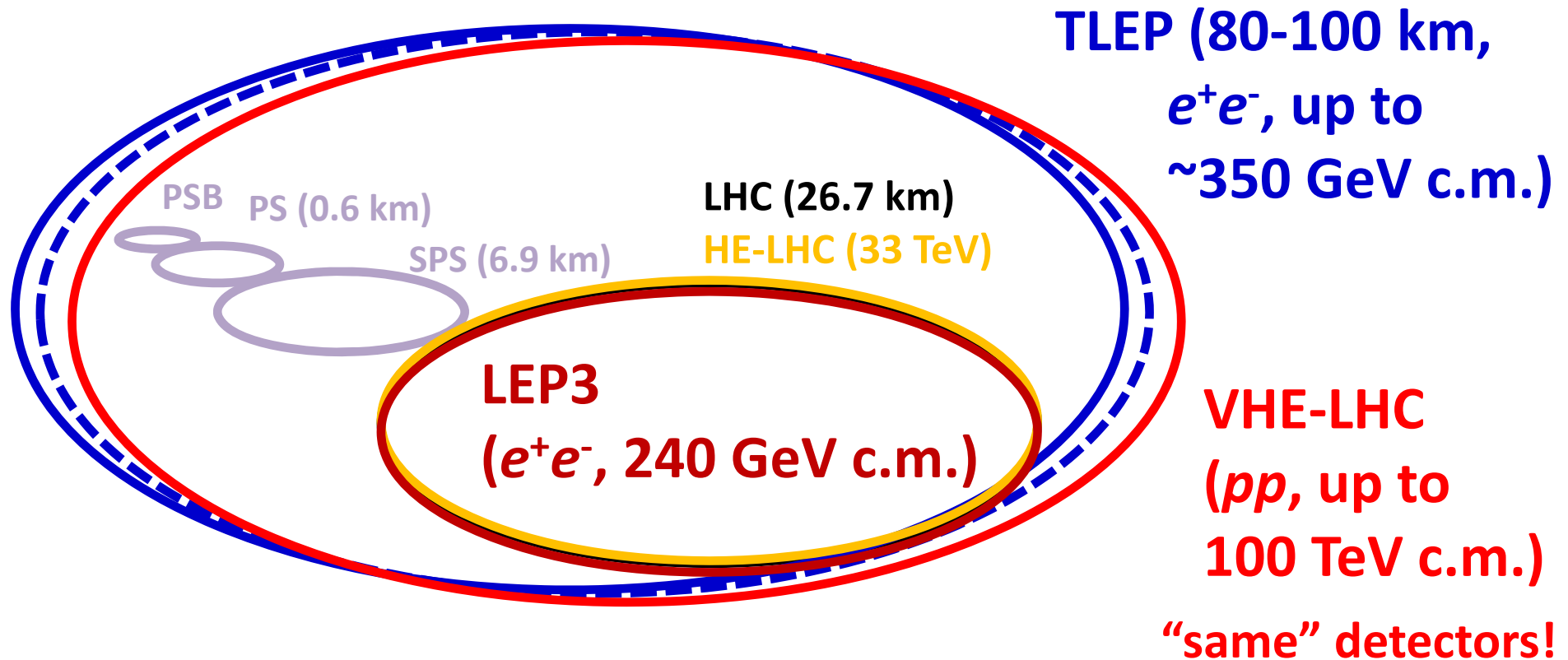
Nouveau tunnel (80-100 km) : 30-40 TeV (aimants standard LHC) → 100 TeV (supra haut T_c) VLHC

e^+e^- : LEP 3 (dans tunnel actuel), 230-240 GeV, à la place du LHC essentiellement irréaliste

TLEP : e^+e^- dans tunnel 80/100 km → 350 GeV

CLIC → multi TeV ?

circular Higgs factories at CERN & beyond



& e^\pm (120 GeV) – p (7, 16 & 50 TeV) collisions ([(V)HE-] TLHeC)
 ≥ 50 years of e^+e^- , pp , ep/A physics at highest energies
a long-term strategy for HEP!

Carte d'identité du « Higgs »

Défini dans le MS

Ok,
SLHC, ILC ????

SLHC & ILC
Précision ?
Théorie 1 %

SLHC & ILC
Précision ?
Théorie 1 %

SLHC, ILC (500) ????

the shopping list

- mass
- spin and parity (J^P)
- CP (even, odd, or admixture?)
- couplings to vector bosons: is this boson related to EWSB, and how much does it contribute to restoring unitarity in $W_L W_L$ scattering
- couplings to fermions
 - is Yukawa interaction at work?
 - contribution to restoring unitarity?
- couplings proportional to mass ?
- is there only one such state, or more?
- elementary or composite?
- self-interaction

Non contraint

Libre

SUSY

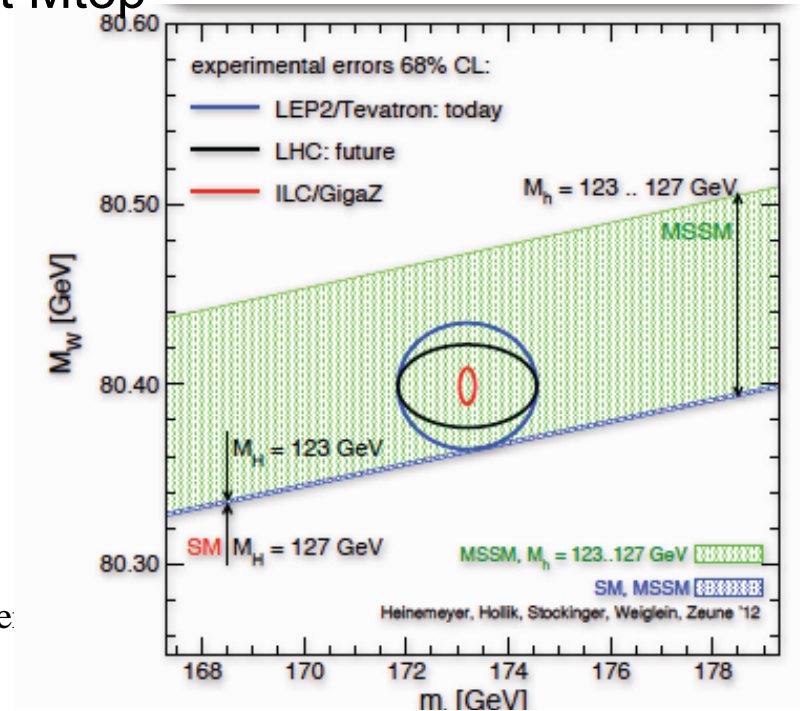
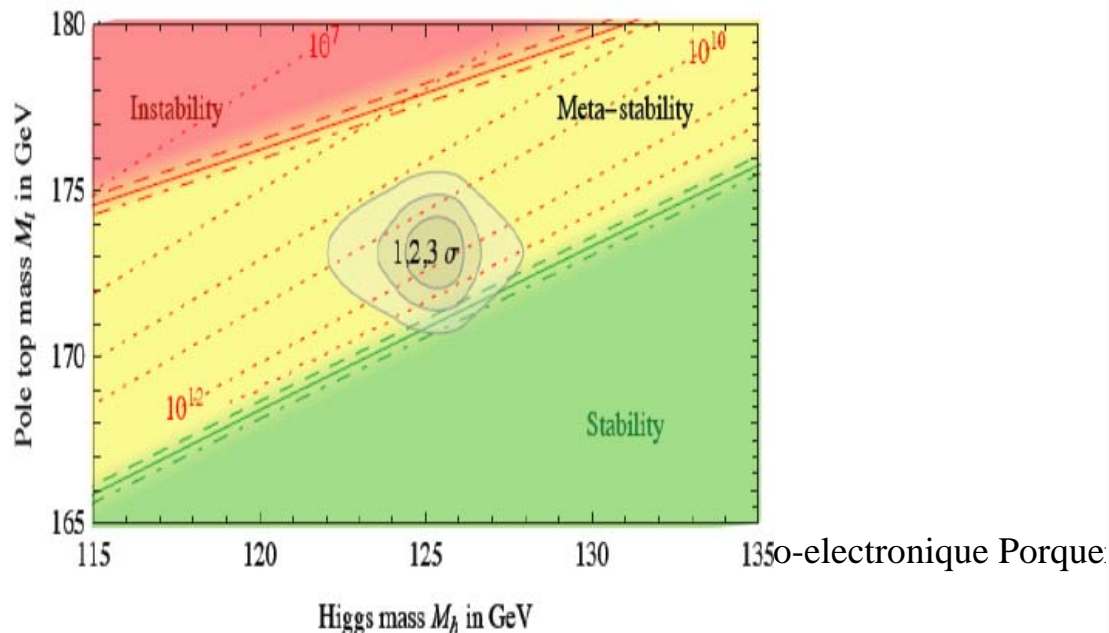
Masse du Higgs

Cohérence du modèle standard :

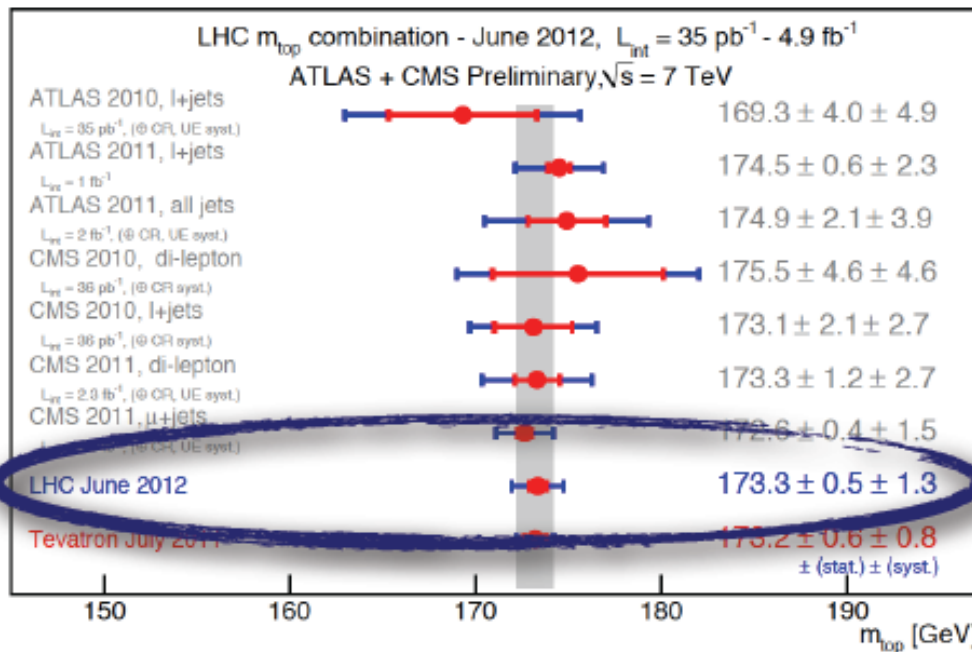
- M_H : mesure déjà à qq% pour milles au LHC
 (→ 100 MeV, 50 MeV pour e+e- collider)

Pas prédite mais modifiée de nombreuses observables par effets quantiques

- Nécessité de mesure très précise de M_W et M_{top}



Masse du top



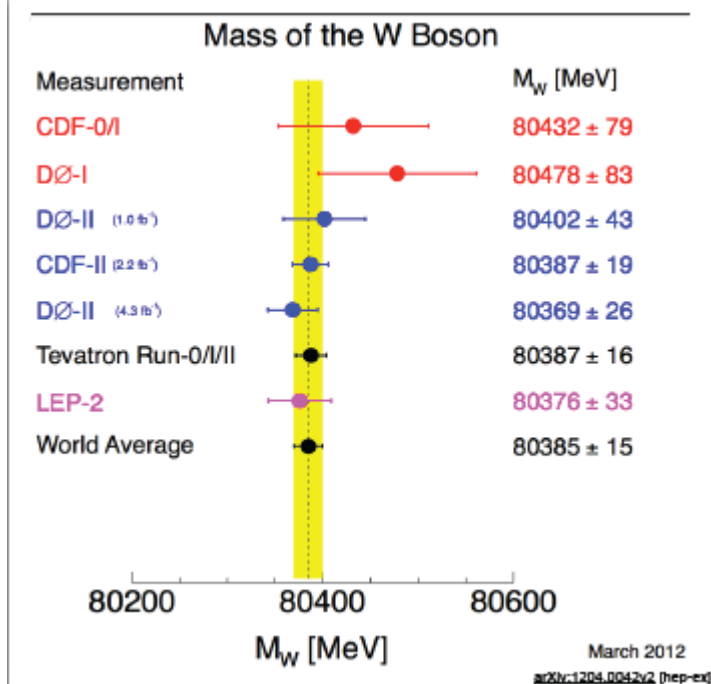
Stat et syst au même niveau (5-6%)

Même masse mesurée à partir de la section efficace et ou reconstruction directe ?

Lepton colliders : $\sim 100 \text{ MeV}$
 10 fois mieux que LHC

- Importance de continuer à explorer le top, quark le plus lourd :
- Single top / polarisation / top asymetry
 - désintégration rares/exotiques / SM

Masse W



Sensibilité au Higgs identique si
 $\Delta M_w = 0.006 \Delta M_{top}$

D0 (II) : 15 MeV ?

LHC : compte tenu du pile-up, mieux
 que 15 MeV ? 10 MeV ?

e+e- colliders : MeV level ?

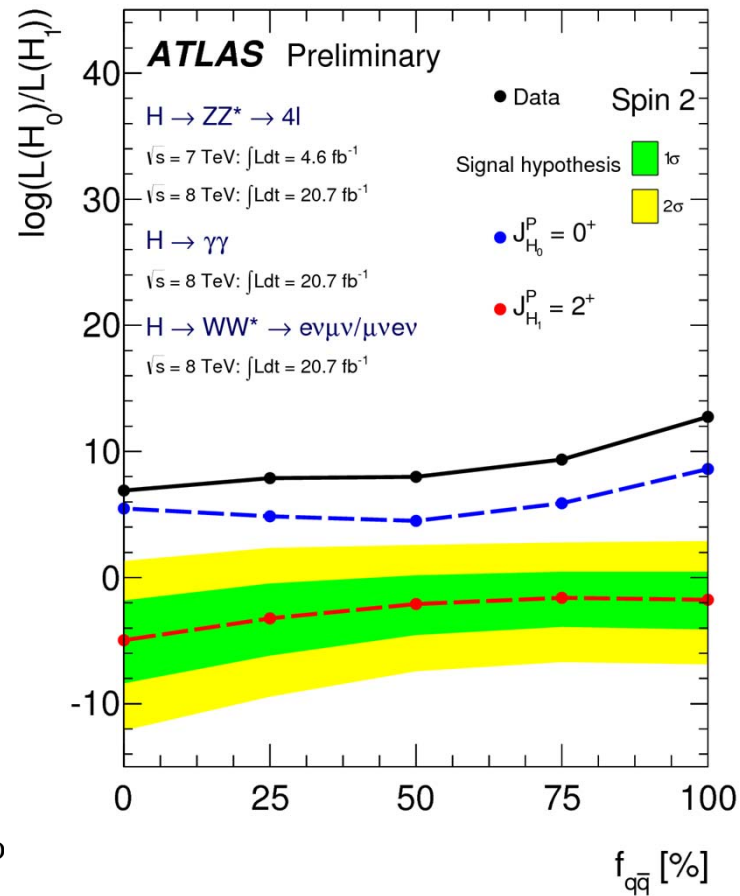
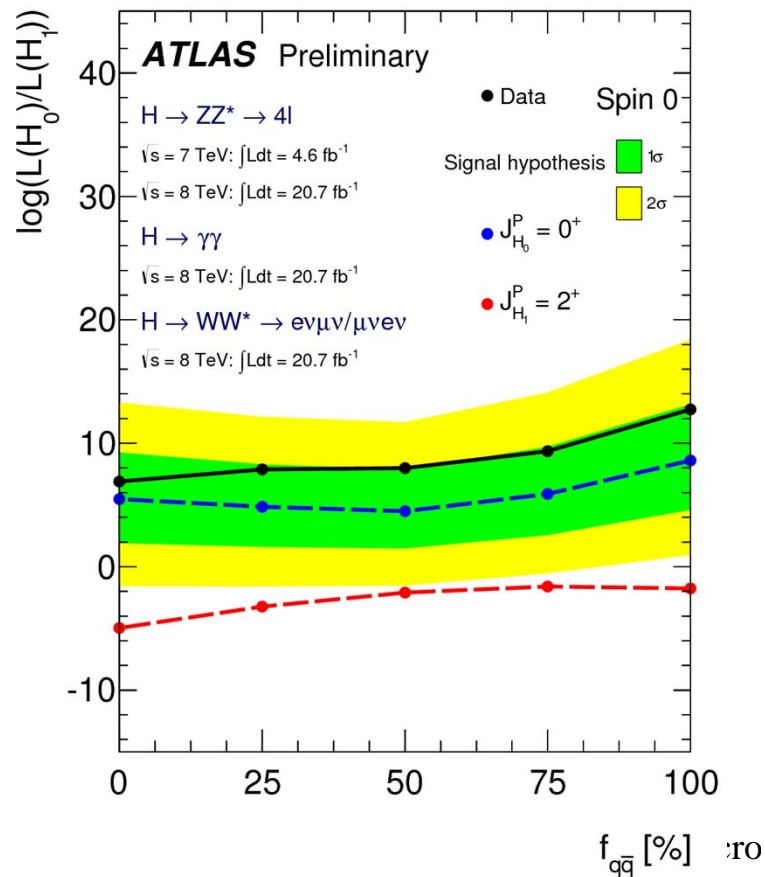
→ Probablement la limitation pour tester la
 Cohérence du modèle standard

Higgs : J^P et CP

Observation $\gamma\gamma$ interdit spin 1 : 0 ou 2

Etude distributions angulaires

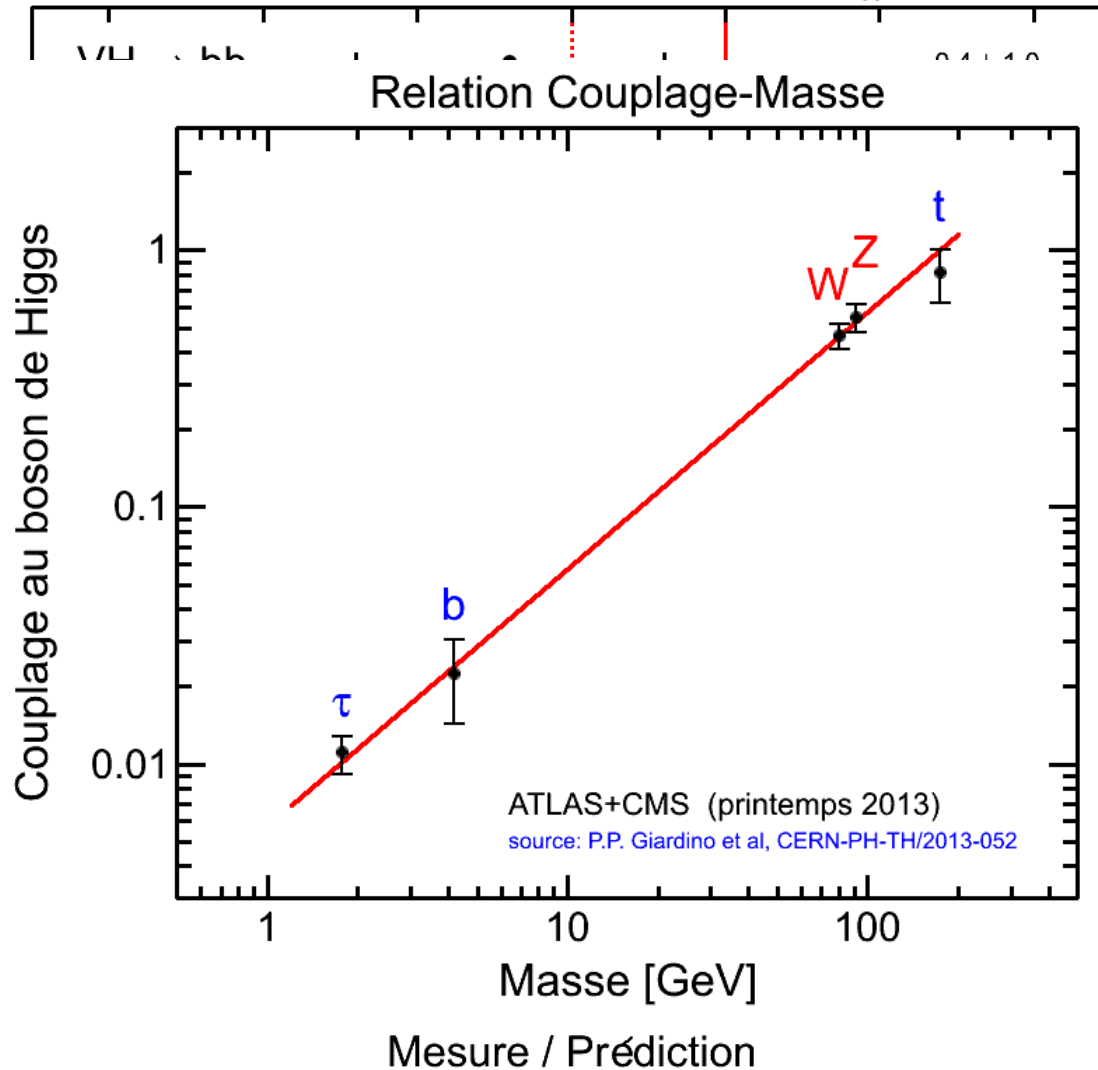
$\rightarrow 2^+$ exclus à 99.9 %



Couplage du Higgs

ATLAS

$m_H = 125.5 \text{ GeV}$



Difficulté du LHC :

Pas de mesure de la largeur totale du Higgs

Extraction des couplages avec grande incertitude sur la production (QCD, 10 %)

Certains canaux impossibles ou difficiles : $c, \mu\mu, \text{invisible} \dots$

Précision sur les couplages

Erreurs théoriques

σ (gluon fusion)	13 %
σ (weak boson fusion)	7 %
σ (VH -associated)	7 %
σ ($t\bar{t}$ -associated)	13 %

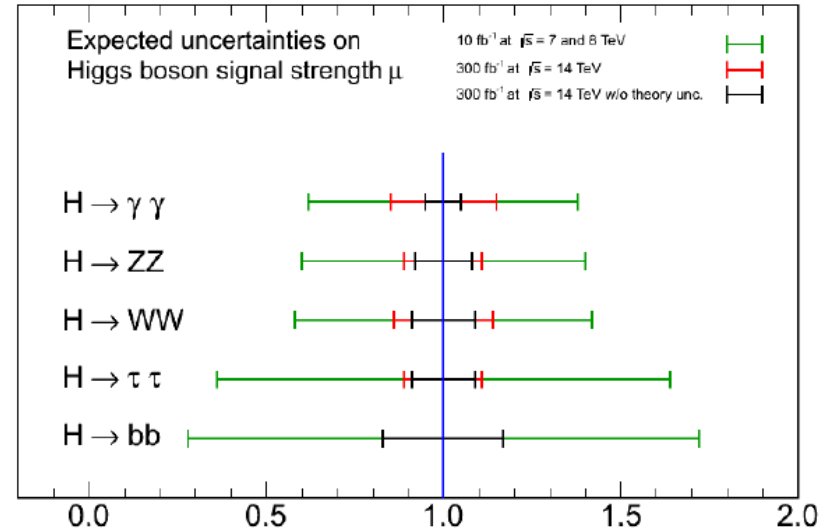
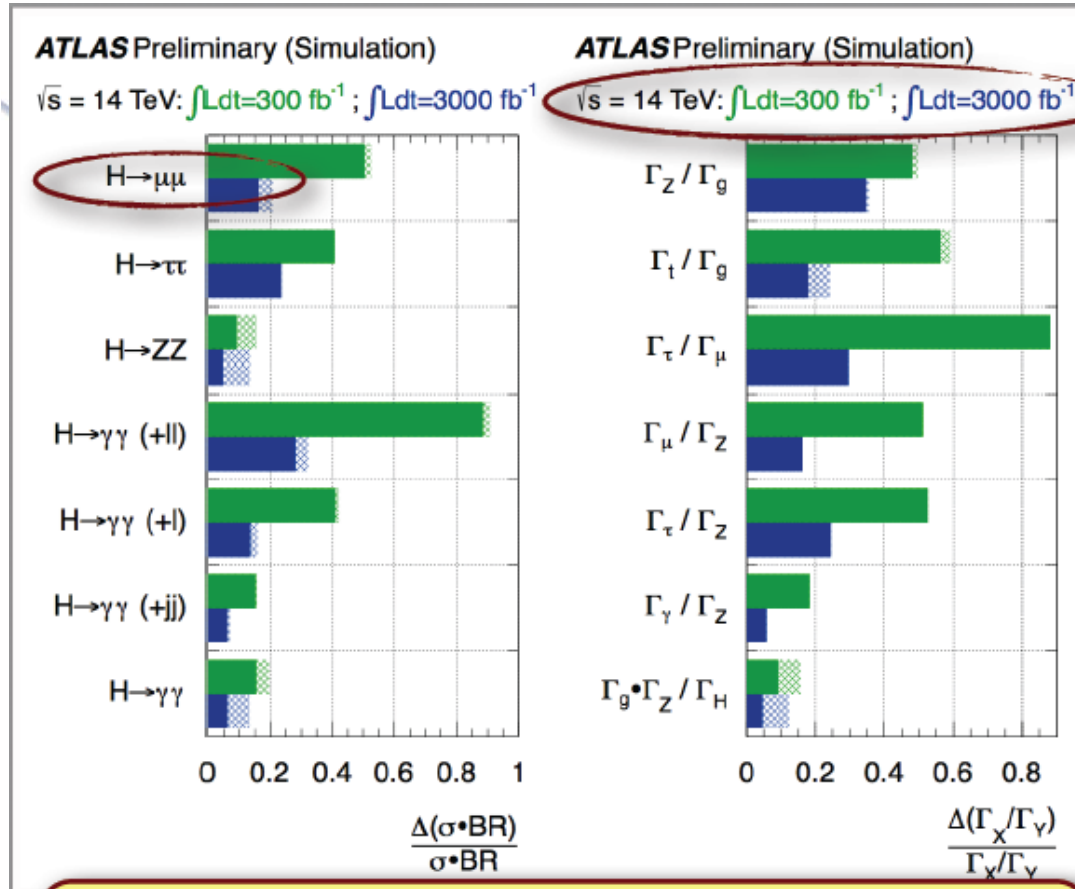
$\text{BR}(H \rightarrow ZZ)$	1 %
$\text{BR}(H \rightarrow WW)$	1 %
$\text{BR}(H \rightarrow \tau\bar{\tau})$	1 %
$\text{BR}(H \rightarrow c\bar{c})$	4 %
$\text{BR}(H \rightarrow b\bar{b})$	4 %
$\text{BR}(H \rightarrow \gamma\gamma)$	1 %
$\text{BR}(H \rightarrow Z\gamma)$	1 %
$\text{BR}(H \rightarrow gg)$	2 %

Détermination des couplages au LHC dominée par les erreurs sur la production (QCD) : $\sim 10\%$, difficile à améliorer ($< 0.5\%$ pour un e^+e^- collider sur la production)

Erreur sur les BR au niveau du 1% sauf $b\bar{b}$ et $c\bar{c}$ (masse quark b)

Prospective LHC High Lumi

CMS Projection



Coupling	Uncertainty (%)			
	300 fb^{-1}		3000 fb^{-1}	
κ_γ	6.5	5.1	5.4	1.5
κ_V	5.7	2.7	4.5	1.0
κ_g	11	5.7	7.5	2.7
κ_b	15	6.9	11	2.7
κ_t	14	8.7	8.0	3.9
κ_τ	8.5	5.1	5.4	2.0

without further model assumptions on the total width: only ratios of partial widths accessible

e^+e^- : couplages du Higgs

- 1) Mesure de la largeur totale +++++
- 2) Mesure de $H \rightarrow c\bar{c}$ ++
- 3) Mesure Higgs invisible +++
- 4) Mesure de $H \rightarrow \mu\mu$? , $t\bar{t}$ pas à 250 GeV, besoin $E > 500$ GeV

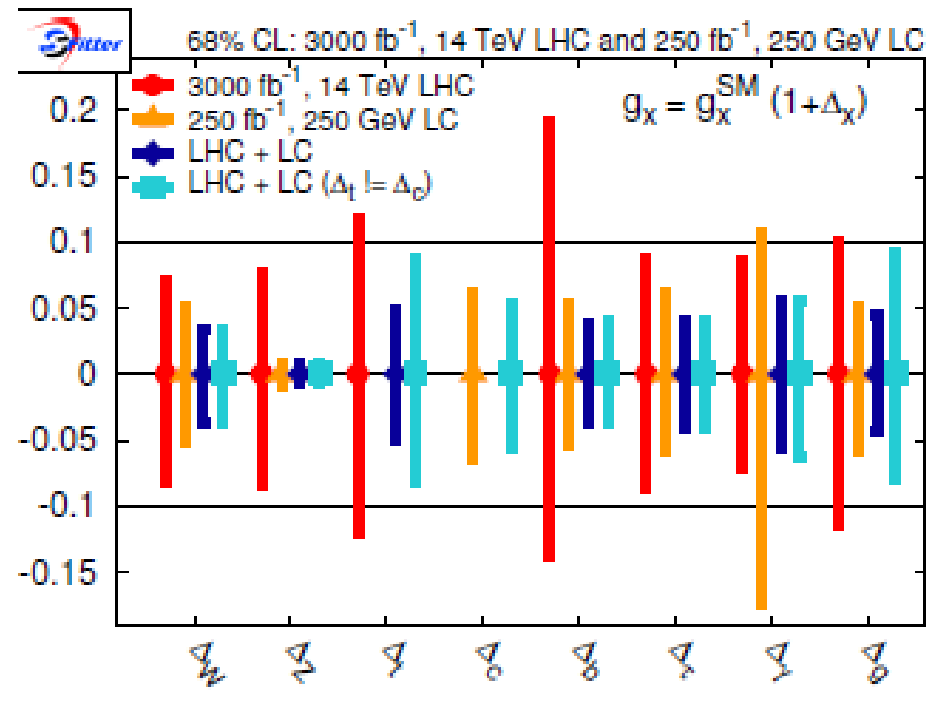
Intérêt d'une machine à 250 GeV limité....

500 GeV : amélioration d'un facteur 3-5 / SLHC

Mesure de l'autocouplage du Higgs : reste marginal à SLHC et ILC@500 GeV....

e+e- : couplages du Higgs

Observable	Expected Error
ILC at 250 GeV with 250 fb ⁻¹	
$\sigma(Zh)$	0.025
$\sigma(Zh) \cdot BR(b\bar{b})$	0.010
$\sigma(Zh) \cdot BR(c\bar{c})$	0.069
$\sigma(Zh) \cdot BR(gg)$	0.085
$\sigma(Zh) \cdot BR(WW)$	0.08
$\sigma(Zh) \cdot BR(ZZ)$	0.28
$\sigma(Zh) \cdot BR(\tau^+\tau^-)$	0.05
$\sigma(Zh) \cdot BR(\gamma\gamma)$	0.27
$\sigma(Zh) \cdot BR(\text{invisible})$	0.005
ILC at 500 GeV with 500 fb ⁻¹	
$\sigma(Zh) \cdot BR(b\bar{b})$	0.016
$\sigma(Zh) \cdot BR(c\bar{c})$	0.11
$\sigma(Zh) \cdot BR(gg)$	0.13
$\sigma(Zh) \cdot BR(\tau^+\tau^-)$	0.07
$\sigma(Zh) \cdot BR(\gamma\gamma)$	0.36
$\sigma(WW) \cdot BR(b\bar{b})$	0.006
$\sigma(WW) \cdot BR(c\bar{c})$	0.04
$\sigma(WW) \cdot BR(gg)$	0.049
$\sigma(WW) \cdot BR(WW)$	0.03
$\sigma(WW) \cdot BR(\tau^+\tau^-)$	0.05
$\sigma(WW) \cdot BR(\gamma\gamma)$	0.28
$\sigma(t\bar{t}h) \cdot BR(b\bar{b})$	0.2



Higgs couplings for Precision Higgs Factories (7)

Table 2.1: Expected performance on the Higgs boson couplings from the LHC and e^+e^- colliders, as compiled from the Higgs Factory 2012 workshop. CLIC numbers from Ref [11-12].

Accelerator →	LHC	HL-LHC	ILC	Full ILC	CLIC	LEP3, 4 IP	TLEP, 4 IP
Physical Quantity ↓	300 fb ⁻¹ /expt	3000 fb ⁻¹ /expt	250 GeV 250 fb ⁻¹ 5 yrs	250+350+ 1000 GeV 5yrs each	350 GeV (500 fb ⁻¹) 500 GeV (500 fb ⁻¹) 1.4 TeV (2 ab ⁻¹) 5 yrs each	240 GeV 2 ab ⁻¹ (*) 5 yrs	240 GeV 10 ab ⁻¹ 5 yrs (*) 350 GeV 1.4 ab ⁻¹ 3 yrs (*)
N_H	1.7×10^7	1.7×10^8	6×10^4 ZH	10^5 ZH 1.4×10^5 H $\nu\nu$		4×10^5 ZH	2×10^6 ZH
m_H (MeV)	100	50	35	35	~70	26	7
$\Delta\Gamma_H / \Gamma_H$	--	--	10%	3%	6%	4%	1.3%
$\Delta\Gamma_{inv} / \Gamma_H$	Indirect (30%?)	Indirect (10%?)	1.5%	1.0%	--	0.35%	0.15%
$\Delta g_{H\gamma\gamma} / g_{H\gamma\gamma}$	6.5 – 5.1%	5.4 – 1.5%	--	5%	N/A	3.4%	1.4%
$\Delta g_{Hgg} / g_{Hgg}$	11 – 5.7%	7.5 – 2.7%	4.5%	2.5%	N/A	2.2%	0.7%
$\Delta g_{Hww} / g_{Hww}$	5.7 – 2.7%	4.5 – 1.0%	4.3%	1%	1%	1.5%	0.25%
$\Delta g_{HZZ} / g_{HZZ}$	5.7 – 2.7%	4.5 – 1.0%	1.3%	1.5%	1%	0.65%	0.2%
$\Delta g_{HHH} / g_{HHH}$	--	< 30% (2 expts)	--	~30%	~20%	--	--
$\Delta g_{H\mu\mu} / g_{H\mu\mu}$	< 30%	< 10%	--	--	15%	14%	7%
$\Delta g_{H\tau\tau} / g_{H\tau\tau}$	8.5 – 5.1%	5.4 – 2.0%	3.5%	2.5%	3%	1.5%	0.4%
$\Delta g_{Hcc} / g_{Hcc}$	--	--	3.7%	2%	4%	2.0%	0.65%
$\Delta g_{Hbb} / g_{Hbb}$	15 – 6.9%	11 – 2.7%	1.4%	1%	2%	0.7%	0.22%
$\Delta g_{Htt} / g_{Htt}$	14 – 8.7%	8.0 – 3.9%	--	15%	3%	--	30%

Chiffres **très préliminaires** (LEP3, TLEP), hyp lumi, nombre d'expérience.... Sujet de discussion des prochaines années !

Physique au-delà du modèle standard

PAS ENCORE DE NOUVELLE PHYSIQUE AU LHC !!!!!

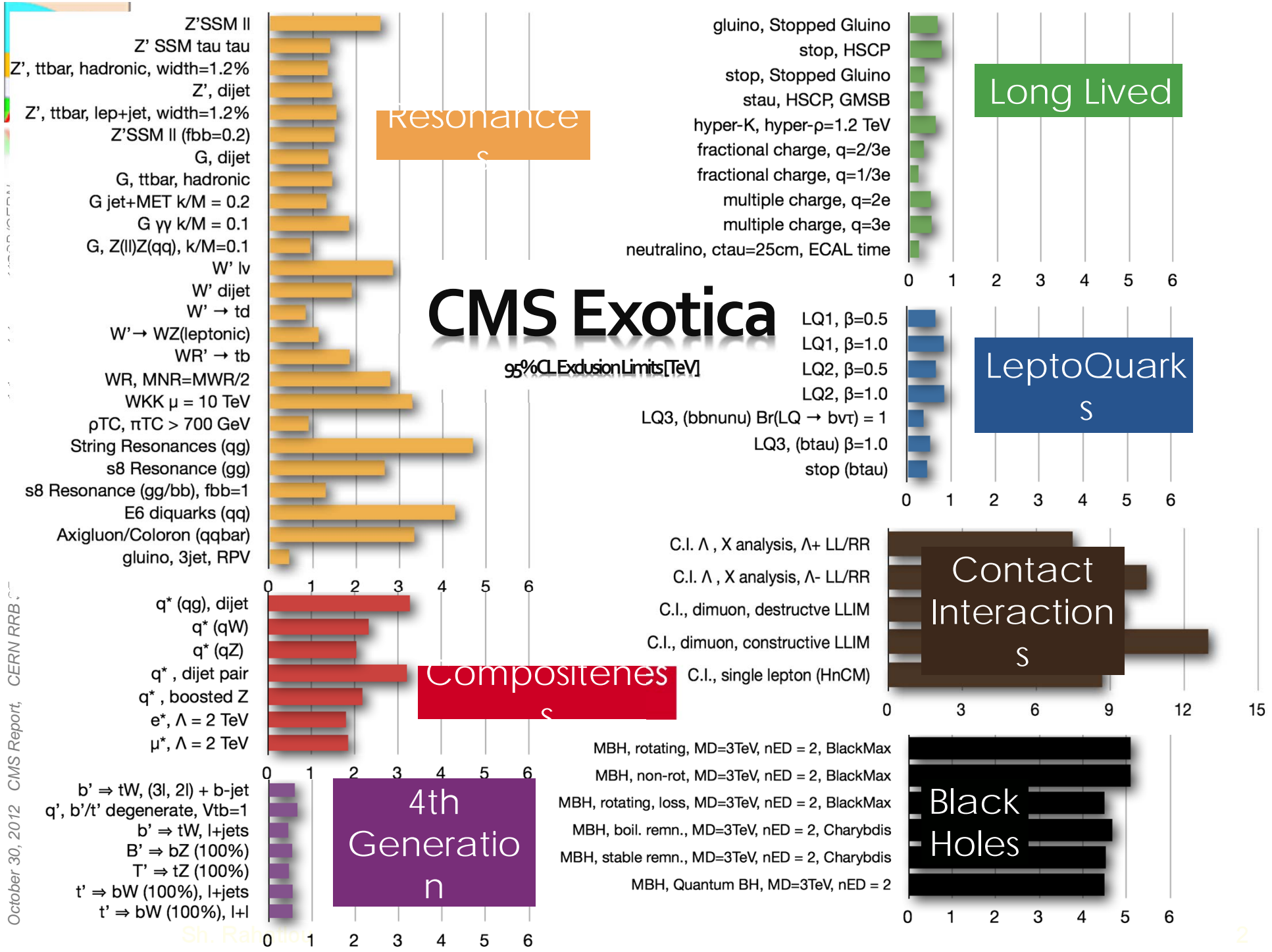
Recherche infructueuse jusqu'à présent au LHC, certaines très vite au seuil cinématique (SUSY et miss + jets)

→ recherche exclusive qui bénéficieront d'un accroissement en Luminosité (di lepton OS/SF, tri lepton + missing Et...., stop)

→ Prochaine grande étape : 2015 @ 13.5-14 TeV

Si pas de nouvelle physique observée avec 300 fb^{-1} ,

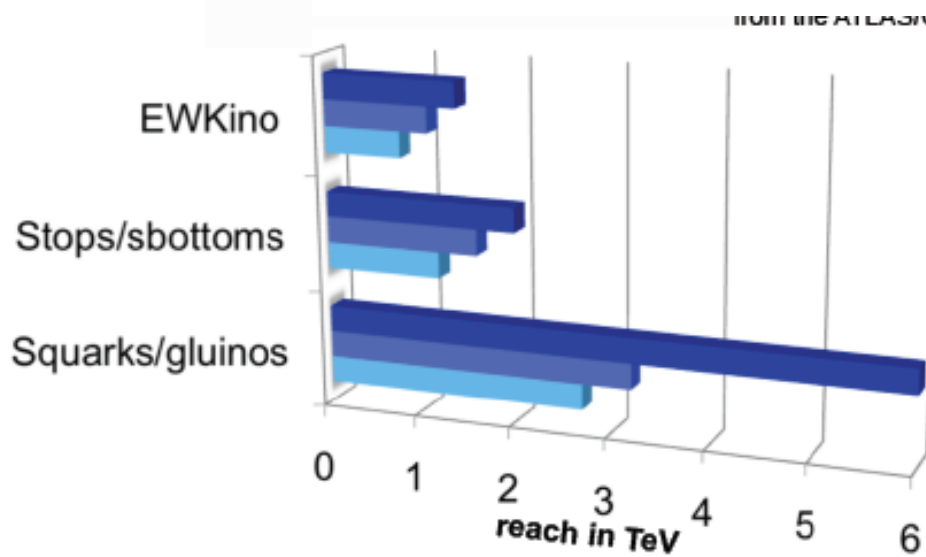
→ importance encore plus grande bien caractériser le Higgs
+ mesures indirectes dans différentes directions





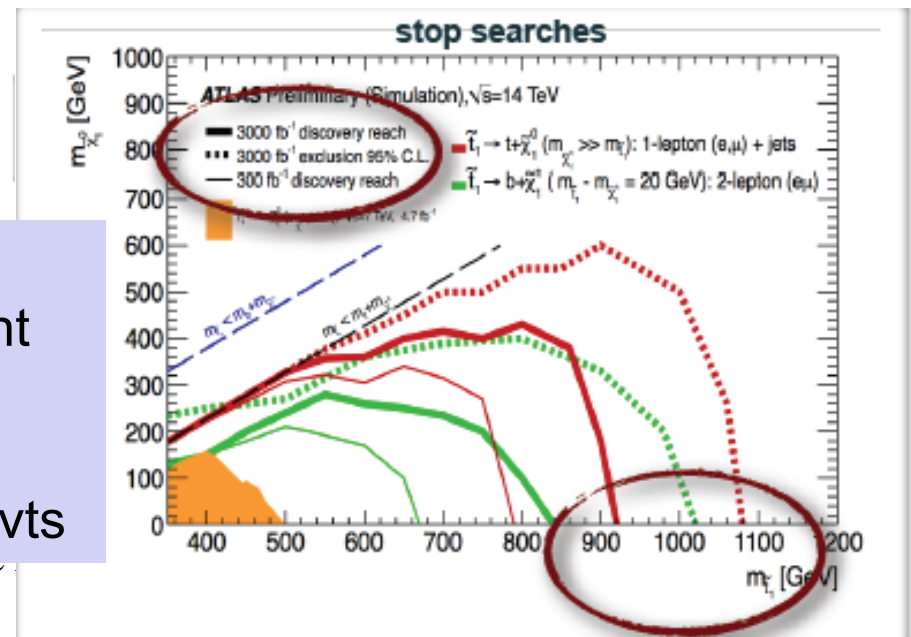
- HE-LHC33
- HL-LHC14
- LHC14

Projection à 14 TeV



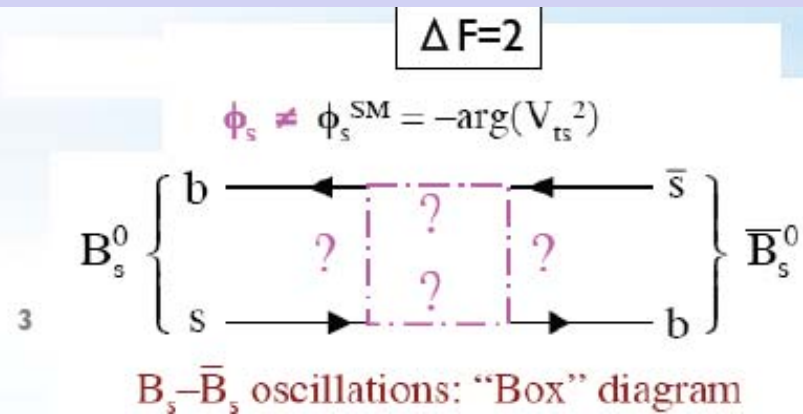
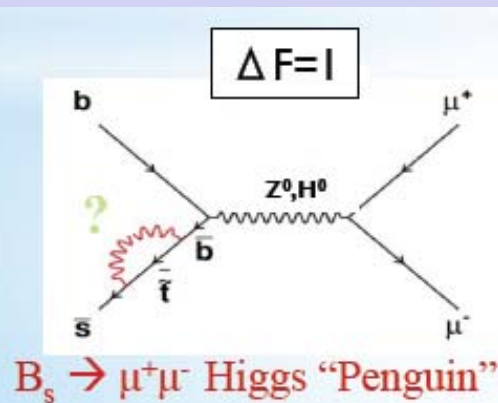
model	300 fb ⁻¹	1000 fb ⁻¹	3000 fb ⁻¹
g_{KK}	4.3 (4.0)	5.6 (4.9)	6.7 (5.6)
$Z'_{\text{Topcolour}}$	3.3 (1.8)	4.5 (2.6)	5.5 (3.2)
$Z'_{SSM} \rightarrow ee$	6.5	7.2	7.8
$Z'_{SSM} \rightarrow \mu\mu$	6.4	7.1	7.6

Si pas de nouvelle physique @ 14 TeV et 300 fb⁻¹, potentiel HL-LHC essentiellement sur des faibles couplages : justification suffisante pour HL-LHC ??? HE-LHC ? Diffusion WW avec 3000 fb⁻¹ mais peu d'evts



Physique au-delà du modèle standard : approches indirectes

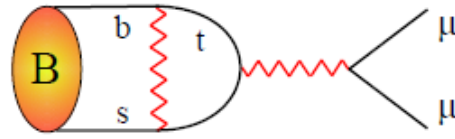
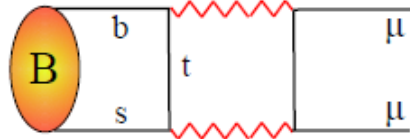
Complémentaire à la recherche directe, et indispensable si pas de nouvelle à 14 TeV. Désintégration de B mais pas uniquement
 → regarder multiples signatures



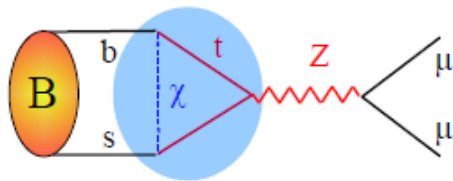
	$b \rightarrow s$ ($ V_{tb} V_{ts} \propto \lambda^2$)	$b \rightarrow d$ ($ V_{tb} V_{td} \propto \lambda^3$)	$s \rightarrow d$ ($ V_{ts} V_{td} \propto \lambda^5$)	$c \rightarrow u$ ($ V_{cb} V_{ub} \propto \lambda^5$)
$\Delta F=2$ box	$\Delta M_{B_s}, A_{CP}(B_s \rightarrow J/\psi \Phi)$	$\Delta M_B, A_{CP}(B \rightarrow J/\psi K)$	$\Delta M_K, \epsilon_K$	$x, y, q/p, \Phi$
QCD Penguin	$A_{CP}(B_s \rightarrow \Phi \Phi), B \rightarrow X_s \gamma$	$A_{CP}(B \rightarrow \Phi K), B \rightarrow X \gamma$	$K \rightarrow \pi^0 l l, \epsilon'/\epsilon$	$\Delta a_{CP}(D \rightarrow hh)$
EW Penguin	$B \rightarrow K^* l l, B \rightarrow X_s \gamma$	$B \rightarrow \pi l l, B \rightarrow X \gamma$	$K \rightarrow \pi^0 l l, K^\pm \rightarrow \pi^\pm \nu \nu$	$D \rightarrow X_u l l$
Higgs Penguin	$B_s \rightarrow \mu \mu$	$B \rightarrow \mu \mu$	$K \rightarrow \mu \mu$	$D \rightarrow \mu \mu$

$B_s \rightarrow \mu\mu$ (LHCb)

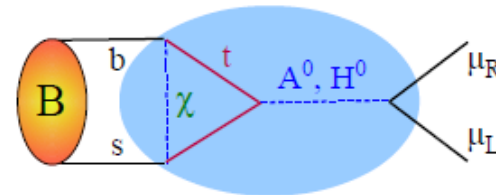
Leading SM diagrams (unitary gauge):



Possible non-SM contributions:



Relevant for $BR = O(SM)$

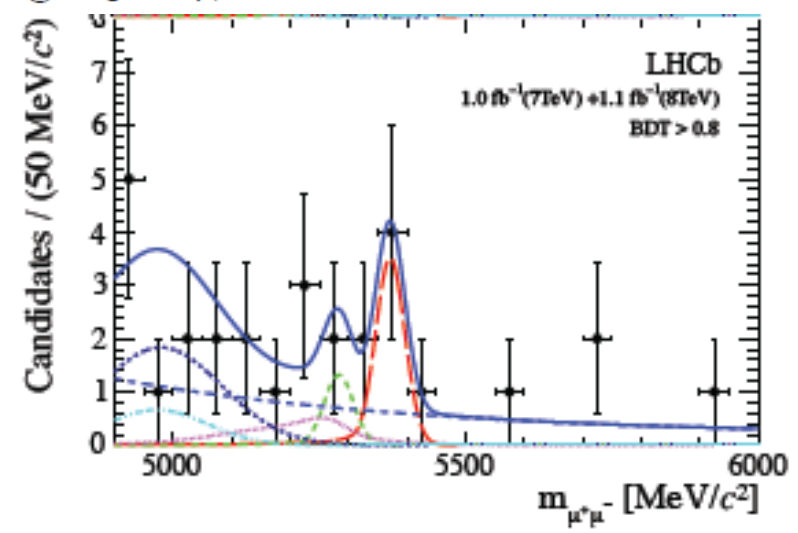


Possible large enhancement (e.g. SUSY @ large $\tan\beta$)

$$BR(B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-) = (3.2^{+1.5}_{-1.2}) \times 10^{-9}$$

Mesure à 3.5σ en accord avec SM
 $(3.23 \pm 0.15 \pm 0.23 f_{B_s}) \times 10^{-9}$
 Contrainte sur SUSY....

-electronique Porc



SLHCb

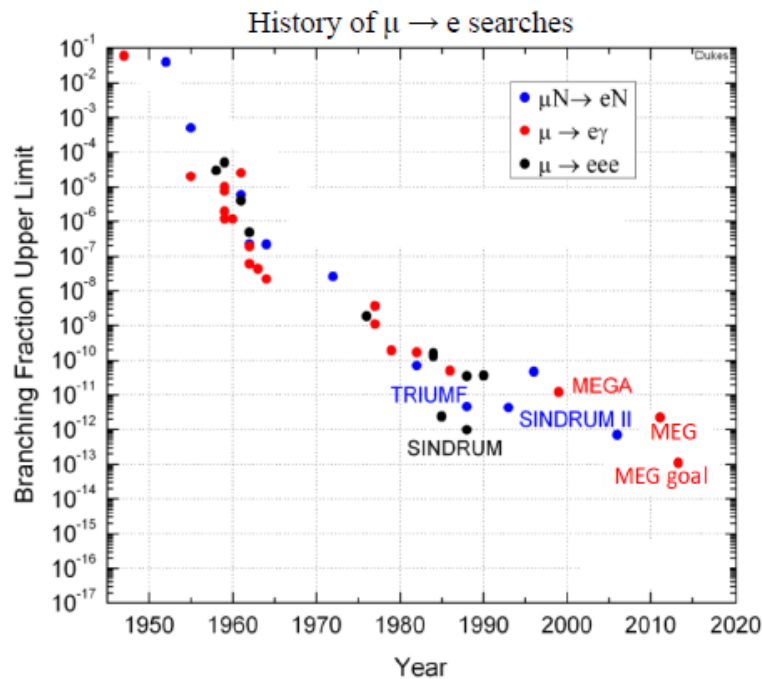
10fb⁻¹ (2018) → 50 fb⁻¹



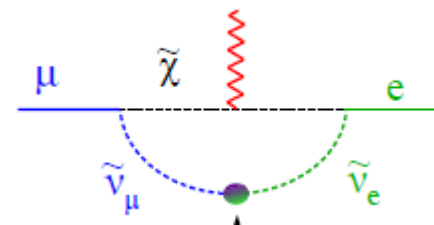
Type	Observable	Current precision	LHCb 2018	Upgrade (50 fb ⁻¹)	Theory uncertainty
B_s^0 mixing	$2\beta_s (B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi)$	0.10 [9]	0.025	0.008	~ 0.003
	$2\beta_s (B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980))$	0.17 [10]	0.045	0.014	~ 0.01
	$A_{FB}(B_s^0)$	6.4×10^{-3} [18]	0.6×10^{-3}	0.2×10^{-3}	0.03×10^{-3}
Gluonic penguin	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\phi)$	–	0.17	0.03	0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow K^{*0}\bar{K}^{*0})$	–	0.13	0.02	< 0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B^0 \rightarrow \phi K_S^0)$	0.17 [18]	0.30	0.05	0.02
Right-handed currents	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\gamma)$	–	0.09	0.02	< 0.01
	$\tau^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\gamma)/\tau_{B_s^0}$	–	5 %	1 %	0.2 %
Electroweak penguin	$S_3(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.08 [14]	0.025	0.008	0.02
	$s_0 A_{FB}(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-)$	25 % [14]	6 %	2 %	7 %
	$A_1(K\mu^+\mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.25 [15]	0.08	0.025	~ 0.02
	$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow \pi^+\mu^+\mu^-)/\mathcal{B}(B^+ \rightarrow K^+\mu^+\mu^-)$	25 % [16]	8 %	2.5 %	~ 10 %
Higgs penguin	$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)$	1.5×10^{-9} [2]	0.5×10^{-9}	0.15×10^{-9}	0.3×10^{-9}
	$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)/\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)$	–	~ 100 %	~ 35 %	~ 5 %
Unitarity triangle angles	$\gamma (B \rightarrow D^{(*)}K^{(*)})$	~ 10–12° [19, 20]	4°	0.9°	negligible
	$\gamma (B_s^0 \rightarrow D_s K)$	–	11°	2.0°	negligible
	$\beta (B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0)$	0.8° [18]	0.6°	0.2°	negligible
Charm	A_Γ	2.3×10^{-3} [18]	0.40×10^{-3}	0.07×10^{-3}	–
CP violation	ΔA_{CP}	2.1×10^{-3} [5]	0.65×10^{-3}	0.12×10^{-3}	–

LFV : $\mu \rightarrow e\gamma$

Oscillations de neutrinos \rightarrow violation de saveur leptonique ?
 Canaux propres avec peu de bruit de fond du SM



$$B(\mu \rightarrow e\gamma) \sim 10^{-13} \left[\frac{\tan\beta}{10} \right]^2 \left[\frac{0.5 \text{ TeV}}{\tilde{m}} \right]^4 \left[\frac{(\delta_{LL})_{12}}{10^{-4}} \right]^2$$

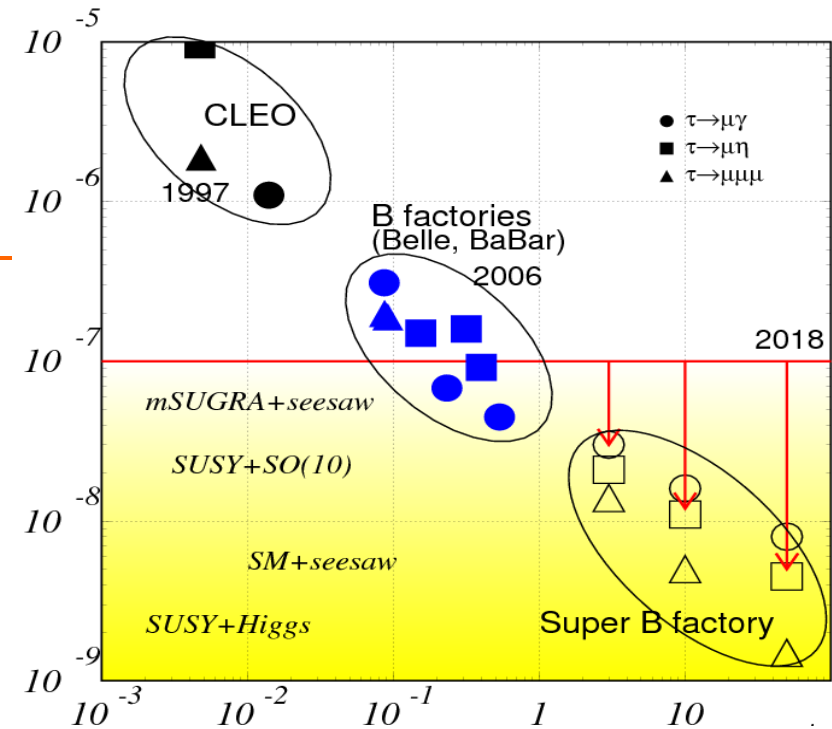


MEG proche de la sensibilité

LFV : $\tau \rightarrow \mu\gamma$

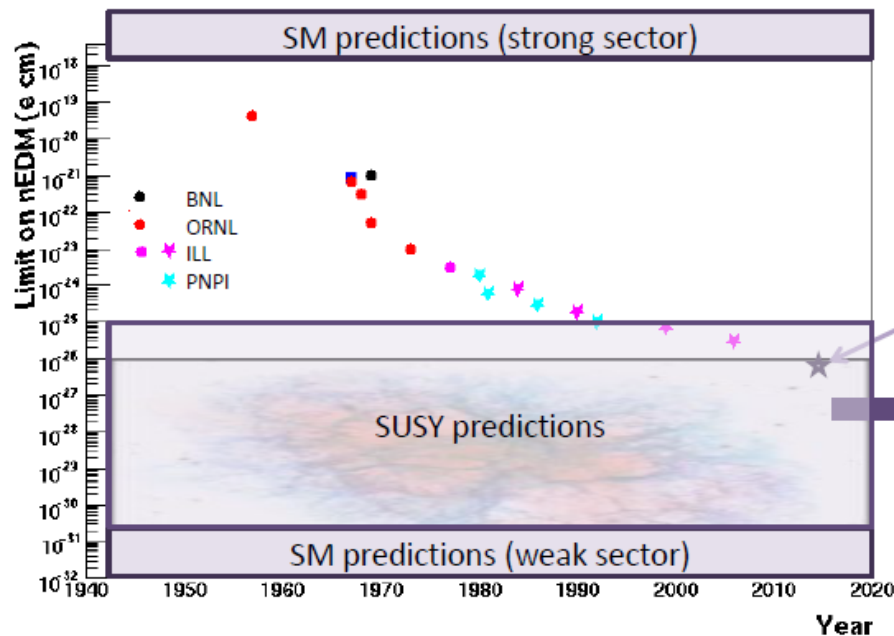
B factory sensitivity

Process	Sensitivity
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu\gamma)$	2×10^{-9}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow e\gamma)$	2×10^{-9}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu\mu\mu)$	2×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow eee)$	2×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu\eta)$	4×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow e\eta)$	6×10^{-10}
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \ell K_s^0)$	2×10^{-10}



model	$\text{Br}(t \rightarrow m\gamma)$	$\text{Br}(t \rightarrow \ell\ell)$
mSUGRA+seesaw	10^{-7}	10^{-9}
SUSY+SO(10)	10^{-8}	10^{-10}
SM+seesaw	10^{-9}	10^{-10}
Non-Universal Z'	10^{-9}	10^{-8}
SUSY+Higgs	10^{-10}	10^{-7}

Nouvelle physique : basse énergie : nEDM



SM : $d_n \sim 10^{-32} - 10^{-34}$ e cm

$d_n < 2.9 \times 10^{-26}$ e cm @90%CL.

OILL @PSI

- n2EDM@PSI
- CryoEDM@ILL
- nEDM@ILL
- nEDM@FRM
- nEDM@SNS
- nEDM@JPARC

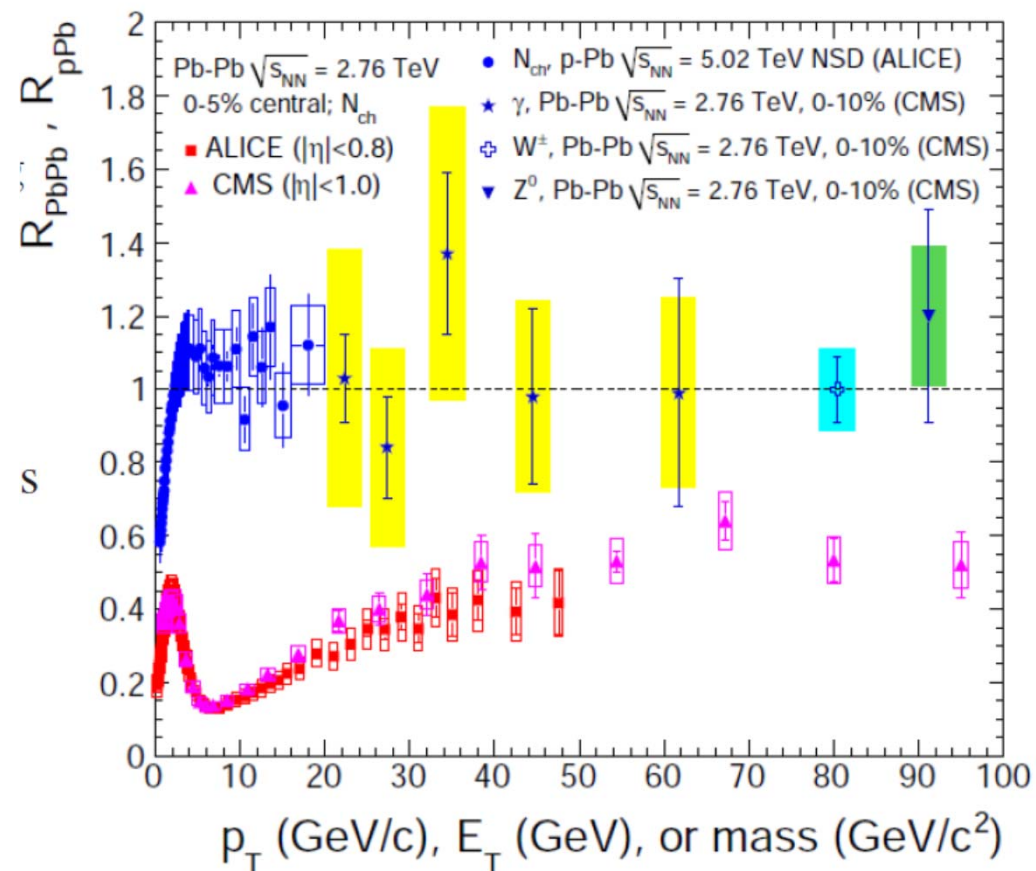
Valeur non nulle
 → Nouvelle physique et
 peut être violation de CP
 dans l'interaction forte

g-2 du muon , théorie ?

Aegis, gbar : effet de la gravitation sur l'antimatière

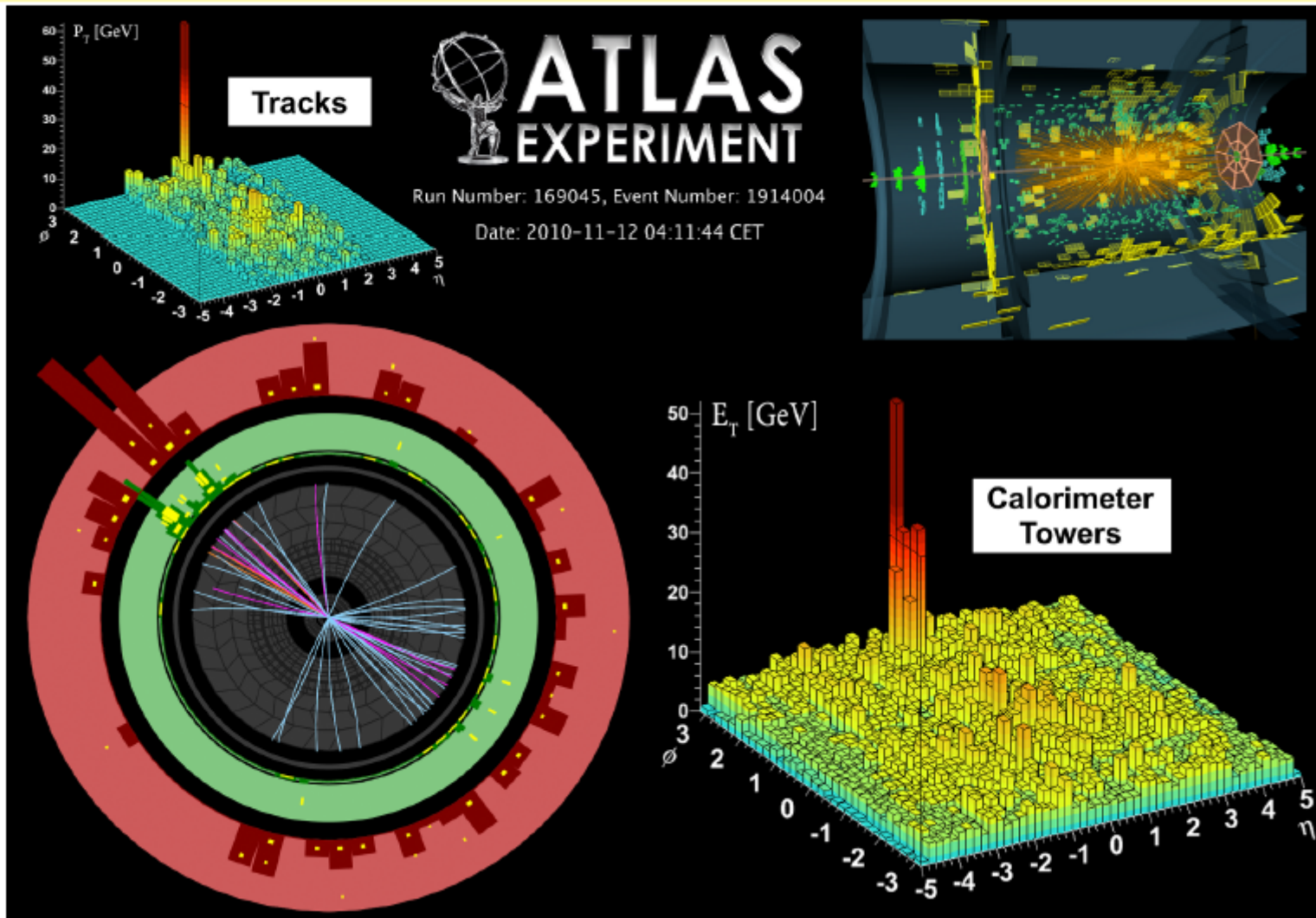
Quark Plasma

Comprendre l'état de la matière 10^{-32} s après le Big Bang
 Etudes des différentes sondes



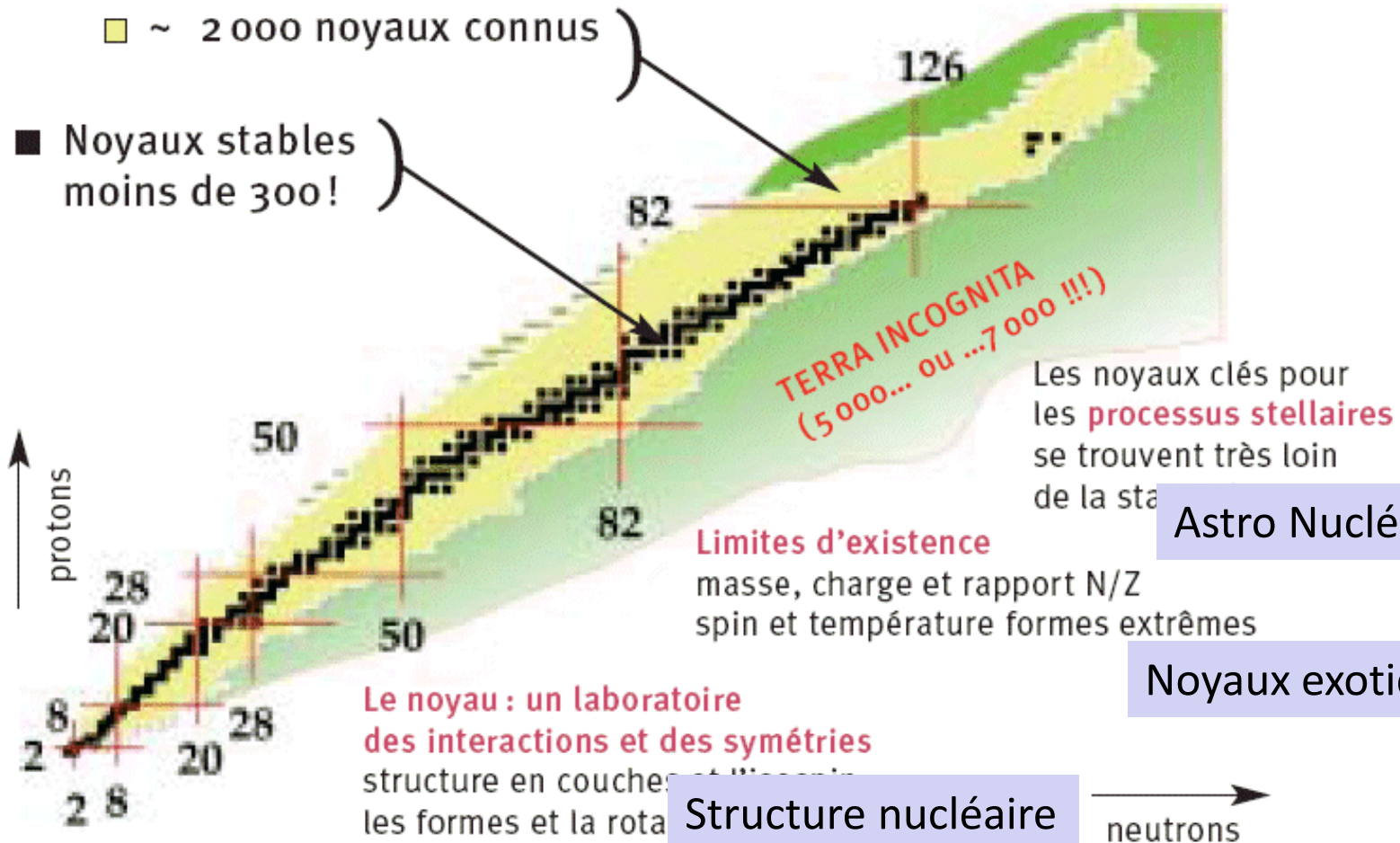
Quark Plasma

Jet Studies



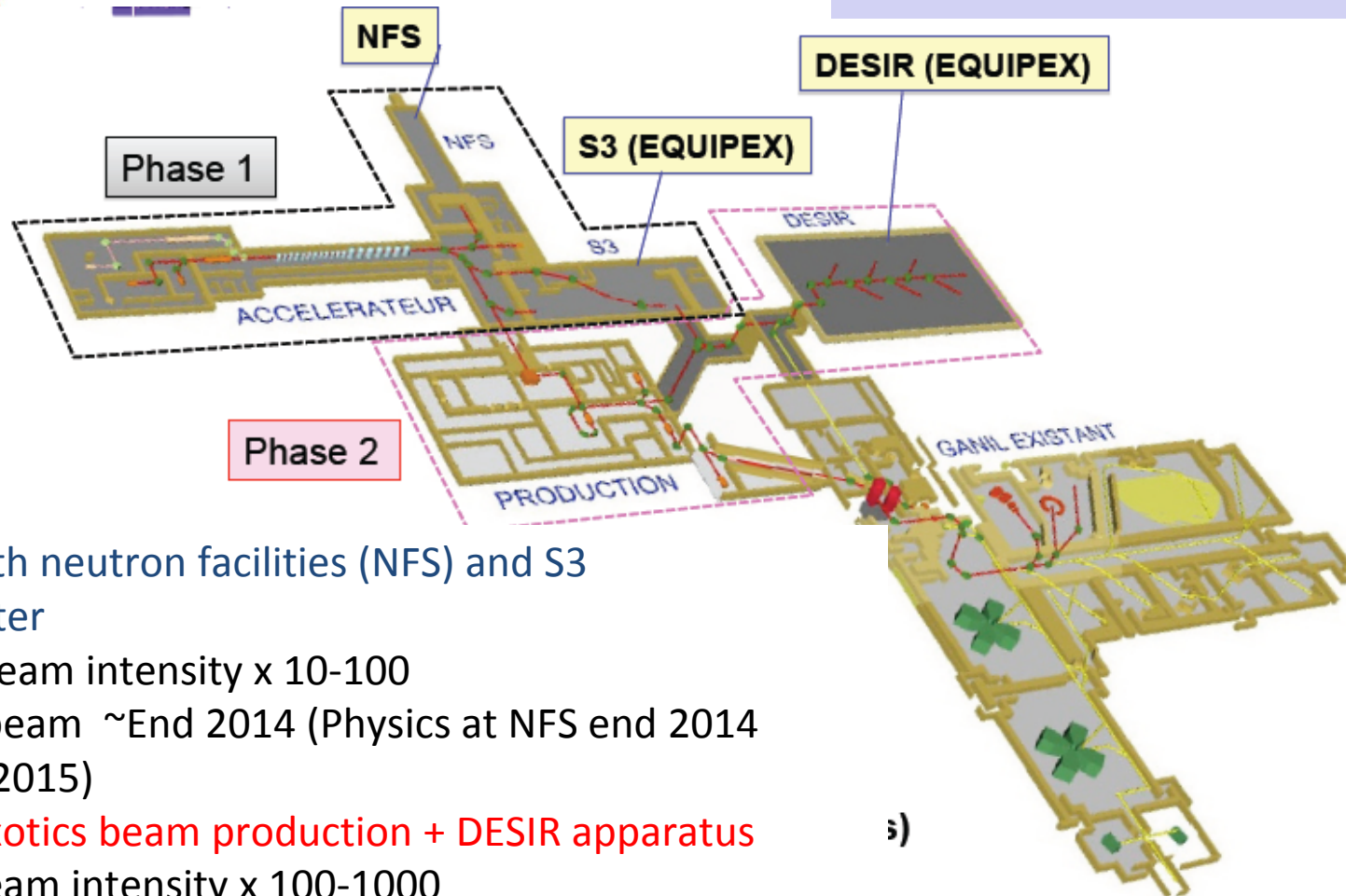
Physique Nucléaire

Pas de théorie MS. Observation et construction de modèle puis test en ajoutant un ou plusieurs nucléons + super massifs



GANIL SPIRAL2

Priorité physique
Nucléaire



Phase 1 with neutron facilities (NFS) and S3 spectrometer

→ stable beam intensity x 10-100

First Linac beam ~End 2014 (Physics at NFS end 2014 and S3 end 2015)

Phase 2 : exotics beam production + DESIR apparatus

→ Exotics beam intensity x 100-1000

Beam with $Z > 40$ and $A > 80$

Final decision about construction early 2014 with schedule according to funding

s)

+ détecteur Agata, fazia

SPIRAL 2 @ Avril 2013

Spiral 2 

Infrastructures
Phase 1

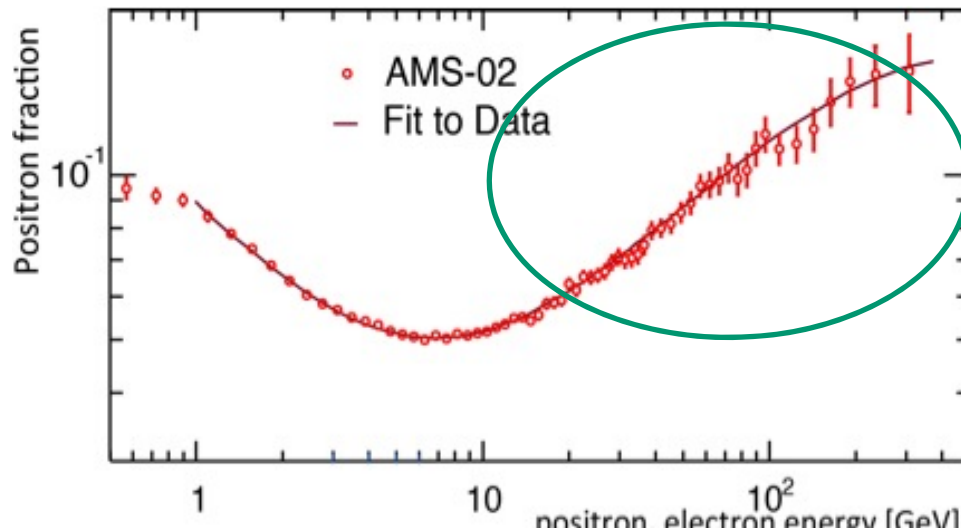
Avril 2013

Premier faisceaux fin 2014 –début 2015



Messagers/Cosmiques

- Rayons cosmiques/ gamma
 Auger (Argentine), Hess II (Namibie), Fermi (satellite), AMS (Station)
- Phénomènes d'accélération dans l'univers
- Etude source astrophysique
- Matière noire
- antimatière

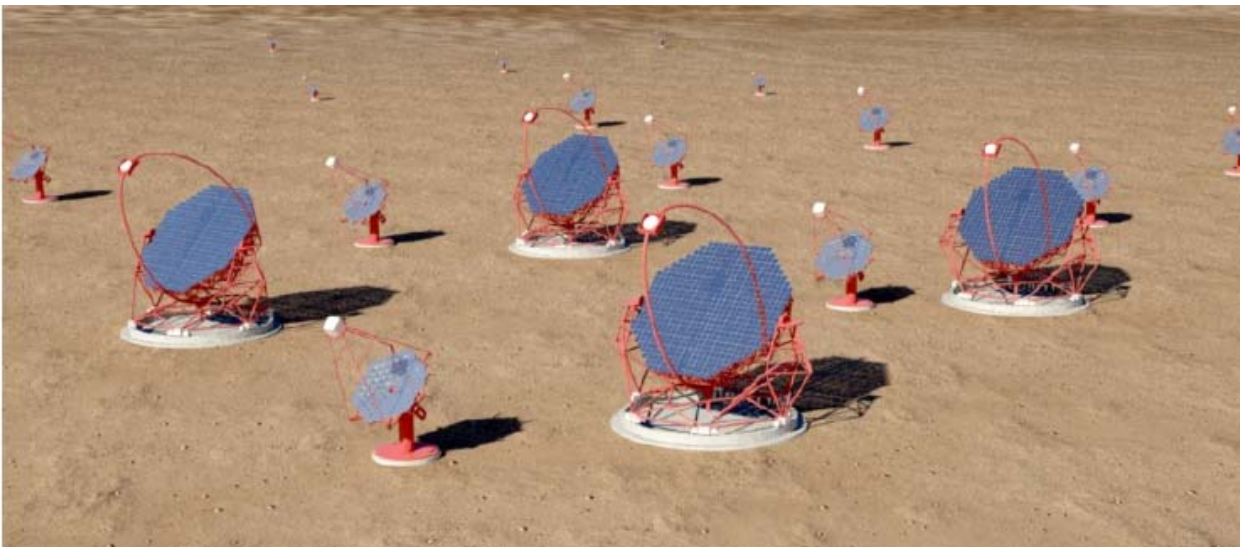


Collision de particules de matière noire ou provenant de pulsars ???

Histoire de la matière noire faite de nombreuses supposées « découvertes »

Messagers/Cosmiques

- Rayons cosmiques/ gamma
→ Prochain grand projet (HESS ++): CTA



- Ondes Gravitationnelles : Advanced Virgo

CTA
x10 in sensitivity /
present instrument
x10 in energy range
Improved angular/energy
resolution
Contribution to camera,
photo-detectors +
software
French funding not
secured, under
discussion

Conclusions

Grandes priorités de la prochaine décennie :

- Physiques des particules : exploitation LHC et SLH et implication dans un ILC si le projet aboutit
- Physiques Nucléaire : SPIRAL II phase 1 et 2
- Physique Hadronique : upgrade ALICE (FAIR ?)
- Astroparticules : exploitation Advanced Virgo
LSST (+Euclid) en cosmologie
CTA
un projet de neutrino « long baseline »

Une grande partie de ces projets, non financée à ce jour....

Des contributions majeures en micro-électronique : SLHC, ILC, CTA (?)