



IN2P3

Institut national de **physique nucléaire**
et de **physique des particules**

Journées Projets

Gabriel CHARDIN

DAS Astroparticules Neutrinos

www.in2p3.fr

Journées Projets - 26 novembre 2013

Projets Astroparticules et Neutrinos

- Ondes gravitationnelles (Adv Virgo)
- Neutrinos: programmes existants et R&D Ar
- Cosmologie: CMB Planck
- Cosmologie: Dark Matter et Dark Energy
- Dark Matter: Détection directe (EDW-III, XENON)
- Rayons cosmiques: AUGER, EUSO-Ballon, ...
- Astronomie gamma: HESS, FERMI, vers CTA

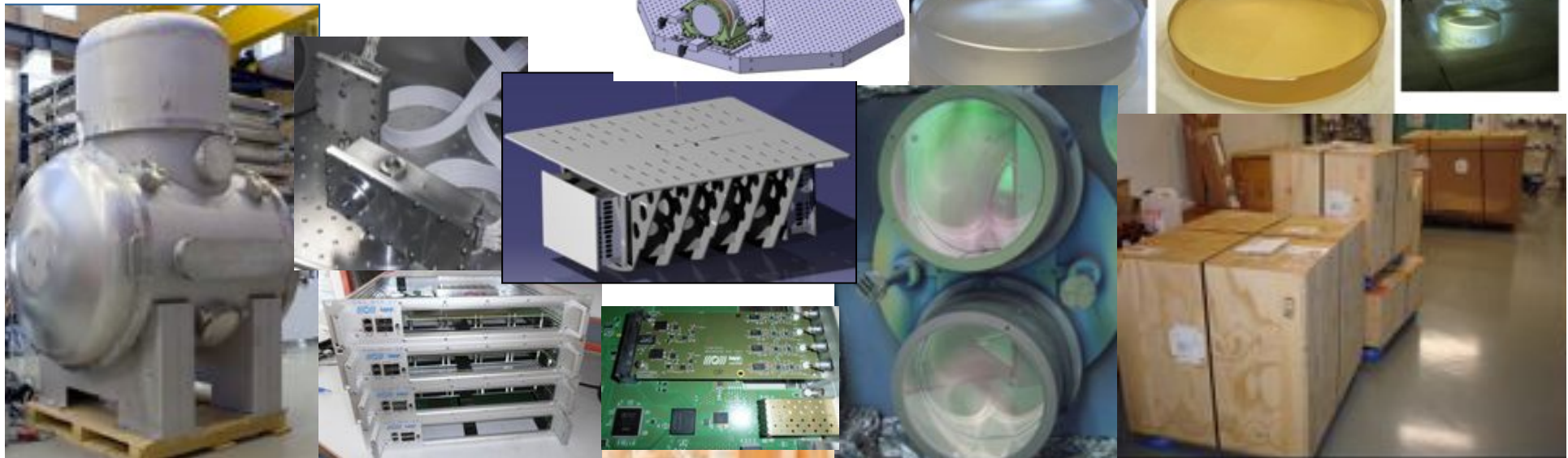
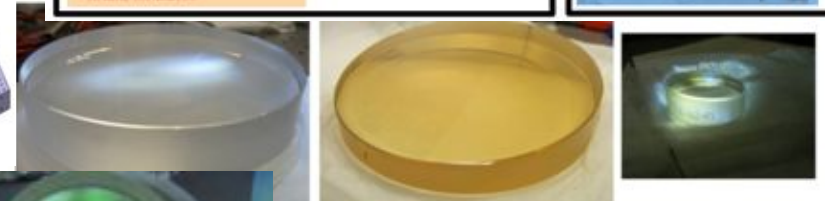
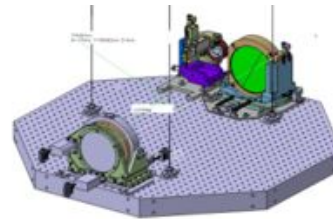
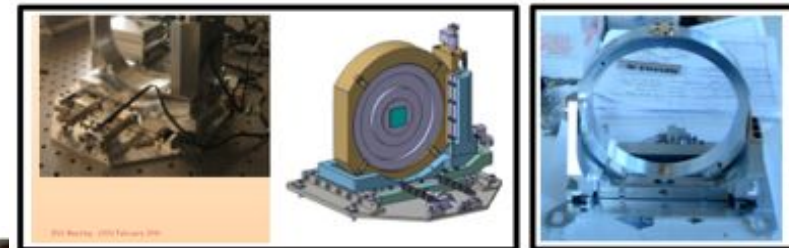
Ondes gravitationnelles

- Advanced Virgo
- Investissement CNRS (IN2P3, INSU, INP) depuis près de 20 ans
- Meilleur niveau mondial avec LIGO
- Renforcement collaboration AdV
- Soutien très fort
- Demande de LIGO-India sur AdV, KAGRA



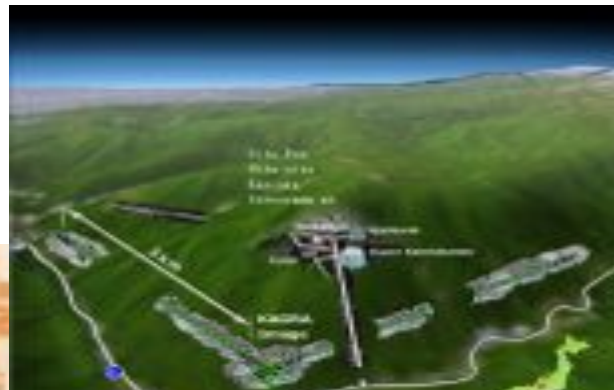
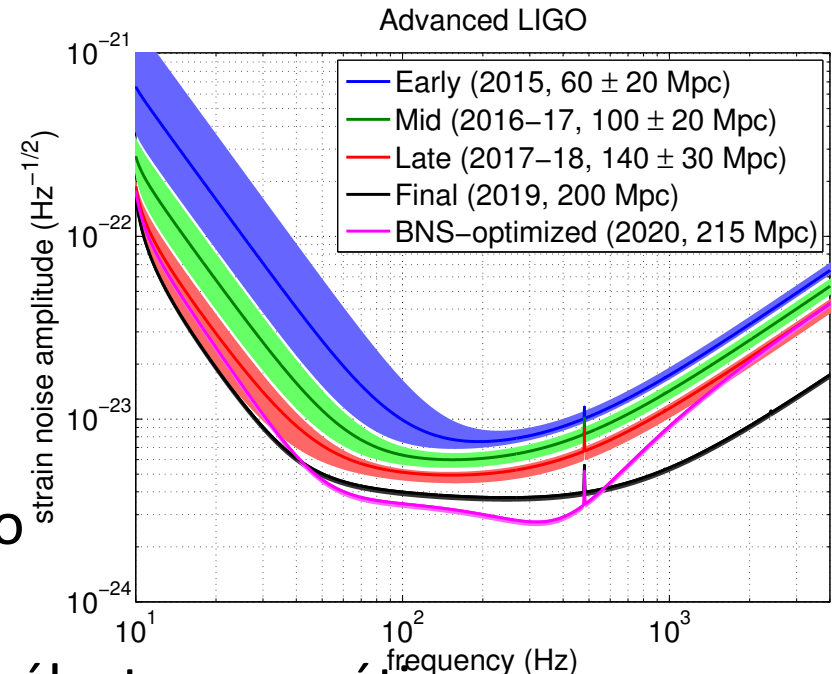
Construction d'Advanced Virgo

- 2013: Prototypage et construction
- Exemples dans les labos IN2P3
 - Slow control du vide (LAL)
 - Mode matching telescope (APC)
 - Nouveaux outils de métrologie à installer au LMA
 - Surface de miroirs traités au LMA
 - Banc suspendu au LAPP
 - Nouvelles enceinte à vide (LAPP)
 - Electronique (LAPP)



Cadre mondial

- Consortium LIGO-VIRGO
- Advanced LIGO:
 - premier run prévu fin 2015
 - Plusieurs années nécessaires pour obtenir la sensibilité nominale
 - Préparatifs pour LIGO-India
 - Continuation de l'accord avec Virgo
- Suivi électromagnétique
 - Recherche rapide de contreparties électromagnétiques
 - 65 expériences/groupes ont manifesté leur intérêt
 - Mise en place en cours
- KAGRA (Japon):
 - Tunnels réalisés à $\sim 70\%$



Ondes gravitationnelles

- Très important effort financier, dans un contexte TGR extrêmement tendu, pour Advanced Virgo
- Trois postes chercheur attribués au cours des deux dernières années (pas de poste supplémentaire prévu dans l'immédiat)
- **La découverte est proche** : invitation à renforcer et rejoindre la collaboration existante
- A plus longue échéance: positionnement des groupes IN2P3 vers eLISA (mission L3 ESA ≈ 2032)

Programmes Neutrino actuels

- Double CHOOZ
- T2K
- OPERA
- Double beta 0ν : SuperNEMO démonstrateur
- Double beta 0ν : R&D soutien ANR: LUMINEU (détecteurs cryo scintillation-chaleur)
- Astronomie ν : ANTARES, KM3 Phase-1



Double Chooz

- Chooz était le leader mondial sur θ_{13}
- Double Chooz a annoncé une première indication de θ_{13} non nul, vite dépassé par Daya Bay
- Reno assez largement discrédité
- On veut réaliser une (deuxième) mesure précise (≈ 10 sigmas) de θ_{13} ainsi que de la cohérence de l'ensemble (forme du spectre en énergie, différents canaux)
- Remplissage cuve avril 2014, premières mesures prévues en mai 2014

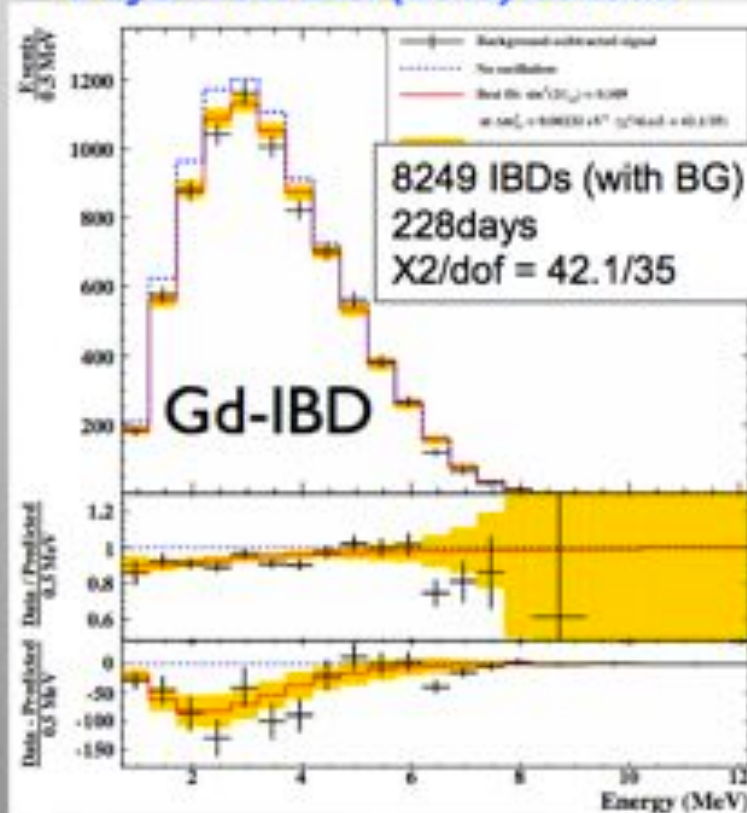


Neutrinos: Double Chooz

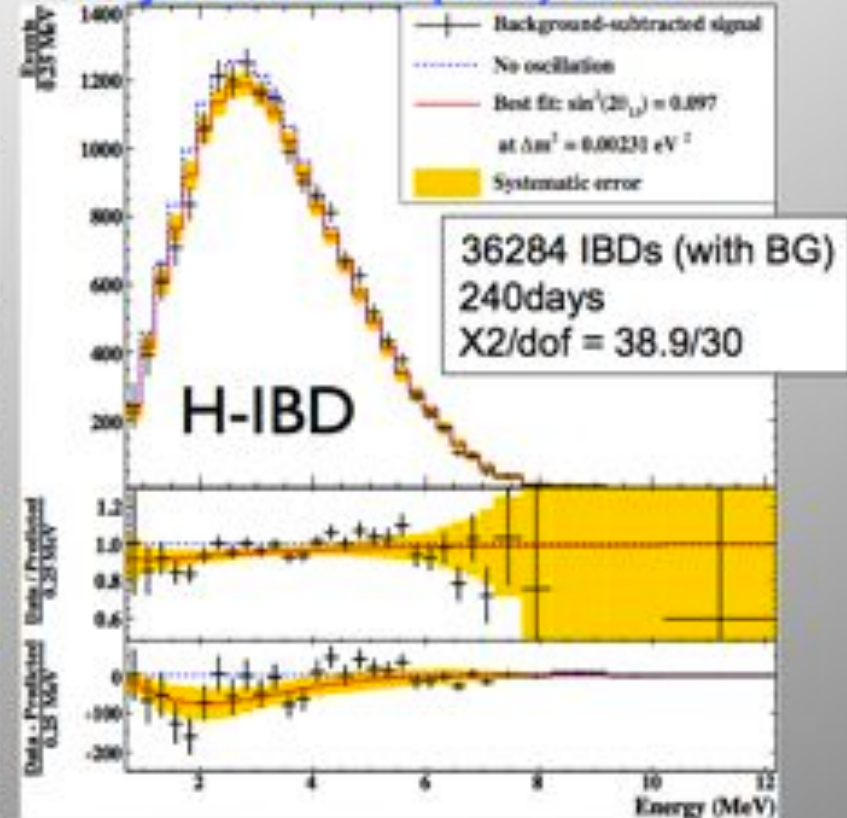


Θ_{13} : rate + shape results

Phys. Rev. D **86** (2012) 052008

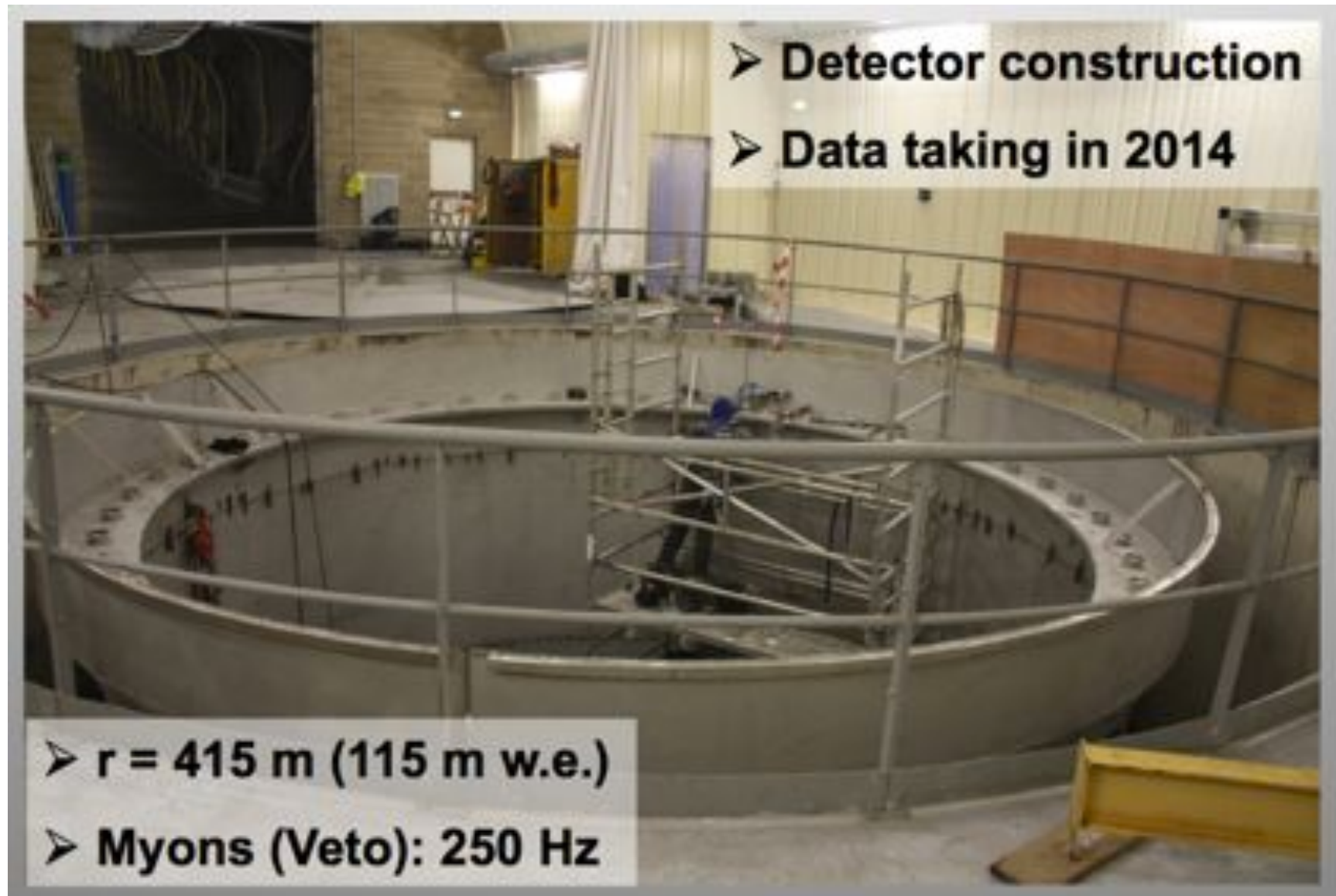


Phys. Lett. B **723** (2013) 66-70



DC-II(Gd): $\sin^2 2\theta_{13} = 0.109 \pm 0.039 [0.030^{\text{stat}} \pm 0.025^{\text{syst}}]$

DC-II(H): $\sin^2 2\theta_{13} = 0.097 \pm 0.048 [0.034^{\text{stat}} \pm 0.034^{\text{syst}}]$



- Detector construction
- Data taking in 2014

- $r = 415 \text{ m}$ (115 m w.e.)
- Myons (Veto): 250 Hz

T2K

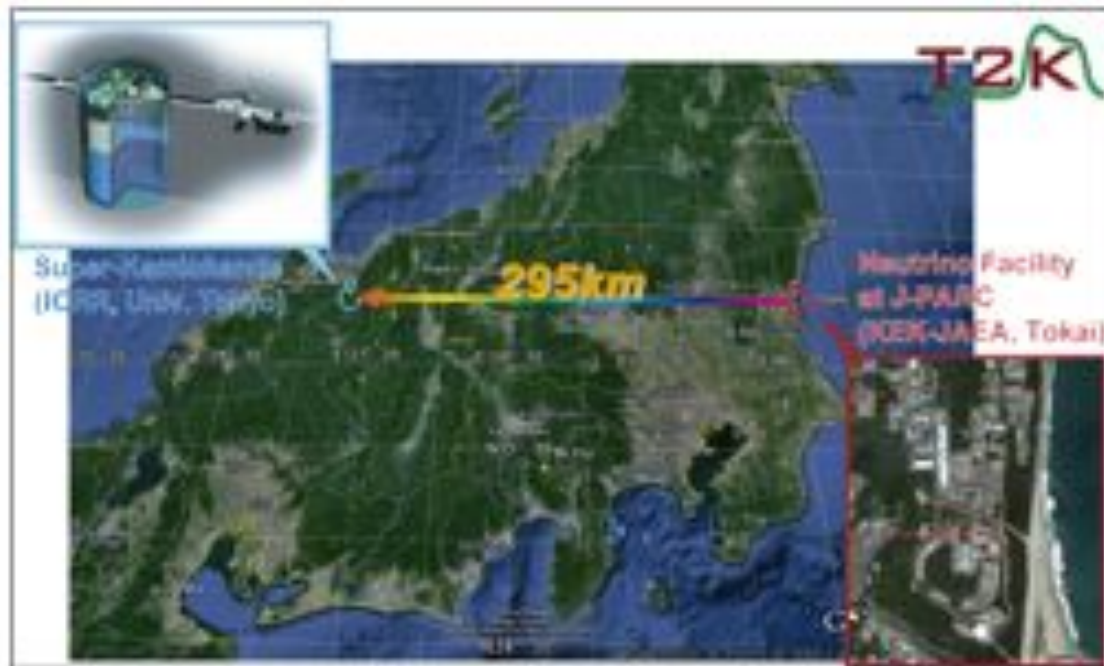


Figure 2. L'expérience T2K utilise un faisceau de neutrinos muoniques produit par l'accélérateur de J-Parc situé à Tokai sur la côte est du Japon. Il est dirigé vers le détecteur Super-Kamiokande à 295 km du point de production où les neutrinos muoniques transformés en neutrinos électroniques sont observés. © T2K

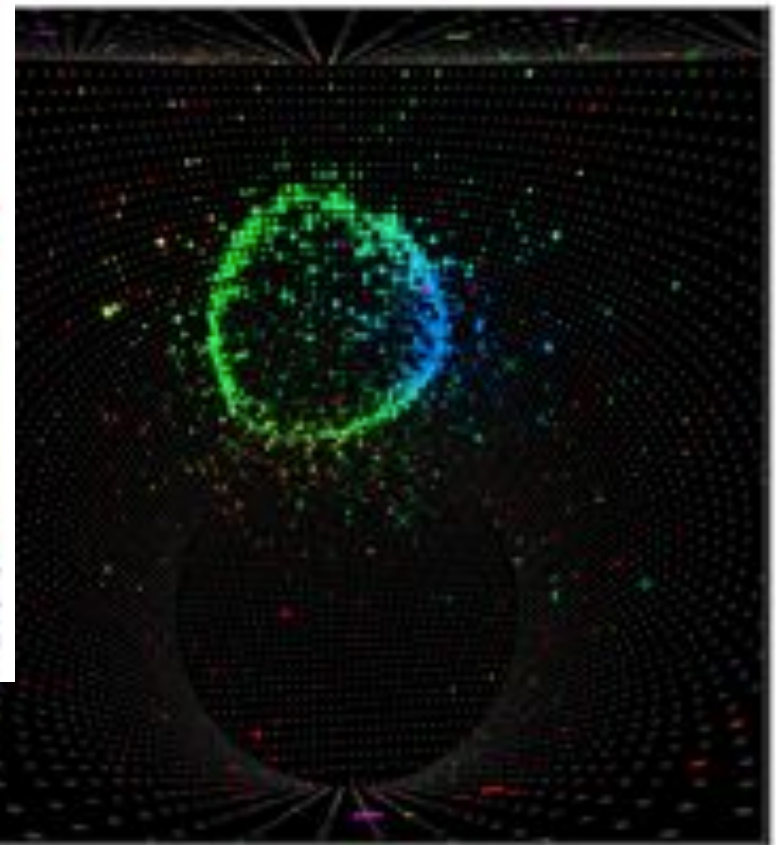
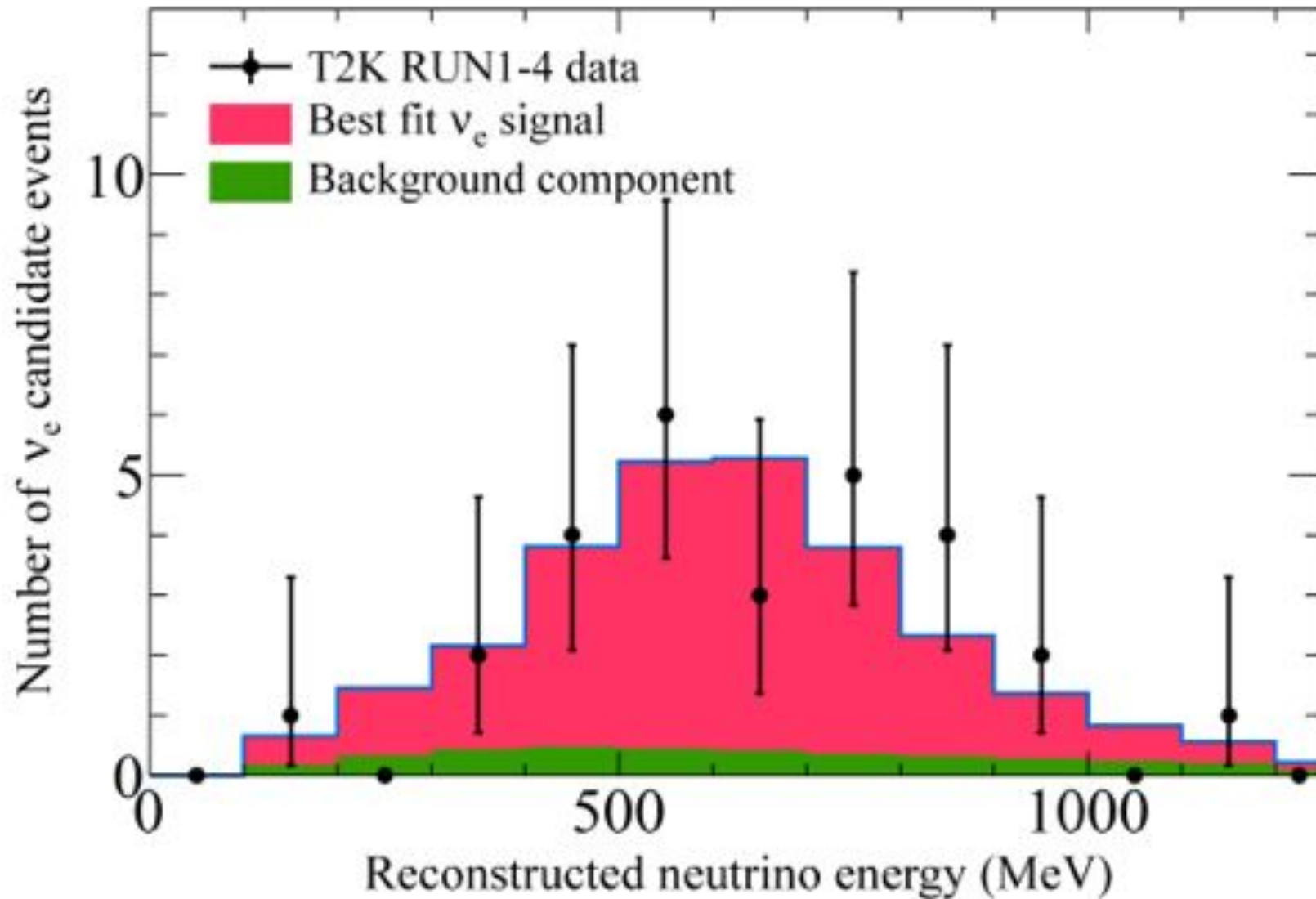


Figure 1. Événement neutrino électronique dans le détecteur Super-Kamiokande. Dans cette image 3D du détecteur à forme cylindrique



T2K: juillet 2013



T2K

- T2K: programme leader mondial
- Résultat de l'été: 7 sigmas environ sur la mise en évidence directe de transformation de ν_μ en ν_e
- Mesure de θ_{13} et meilleure mesure mondiale de θ_{12}
- Améliorations des valeurs existantes
- Premières indications sur hiérarchie de masse ?
- Premières indications sur violation de CP ?
(voir discussion sur révision de la sensibilité)



Révision de sensibilité LBL ν

- Résumé: erreur sur la signification statistique sur détermination hiérarchie de masse et violation de CP dans la littérature jusqu'à récemment
- **Références:**
 - F. Capozzi, E. Lisi, and A. Marrone, arXiv:1309.1638
 - X. Qian, A. Tan, W. Wang, J. J. Ling, R. D. McKeown, and C. Zhang, arXiv:1210.3651
- En gros (rule of thumb), diviser le nombre de sigmas annoncés dans les estimations antérieures **par deux**
- T2K + NOVA marginal en termes hiérarchie + CP
- LBNE n'atteint jamais de façon réaliste 5 sigmas sur MH
- Seul LBNO survit à 5 sigmas en hiérarchie de masse et fraction significative des valeurs de δ_{CP}



LBNO vs LBNE

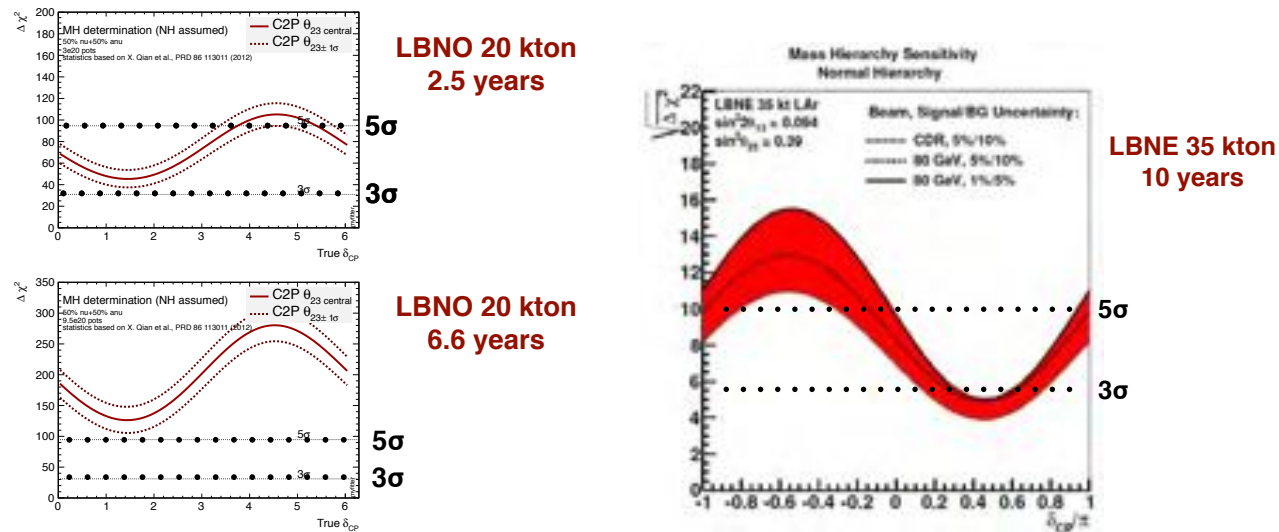


Figure 3: Mass hierarchy determination (left) for LBNO 20 kton after 2.5 and 6.6 years and (right) for LBNE 35 kton after 10 years of running. Please note that normal hierarchy was assumed. For inverted hierarchy the curve flips, hence early indications for the δ_{CP} value cannot be used to determine the sensitivity of the experiment.

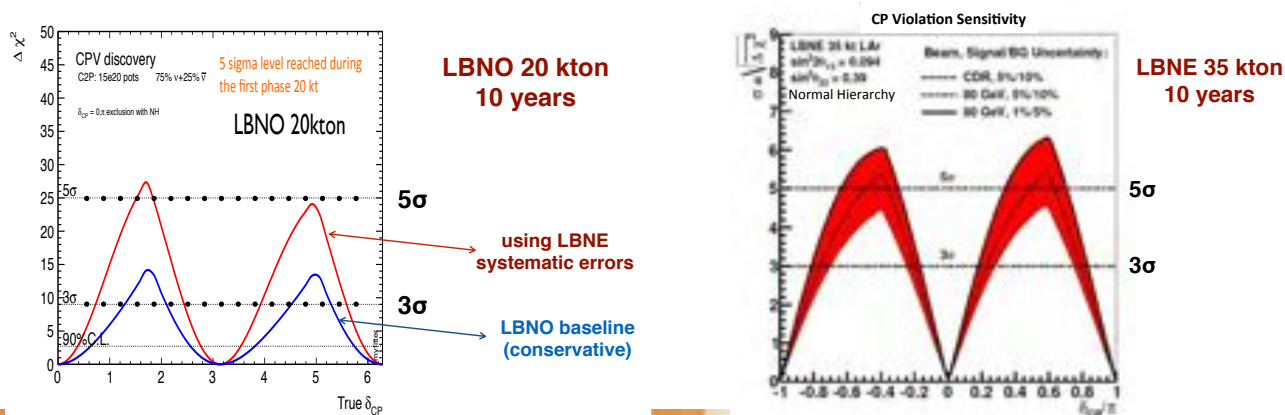


Figure 4: CPV discovery (left) for LBNO 20 kton after 10 years with baseline systematic errors (blue) and assuming the same errors as LBNE (red), and (right) for LBNE 35 kton after 10 years of running.

OPERA

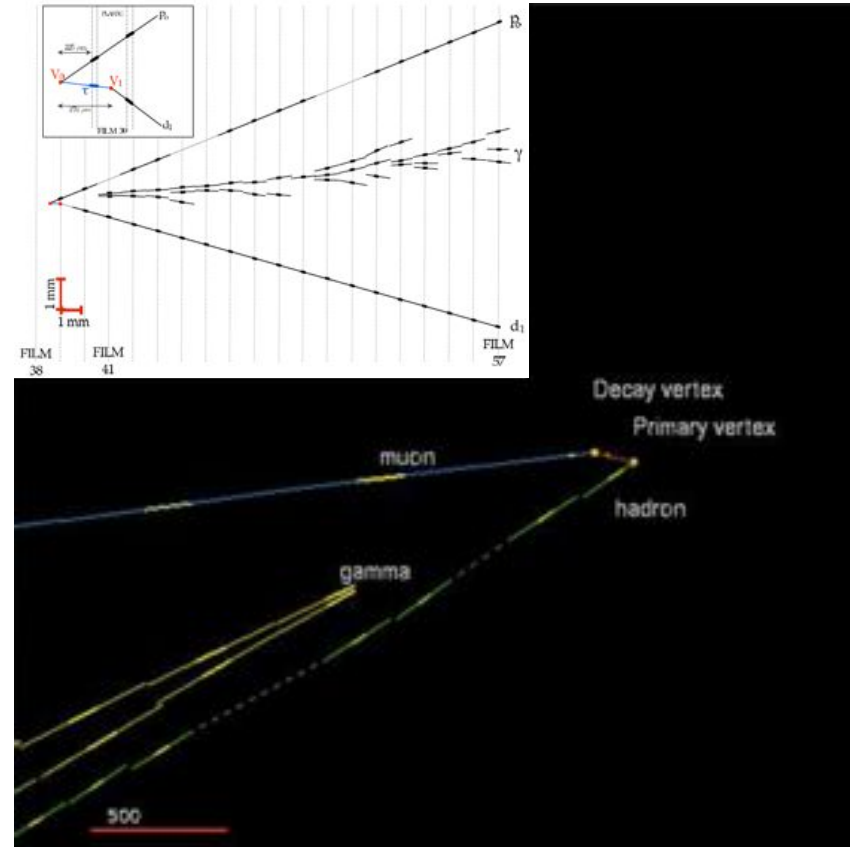
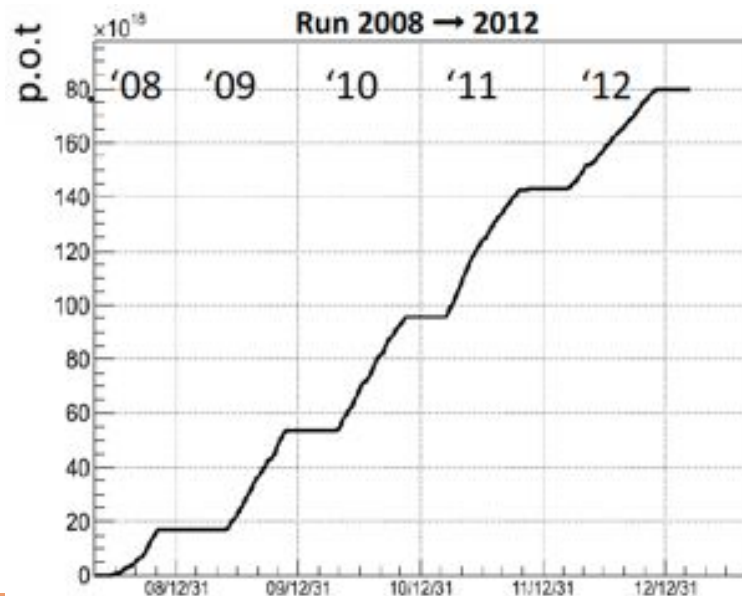
- Mise en évidence directe de la transformation de ν_μ en ν_τ
- 3 événements observés pour un fond estimé à ≈ 0.2 événement (≈ 3.5 sigmas)
- Multiplier par 1.5 la statistique analysée
- Environ 5 événements attendus pour un fond de $\approx 0.3 - 0.4$ (≈ 5 sigmas)
- Fin de l'expérience au Gran Sasso 2014
- Fin attendue de l'analyse courant 2015



Faits marquants OPERA

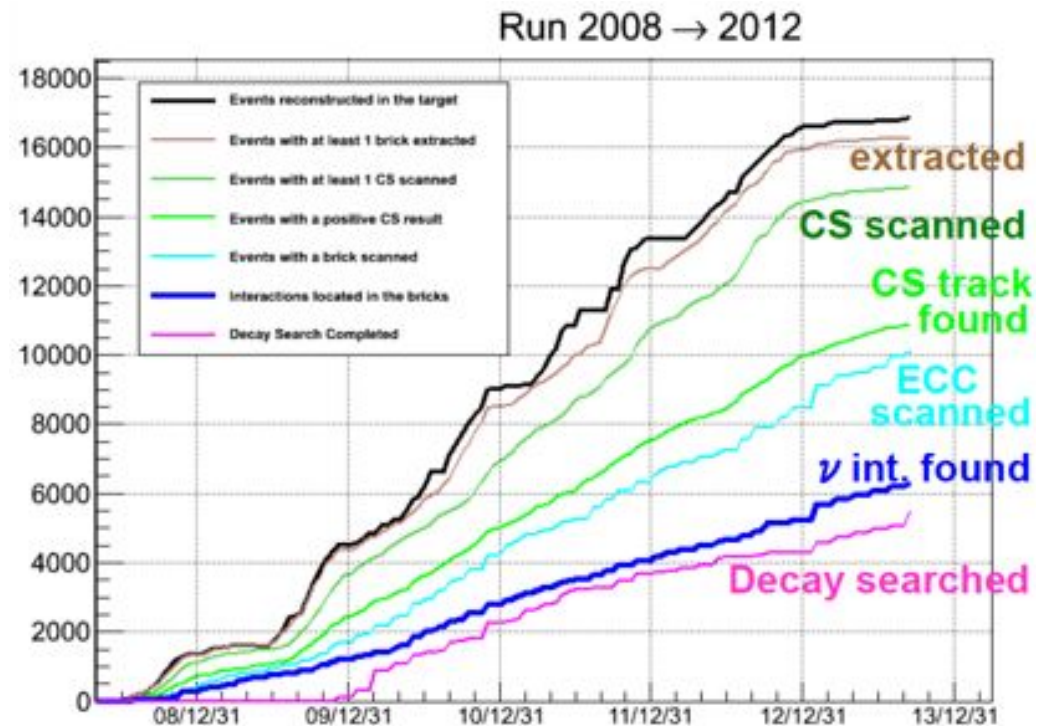
- Fin de la prise de données: Décembre 2012 (18×10^{19} p.o.t.).
- Target Tracker et BMS toujours en activité jusqu'à fin 2014 (sous la responsabilité de l'IPHC et du LAPP).
- Trois événements candidats $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ déjà annoncés (C.L. 3.4σ).

3ème événement: $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau \rightarrow \mu$



OPERA

- Scanning et analyse jusqu'en ~2015
- Publications (2/4 membres de l'editorial board dont chair proviennent de l'IN2P3):
 - Search for $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$ oscillations with the OPERA experiment in the CNGS beam, OPERA Collaboration, JHEP 1307 (2013) 004.
 - New results on $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ appearance with the OPERA experiment in the CNGS beam, JHEP11 (2013) 036.
 - Evidence for $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ appearance in the CNGS neutrino beam with the OPERA experiment, submitted to PRL.



evolution du scanning

Double beta decay

- Seul processus permettant de démontrer le caractère Majorana des ν (i.e. neutrino sa propre antiparticule)
- Leaders mondiaux dans le domaine: GERDA (germanium), CUORE (TeO₂), SuperNemo (100Mo, ⁸²Se, etc.)
- Limites actuelles en masse effective (incertitude éléments de matrice nucléaires): 0.2-0.7 eV
- Génération en cours: vers 100 kg de cible avec bruit de fond radioactif nul: parvenir à une sensibilité 100 meV



SuperNEMO

- Phase de démonstration premier supermodule lancée en 2013
- Financement 2014 prévu au même niveau que 2013
- Retour d'expérience $\approx$ fin 2015 pour une décision sur SuperNEMO programme complet



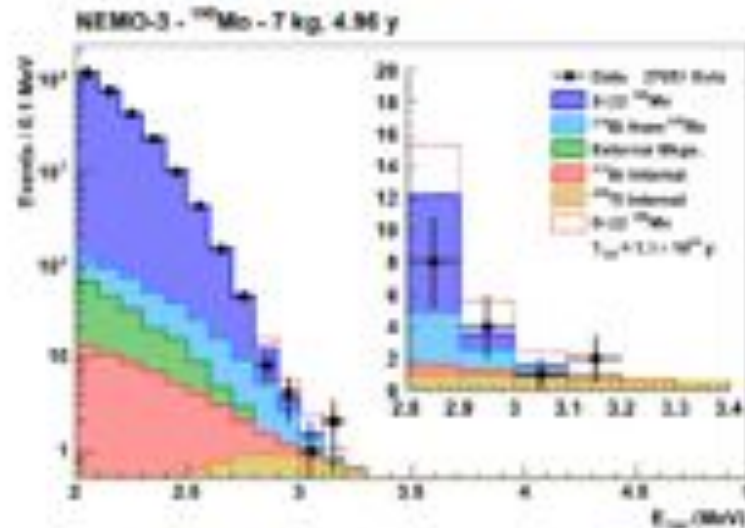
Résultats finaux de NEMO3 pour le ^{100}Mo soumis à PRL

NEMO-3 $0\nu 2\beta$ Mass Mechanism Search with ^{100}Mo

► Total ^{100}Mo exposure of 34.7 kg.y gave no event excess:

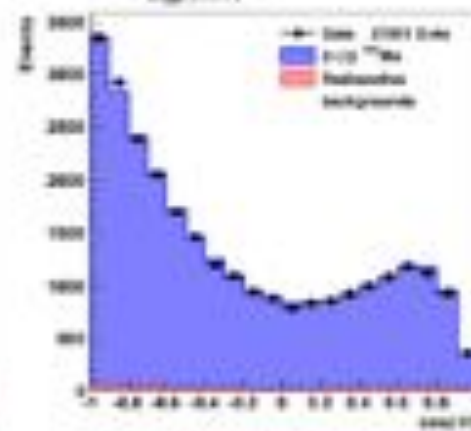
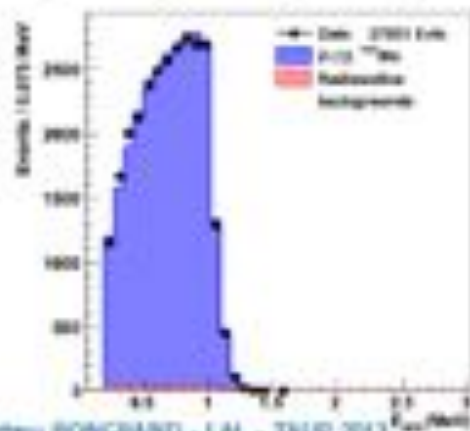
$$T_{1/2}^{0\nu} > 1.1 \cdot 10^{24} \text{ y (90 \% CL) corresponding to } |m_{\beta\beta}| < 0.3 - 0.8 \text{ eV}^*$$

[including systematics]



Expected background in [2.8 - 3.2] MeV

External	< 0.2
Radon	5.2 ± 0.5
^{214}Bi	1.0 ± 0.2
^{208}Tl	3.4 ± 0.3
$2\nu 2\beta$	8.4 ± 0.1
Total	18.0 ± 0.6
Data	15



* NME:
M. Korolainen et al., Phys. Rev. C 76 (2007) 024311
F. Simkovic et al., Phys. Rev. C 87 (2013) 041501
J. Barea et al., Phys. Rev. C 79 (2009) 044301
P. K. Rath et al., Phys. Rev. C 82 (2010) 084310

Situation Double Beta

1993 - 2000:

- **HdM** (~11 kg) & **IGEX** (~2 kg), ^{76}Ge
 - $T_{1/2}^{0\nu} > 1.9 \cdot 10^{25} \text{ y}$ @ 90% C.L.
- **HdM claim**: $(m_{\text{ex}}) = 0.32 \pm 0.03 \text{ eV}$

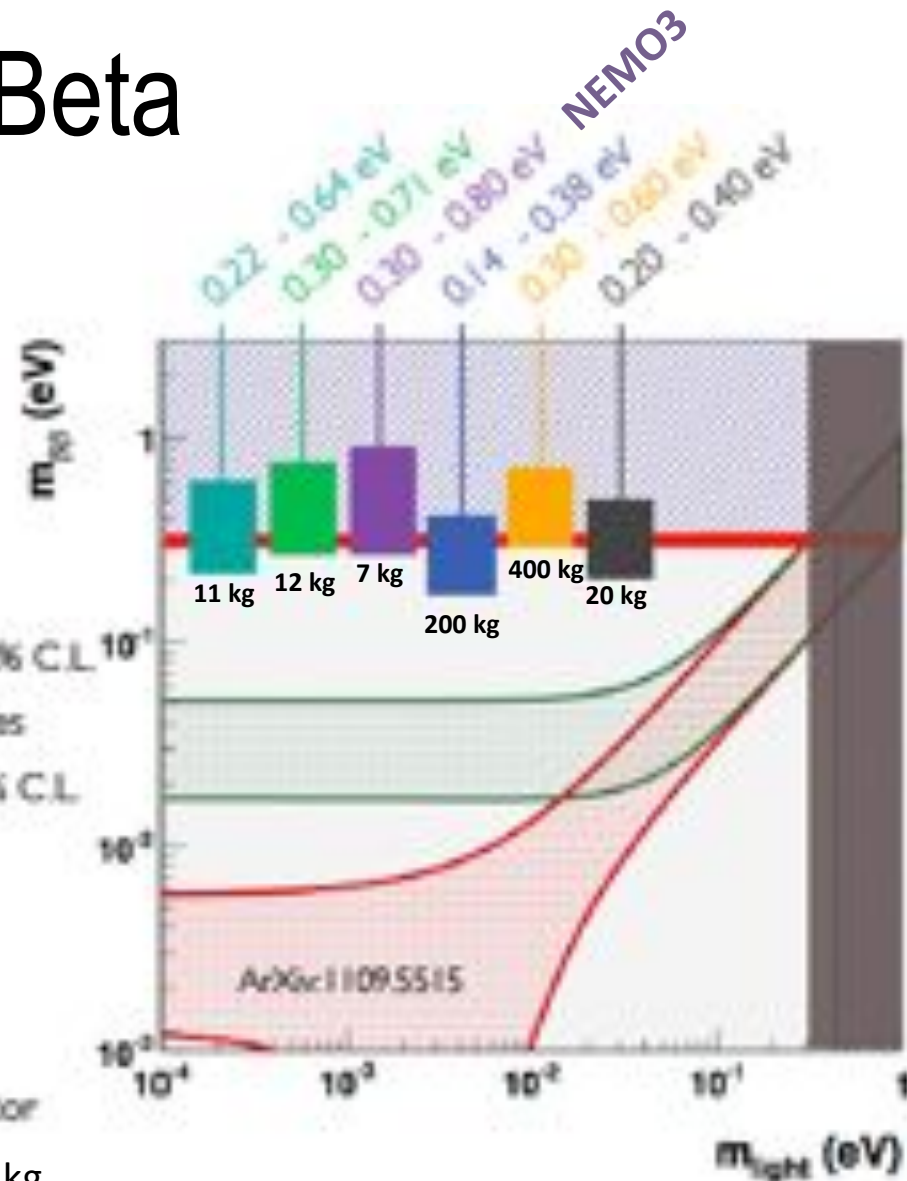
2000 - 2010:

- **Cuoricino**: TeO_2 bolometric detector
 - ~11 kg ^{130}Te : $T_{1/2}^{0\nu} > 2.8 \cdot 10^{24} \text{ y}$ @ 90% C.L.
- **NEMO3**: Tracko-Calor, 7 different isotopes
 - ~7 kg ^{100}Mo : $T_{1/2}^{0\nu} > 1.1 \cdot 10^{24} \text{ y}$ @ 90% C.L.

Since 2011: new generation

10 - 100 kg, R&D for future scaling

- **EXO200** (^{136}Xe): Liquid TPC 200 kg
- **Kamland-ZEN** (^{136}Xe): Liquid Scintillator
- **GERDA Phase I** (^{76}Ge): Ge diodes 20 kg



A. Remoto Enigmass general meeting

ANTARES

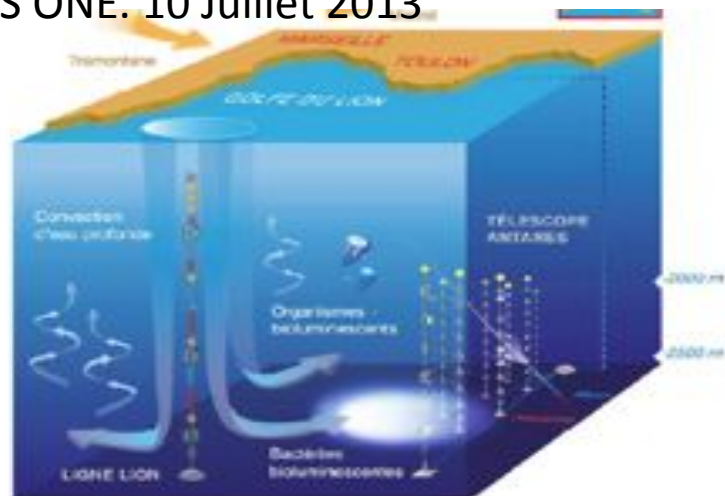
- Collaboration internationale assemblée par la France
- Seul détecteur sous-marin ayant observé plusieurs milliers de neutrinos de haute énergie
- A servi de base à la Preparatory Phase de KM3Net
- Nécessite un ordre de grandeur au moins en volume de détection pour rentrer dans l'astronomie neutrino de haute énergie
- Premières indications de ν extra-atmosphériques par ICECUBE: pas encore de candidat(s) ANTARES



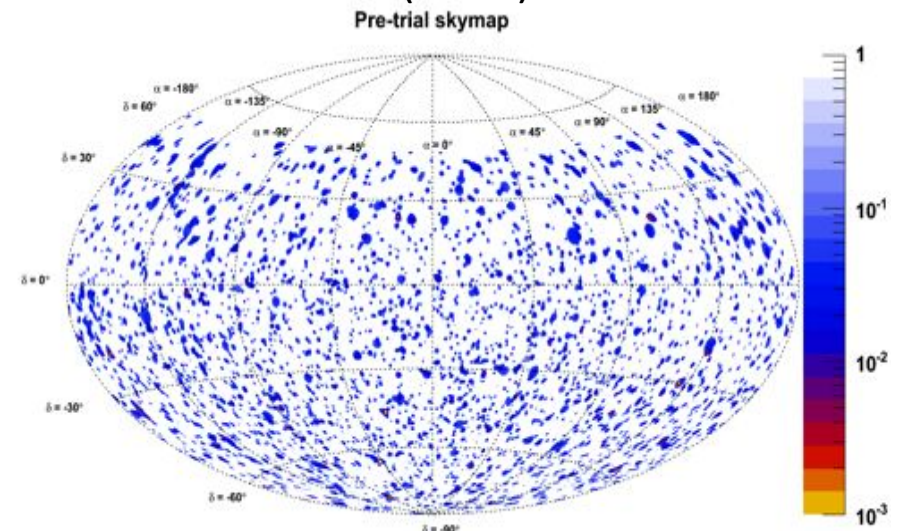
ANTARES



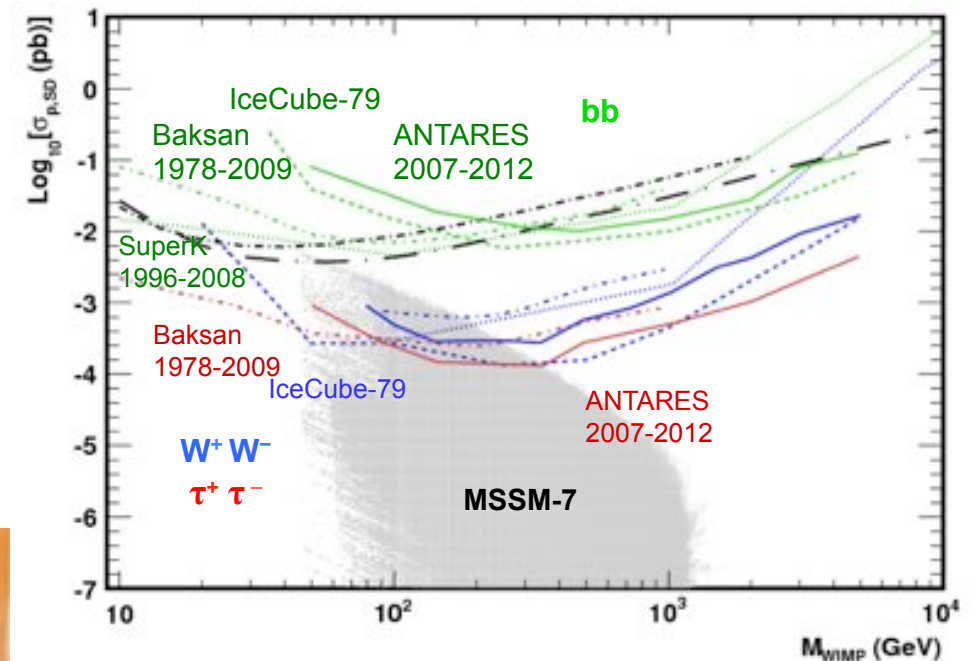
« Deep-sea bioluminescence blooms after dense water formation at the ocean surface »
 PLoS ONE. 10 Julliet 2013



carte ciel neutrino (6 ans)



Recherche matiere noire-Soleil



KM3

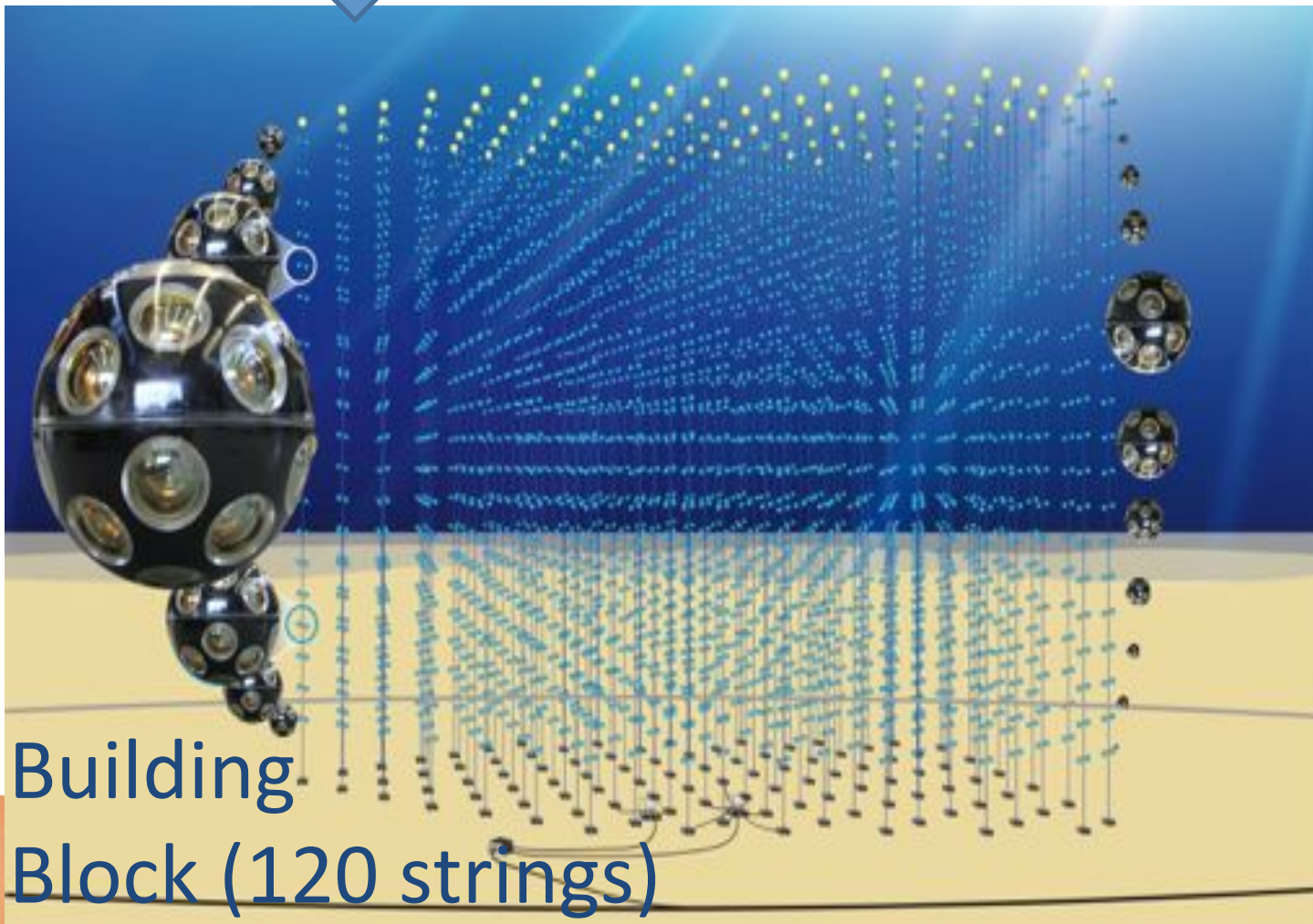
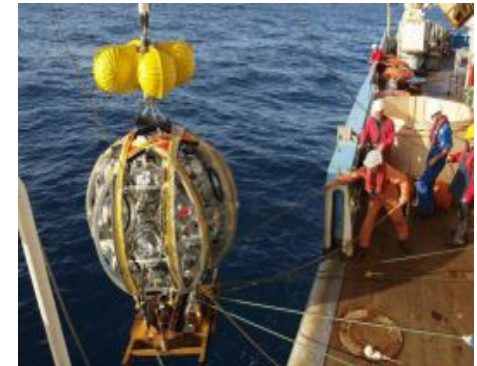
- Collaboration internationale visant à l'installation d'un détecteur d'au moins 1 km³ sous-marin
- Composantes principales françaises, italiennes, néerlandaises, (grecque)
- Un des rares projets à bénéficier de ≈ 40 M€ dans sa preparatory phase (dont ≈ 20 M€ Italie)
- Contribution française de loin la plus convaincante pour un financement (CNRS, Région, FEDER, ...) de 7 M€



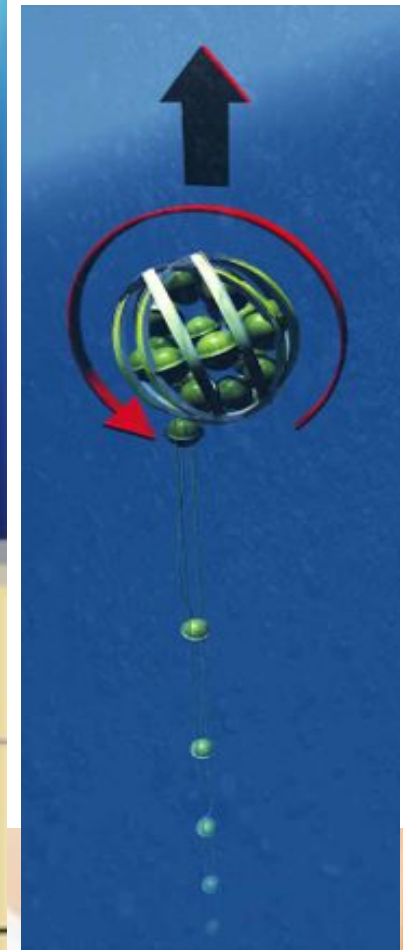
ANTARES



KM3NeT



Building
Block (120 strings)

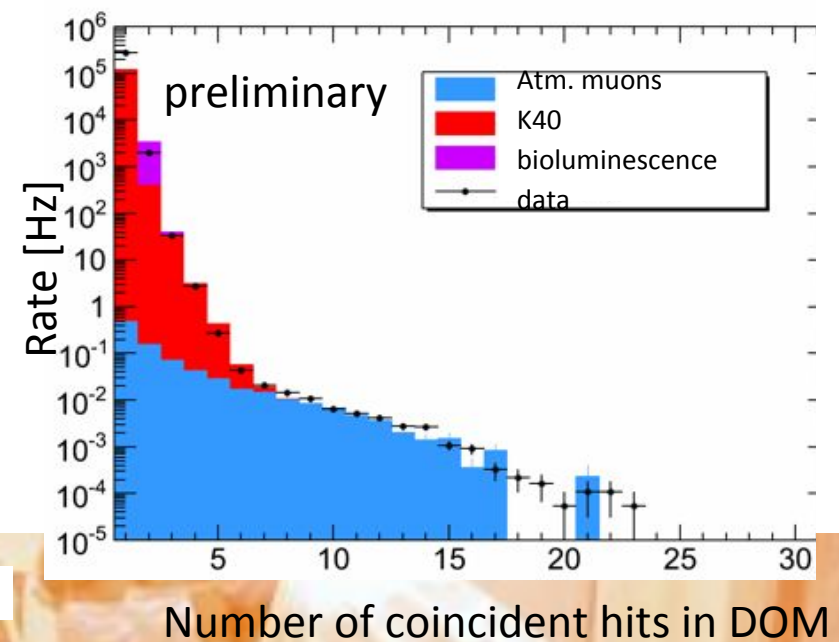
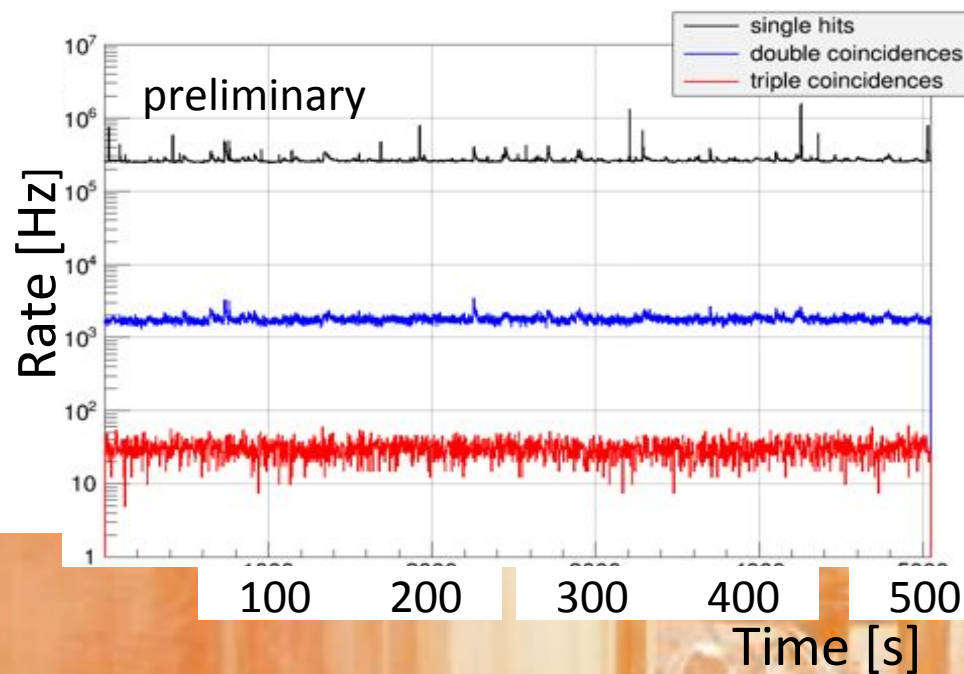
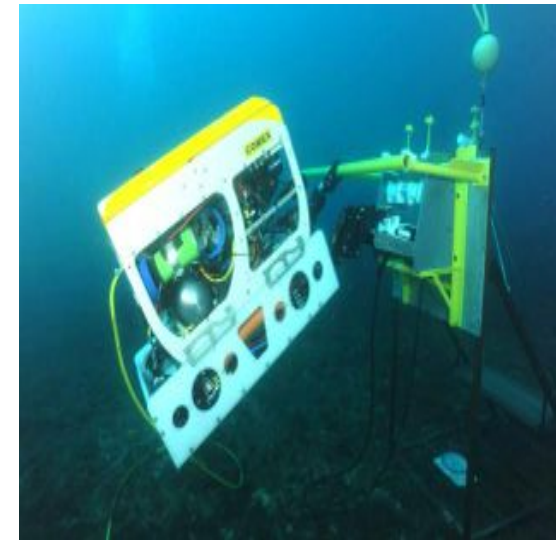




Prototype Digital Optical Module

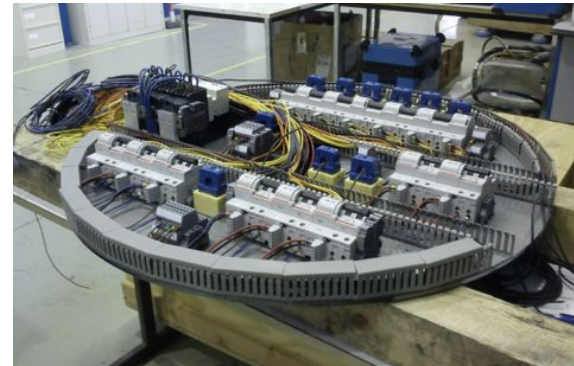


Connecte à
ANTARES
Mars 2013



Composants infrastructure sous-marine

Câble principal en cours de test et stockage à La Seyne/Mer



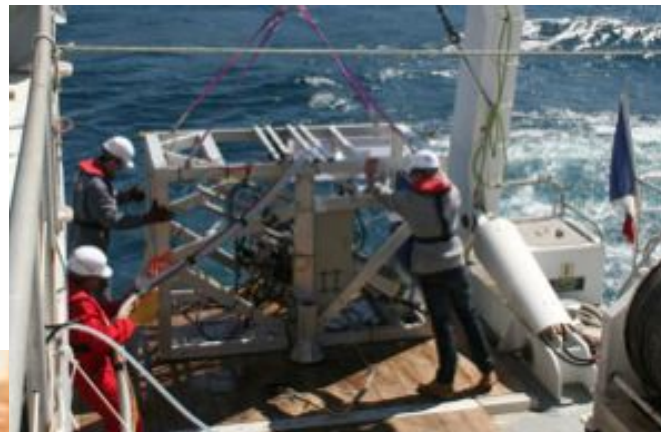
Maquette opérationnelle de la Boîte de Jonction



Sphère titane de la Boîte de Jonction



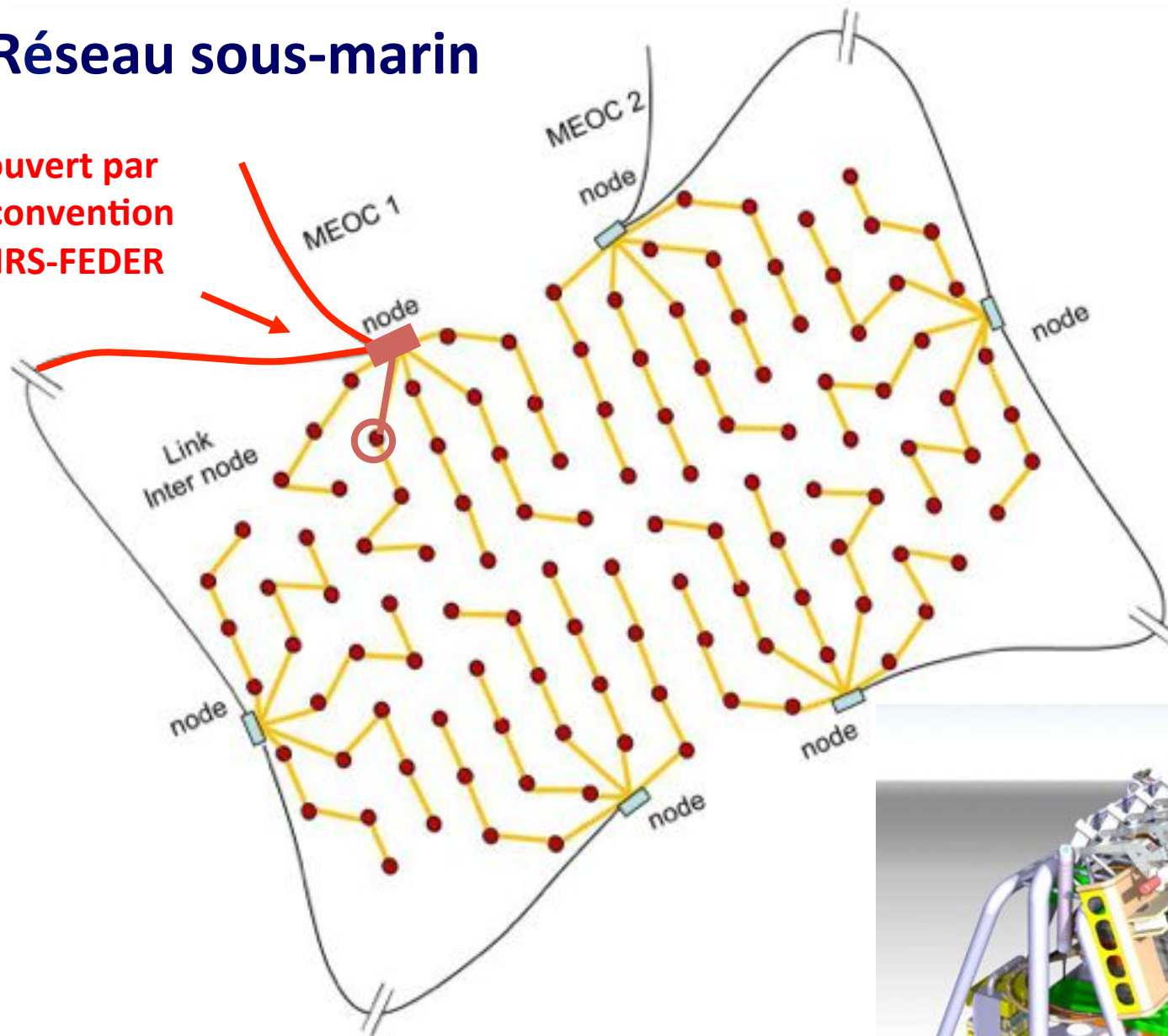
Banc de test des composants puissance



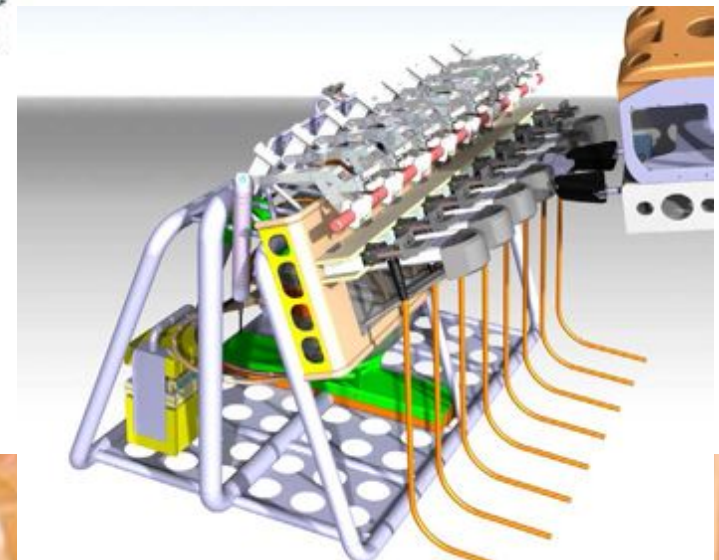
Déploiement de l'outillage de connexion POWERMATE

Réseau sous-marin

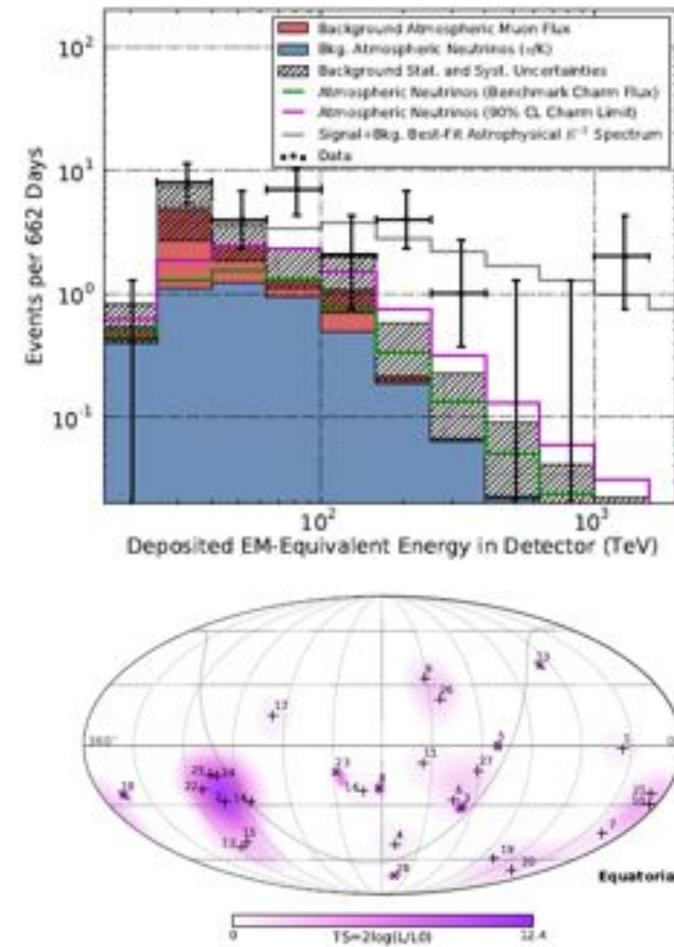
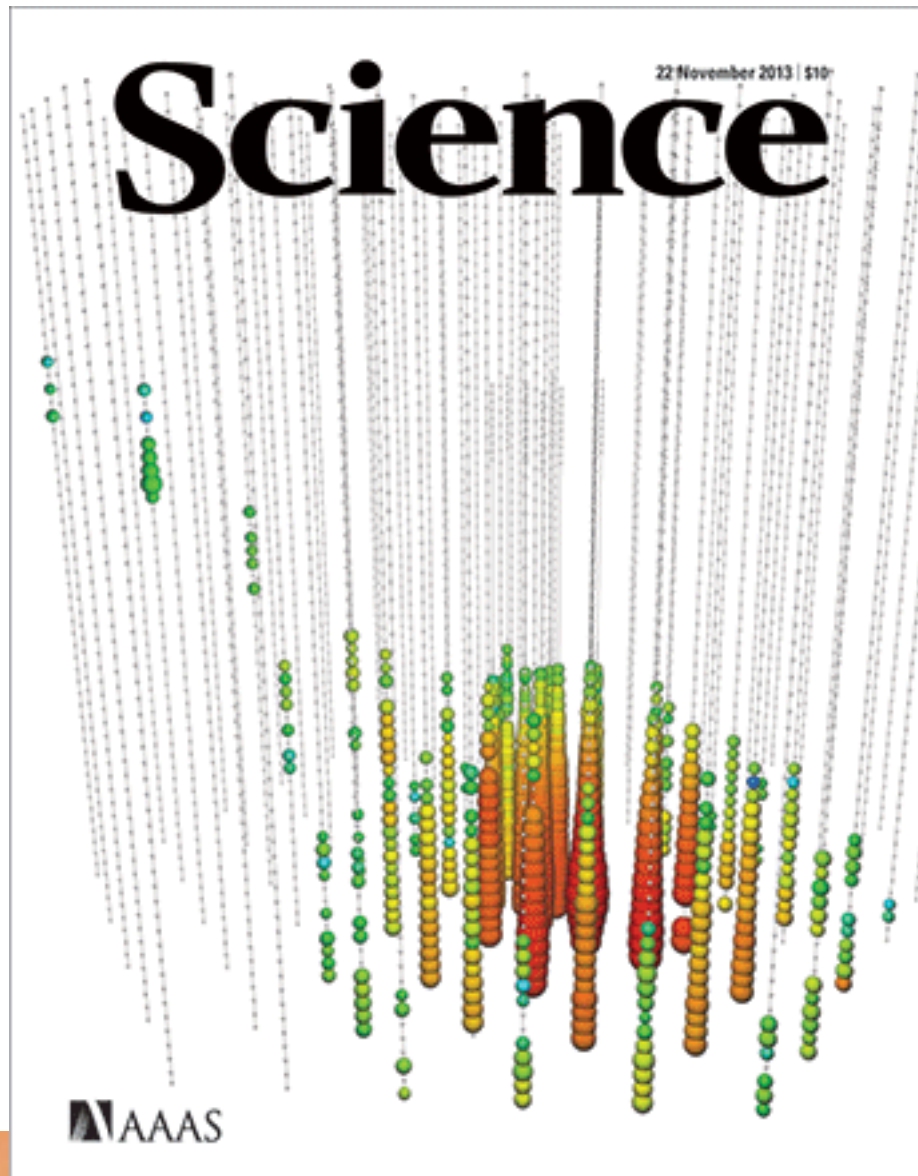
Couvert par
la convention
CNRS-FEDER



Configuration finale
du noeud de réseau



IceCube: diffuse signal for extraterrestrial neutrinos



KM3NeT Phase 1.5 $\Rightarrow$
IceCube scale detector

Stratégie neutrino européenne

- Priorité (f): clairement pas la principale priorité européenne
- “ Rapid progress in neutrino oscillation physics, with significant European involvement, has established a strong scientific case for a long-baseline neutrino programme exploring CP violation and the mass hierarchy in the neutrino sector ”
- “ *CERN should develop a neutrino programme to pave the way for a substantial European role in future long-baseline experiments. Europe should explore the possibility of major participation in leading neutrino projects in the US and Japan* ”

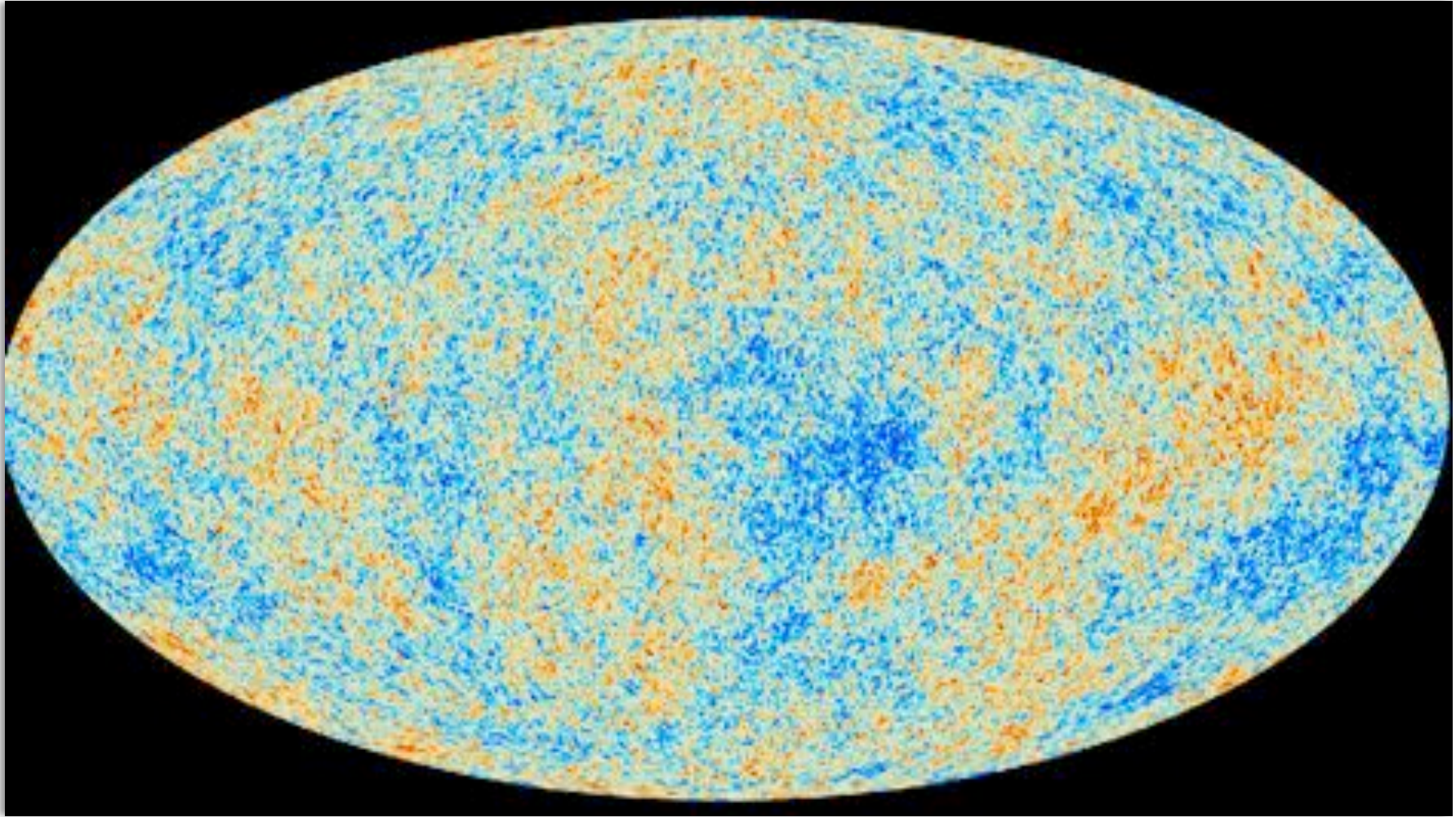


Neutrino Long Baseline

- Deux Design studies financées par l'Europe: LAGUNA, LAGUNA/LBNO
- Place de la physique des neutrinos dans la roadmap européenne de la physique des particules
- Approbation conditionnelle de LBNO (WA105): en garder surtout le lancement d'un détecteur prototype de $6 \times 6 \times 6 \text{ m}^3$ au CERN argon double phase
- Positionner au mieux les groupes français dans ce développement (pour le moment, $\approx 1 \text{ m}^3$, A. Rubbia)

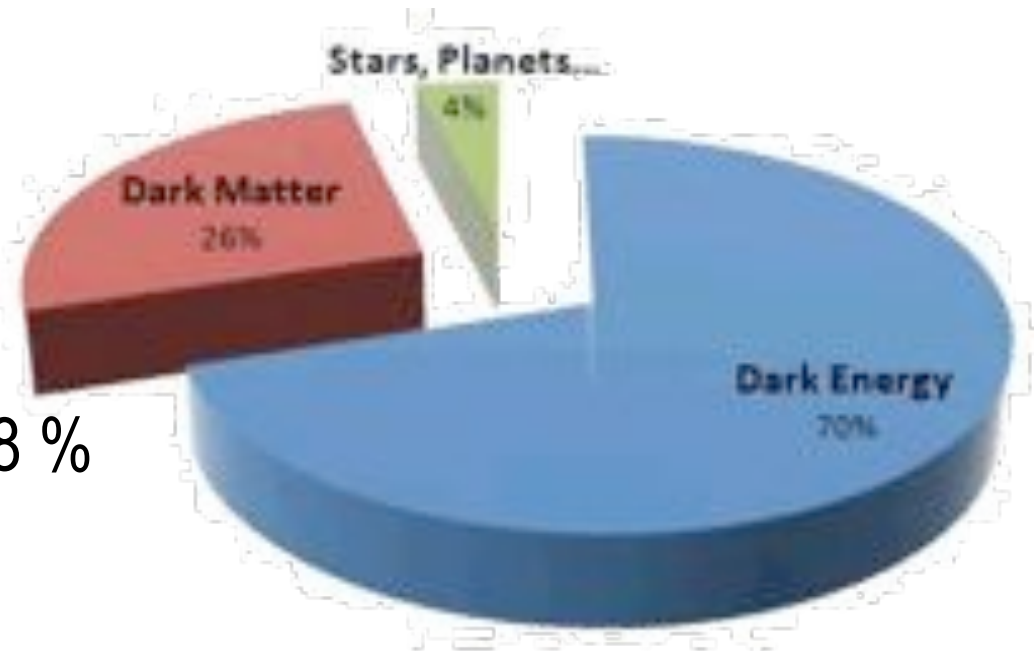


Le CMB vu par Planck-HFI



Planck : Cosmologie de précision

- Energie Noire $\Omega_{DE} \approx 69.4 \%$
(avant Planck $\approx 73\%$)
- Matière Noire $\Omega_{DM} \approx 25.8 \%$
(avant Planck $\approx 23\%$)
- Matière ordinaire (nucl.) $\approx 4.8 \%$
(avant Planck $\approx 4.3 \%$)
- Taux d'expansion univers
 $H_0 \approx 67.15 \text{ km/s/mpc}$ (avant Planck
 $\approx 70 \text{ km/s/mpc}$)
- Age de l'Univers : 13.82 milliards
d'années



Planck : Cosmologie de précision

- Environ 1% de mesure sur les paramètres ajustés du modèle
- Nouveaux résultats attendus en 2014:
- Limite (ou valeur...) sur la somme des masses des neutrinos (sensibilité meilleure que expérience de mesure directe KATRIN)
- Mesure du nombre de neutrinos (contrainte sur neutrinos stériles, testé également par STEREO)
- Spectre de polarisation modes B

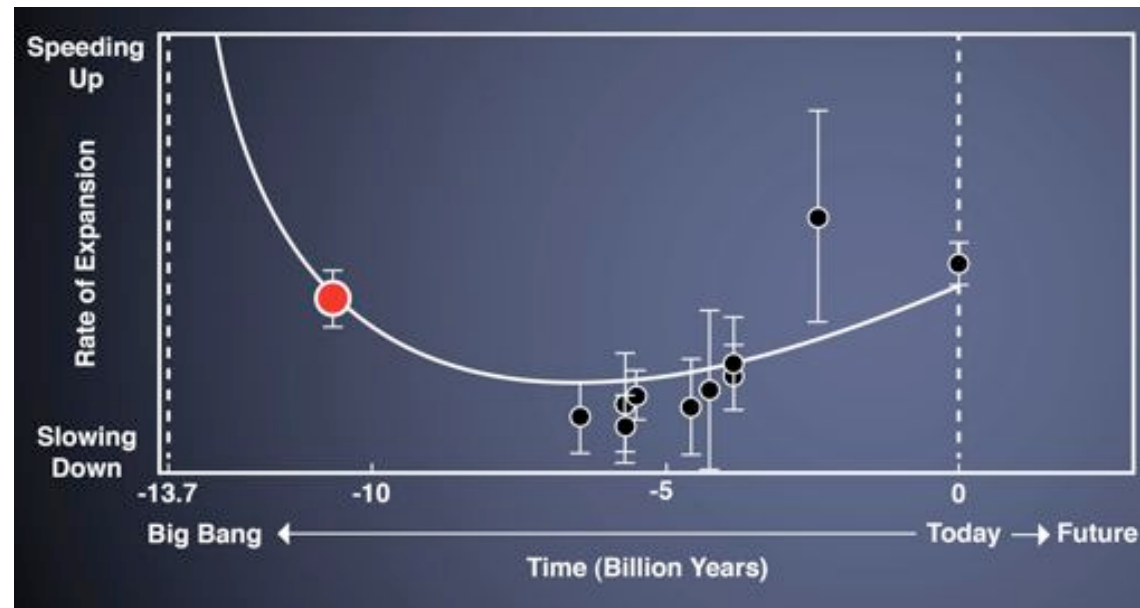


Cosmologie

- Au delà de Planck: QuBIC, NIKA, vers CoRE
- Développements à l'APC, CSNSM, LPSC (en collaboration avec INSU: IAS, IRAP, et INP: Néel, centrales de nanotechnologies)
- Soutien par deux ANR pour NIKA et QuBIC
- But de QuBIC: mesure préliminaire au sol (Pôle Sud Concordia) des modes B
- Soutien IN2P3 via « Instrumentation aux limites » et « Instrumentation IN2P3 »

Cosmologie

- « Interim » experiments: DES, eBOSS
- Prix de La Recherche 2013, N. Busca et al., 2 ANRs et (presque) pas de soutien de l'Institut



Cosmologie

- SNF

The Nearby Supernova Factory

–**Spectro-photométrie de SNe la proches**

–Collaboration internationale

•Fr (IPNL-CRAL-LPNHE) / US (LBNL-Yale)

–2001: MoU ; 2004: mise sur le ciel

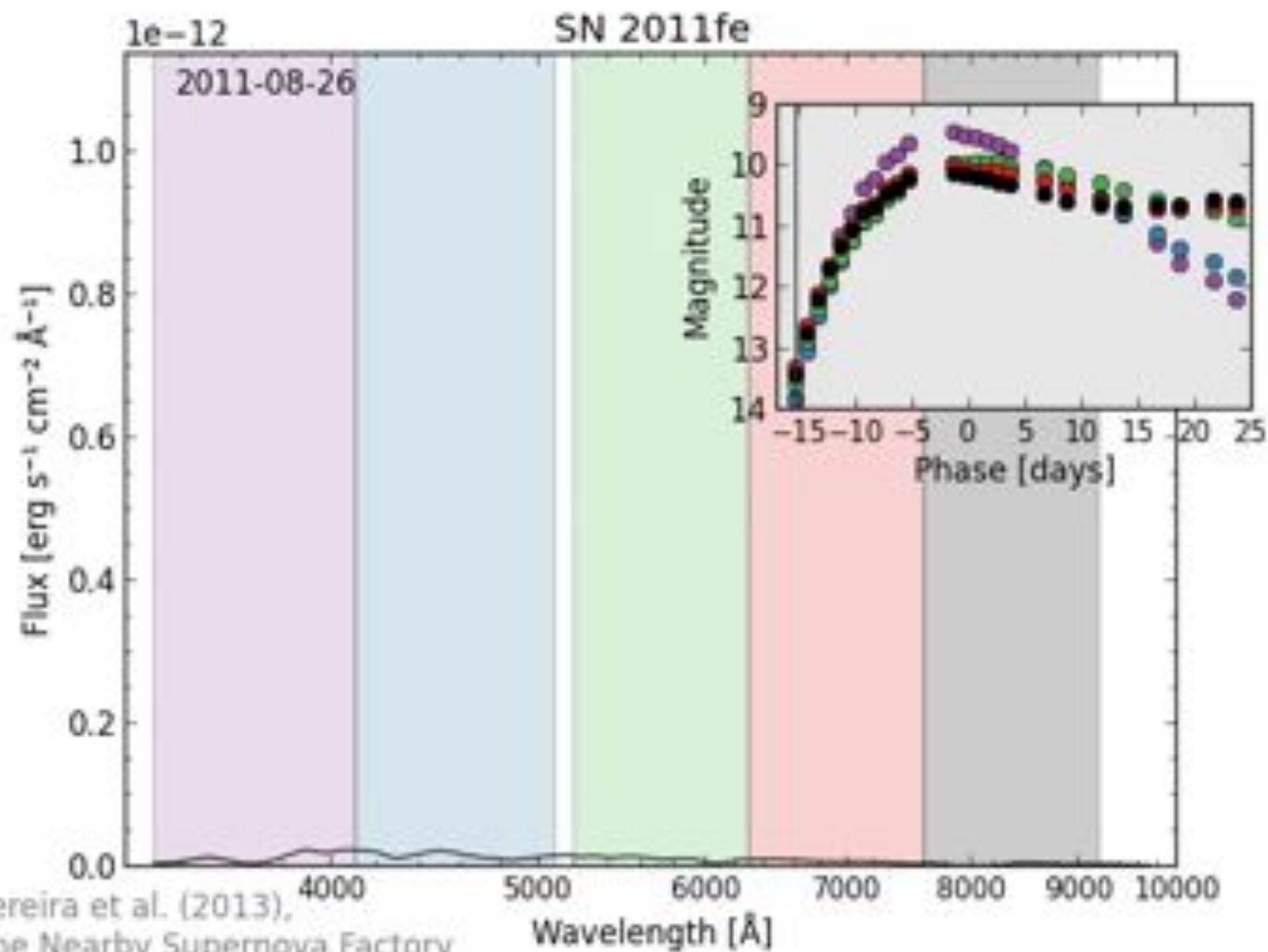
–2005-2010 : acquisition des données (SNf-I)

–2011-2013 : acquisition

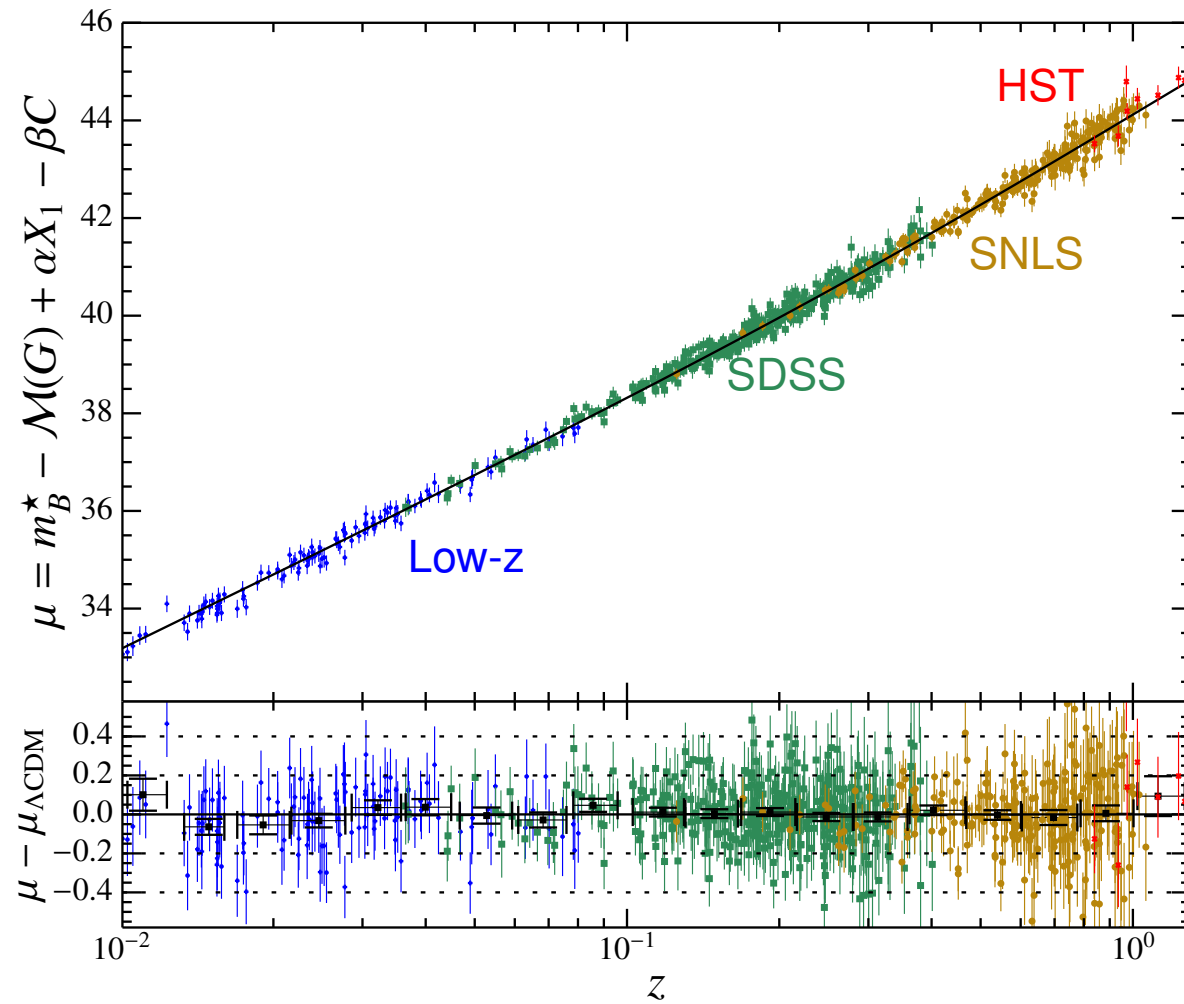
SNfactory-II

–2015 : fin de l'analyse

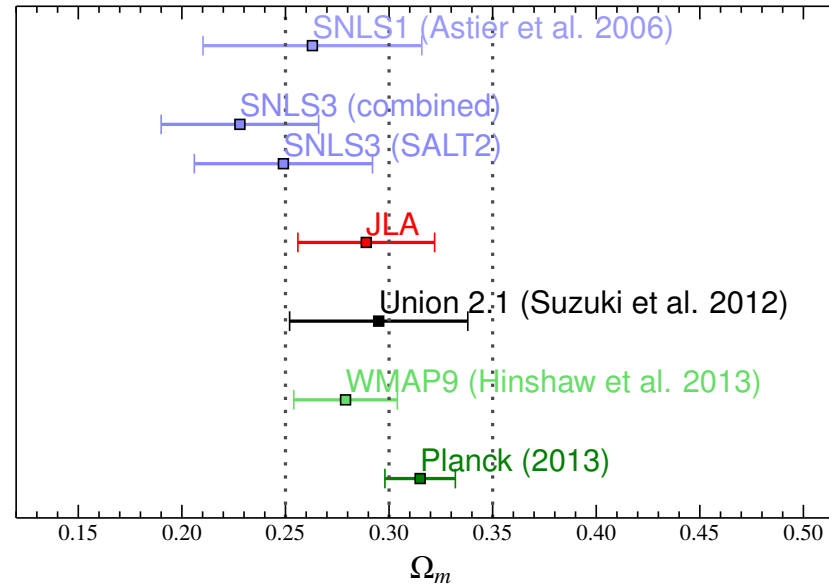




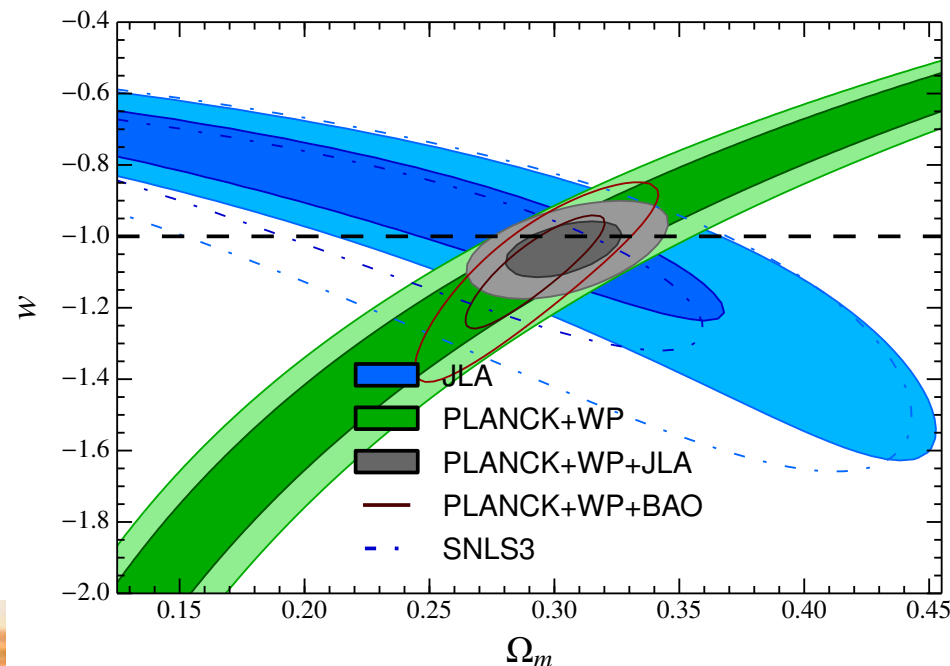
Updated cosmological analysis : recalibrated SNLS-3yr + SDSS
(386 SNe) [Betoule et al., submitted]



Ω_m in the Λ CDM model



With improved CMB from Planck, accuracy on w now reaches 5.6%



Betoule et al, submitted

LSST : 2014 Début de la Construction

2013 : (nombreuses) revues passées avec succès :

- Succès de la « Final Design Review » pour les senseurs en Avril 2013 =
Feu vert technique pour la construction de la camera
- Succès de la 1ère « Lehman review » (DOE construction camera) en Juin 2013
- «Final Design Review» NSF de LSST (Telescope & DM) décembre 2013

Contribution IN2P3 à la camera : 3 revues « DOE » en France

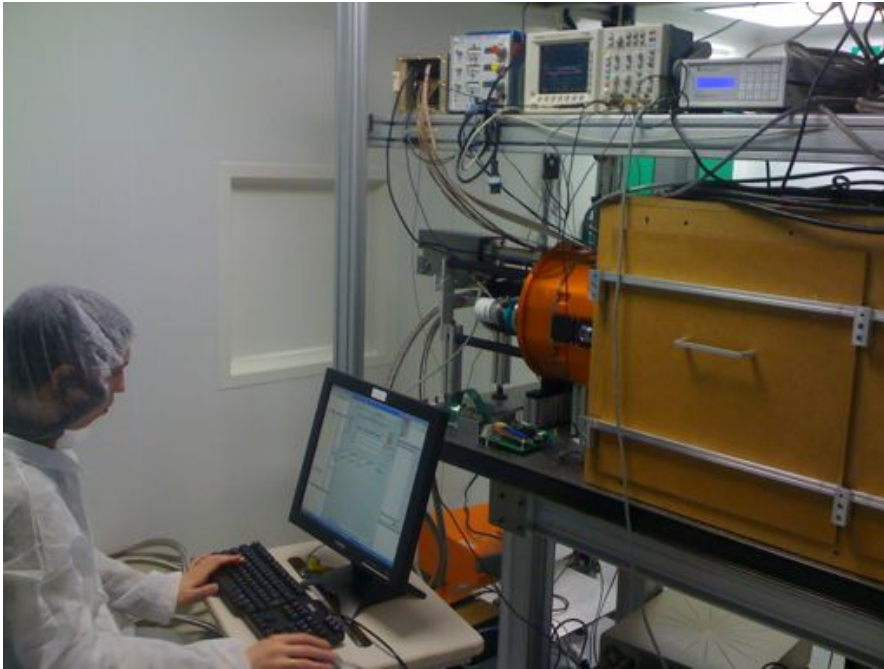
- « Final Design Review » des 2 ASICs au cœur du système de lecture des 201 CCD du plan focal (LAL-LPNHE : ASPIC 3 - Janvier 2013 , CABAC 1 - Octobre 2013)
- « Preliminary Design Review » du robot changeur de Filtre (APC, CCPM, LPC, LPNHE, LPSC : Novembre 2013)

➔ La construction de LSST débute en 2014 (USA et France)

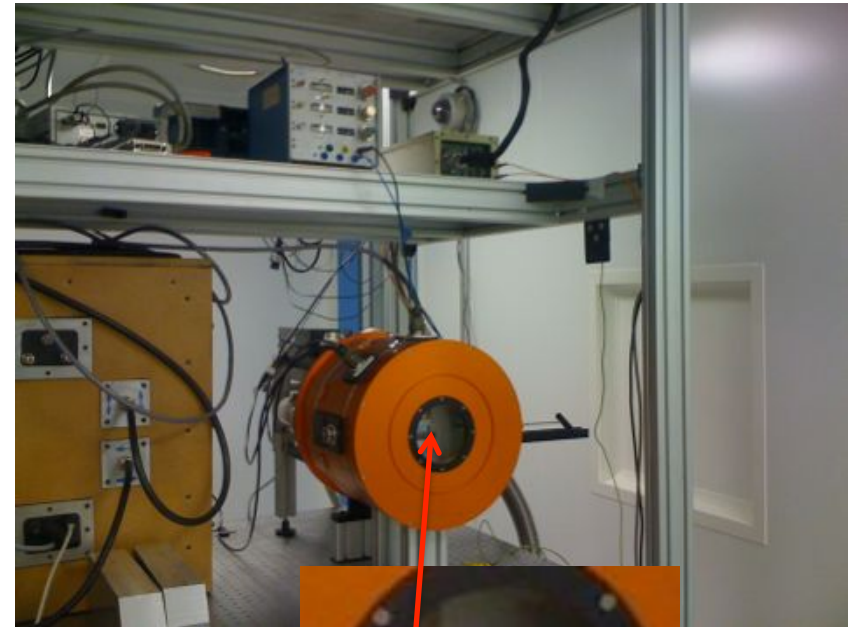


Contribution à la caméra LSST

- CCD R&D , characterization & production tests
 - Contribution to the CCD R&D effort (2009-2011 : contribution for 340 k\$ of contracts with e2v)
 - CCD characterization facility in Paris for CCD readout & prototype tests + capacity to qualify a fraction ($>\sim 25\%$) of the future CCD production.



CCD e2v 217 pre-proto readout with an ASPIC II and LSST ADC's in the Paris ccd characterization facility

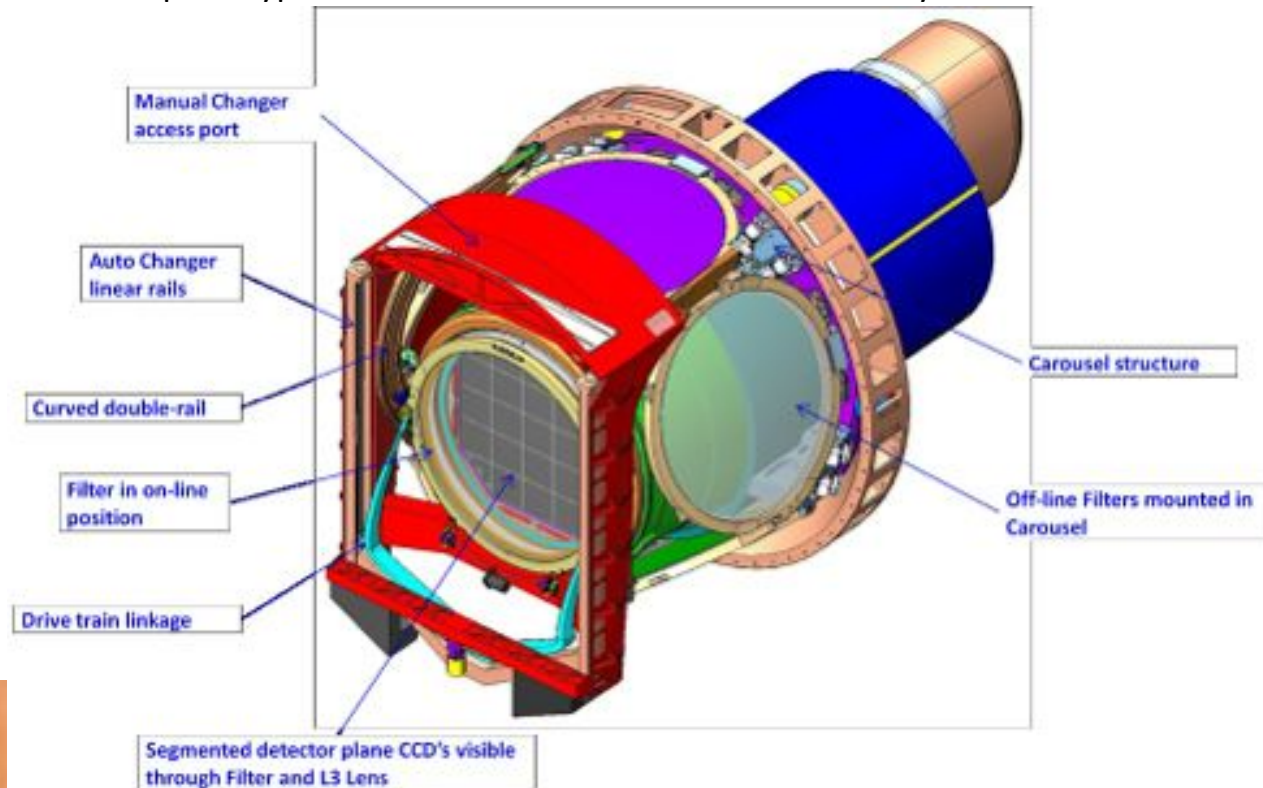


e2v 217-10



Contribution à la caméra LSST

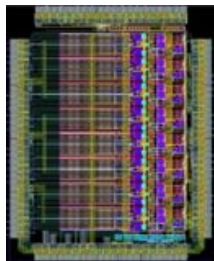
- Expertise on filter coating
 - The IN2P3 Laboratory for Advanced Material produced Mirrors for Virgo and advanced LIGO , it provides expertise and support for interaction with vendors , in particular with SAGEM in France.
- Filter Exchange system
 - R&D on carousel since 2007
 - A full scale prototype for the validation of this sensitive sub-system is under construction today



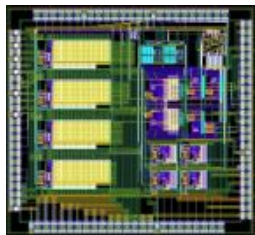
LSST@IN2P3 2013 : Faits Marquants

Démarrage avec succès de l'activité LSST-Calcul à L'IN2P3
(CCIN2P3, CCPM, LAL, LPC, APC) :

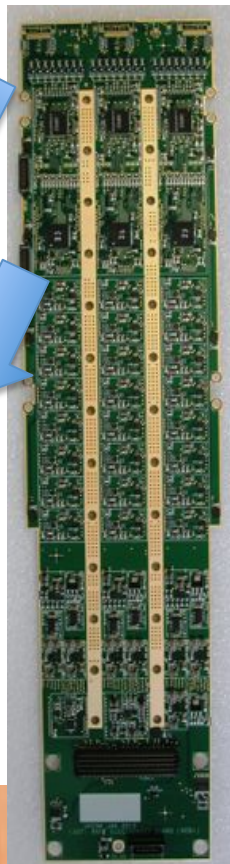
- Banc test de 300 nœuds (calcul/storage) pour une base QSERV (Projet PetaSky),
- Participation à 50-50 CCIN2P3 – NCSA (NSF) pour le data challenge Summer 2013 : traitement avec le code LSST des données SDSS (stripe 82)



ASPIC 2
Lecture CCD
8 canaux



CABAC 0
CCD setup
(Horloges & Bias)



Premier prototype
opérationnel de
l'électronique de lecture
du plan focal (LAL, LPNHE +
BNL, Harvard , SLAC,
Upenn)

Qualification du cœur du
mécanisme pour la mise
en place des filtres sur
l'axe du faisceau
(APC,CCPM,LPNHE) par le
robot changeur de filtre



10 Juillet 2013

REB : Lit / contrôle 3 CCD/48 canaux video

LSST: Contribution IN2P3

8 labs

- APC
- CPPM
- IPNL
- LAL
- LMA
- LPNHE
- LPSC
- LPC Clermont





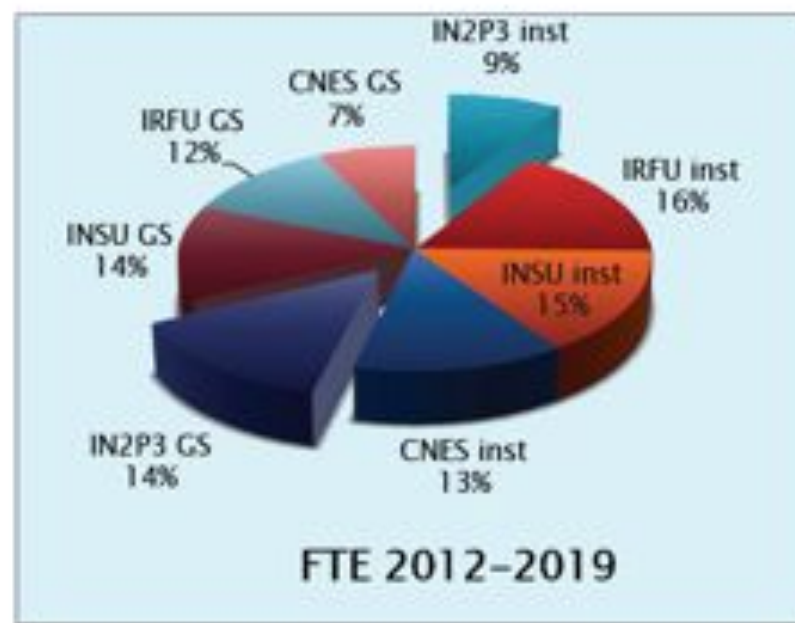
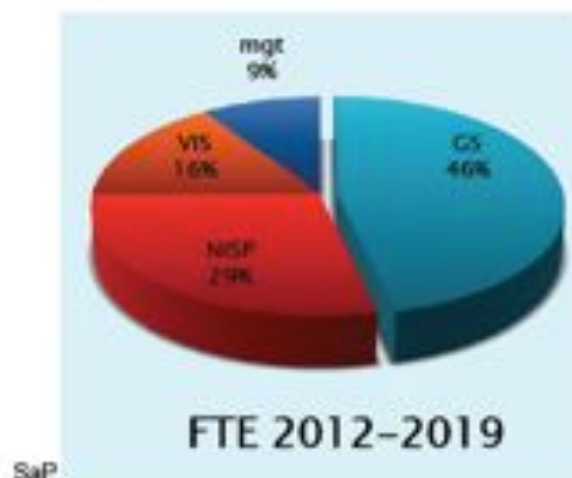
EUCLID en France

La participation française

- CNRS/IN2P3 APC, CCIN2P3, CPPM, IPNL, LPNHE
- CNRS/INSU IAP, IAS, LAM, Nice, Toulouse
- IRFU

- CNES participation en investissement (~ 40 Meuros) + FTE (management et GS)
- CCIN2P3 est proposé comme centre de données France (SDC - Fr)
- Permanents labs estimés ~480 FTE*

*2012- 2019, non inclus science et CDD





EUCLID : la participation IN2P3

•Instrument NISP (CPPM,IPNL)

NISP (project manager CNES, maîtrise d'œuvre LAM)

- responsable scientifique NISP spectro: A.Ealet
- responsabilité caractérisation et intégration des détecteurs IR du NISP : CPPM/IPNL:

Le CPPM a la responsabilité de

- la réception des 16 détecteurs de vol+ électronique ASIC (SIDECAR)I achetés par l'ESA/NASA
- de leur caractérisation au CPPM
- de leur intégration sur l'instrument NISP au LAM

L'IPNL doit produire le code de processing au sol pour les campagnes de tests.



Historique et contexte sur les détecteurs IR:

- Des détecteurs US (Teledyn) uniques, très peu d'expertise en France (Europe ESO ou JWST)
- Une activité démarrée à l'IPNL avec l'achat d'un H1Rg en 2004
- Une activité démarrée entre le CPPM et l'IPNL grâce au démonstrateur SNAP en 2006 (un H2rG prêté par LBNL + une électronique "IPNL" bas bruit) + achat d'un sidecar en 2009

Une R&T CNES CPPM/IPNL en cours depuis 2010 pour développer des détecteurs européens avec Sofradir (acquisition +test) ..

Un contrat EUCLID/Teledyn avec l'ESA (NASA) pour les détecteurs de vol EUCLID +un groupe ESA+EUCLID pour le suivi avec expertise France.

Dark Matter – Dark Energy

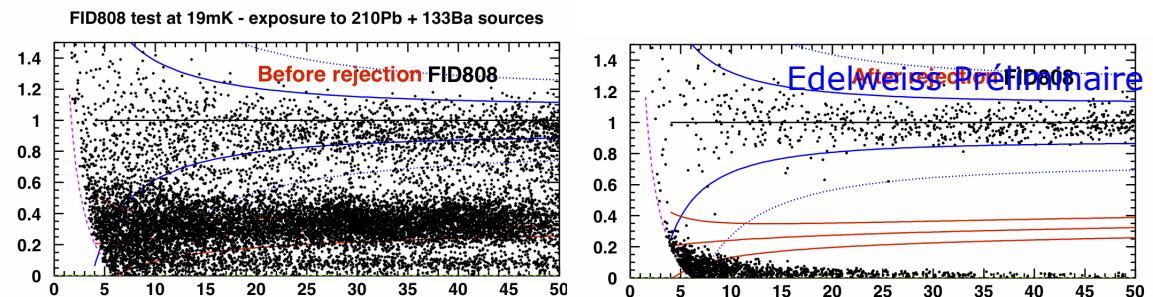
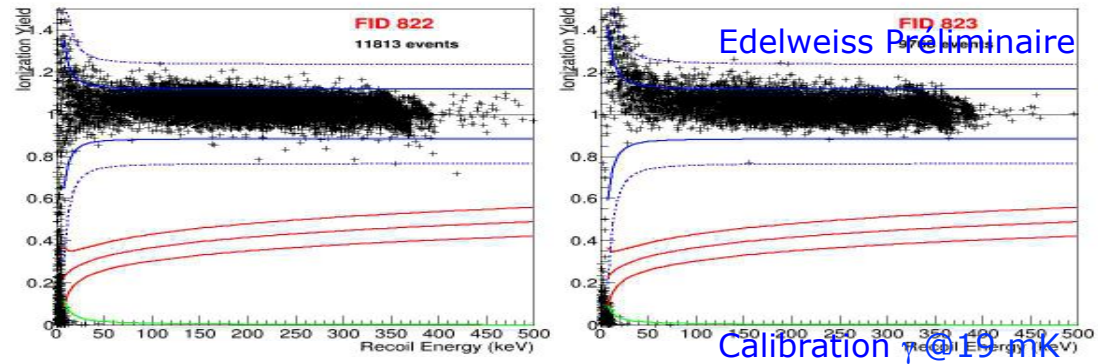
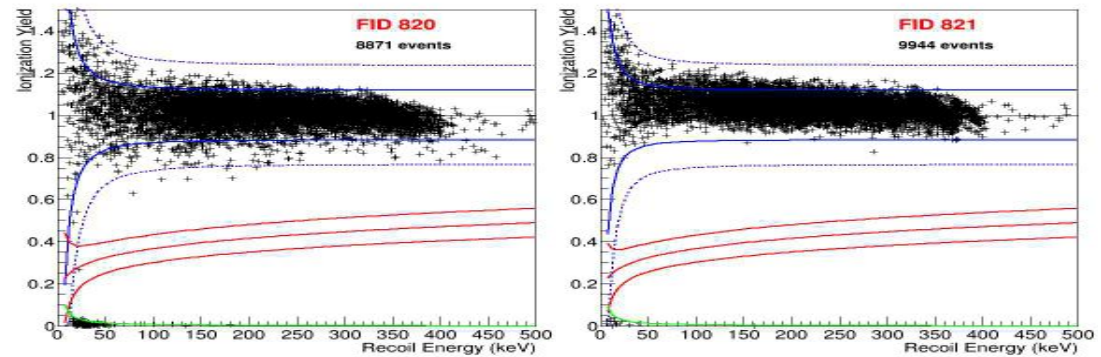
- SNLS, SNF: achèvement en 2014
- Démarrage LSST: démarrage construction aux Etats-Unis, contribution française, effort significatif 2014
- EUCLID: test et intégration détecteurs IR et segment sol (données, calcul) ; **contribution calcul à l'étude**

Dark Matter: Direct Detection

- EDELWEISS + CDMS: actuellement un facteur ≈ 5 de la sensibilité atteinte par XENON-100
- Phase EDELWEISS-III : démontrer qu'en six mois de prise de données ($\approx$ un an calendaire) EDELWEISS peut dépasser la sensibilité actuelle de XENON-100 (printemps 2014)
- Récent résultat de LUX: (voir ci après)

Commissioning EDELWEISS-III

- Excellentes performances des détecteurs produits par la chaîne finale de production
 - Traitement de surface éliminant les problèmes de courants de surface
- Electronique et câblage: 0.6 keV FWHM voie charge !
 - Excellent rejet des événements de surface de basse énergie



Sensibilité leading DM experiments

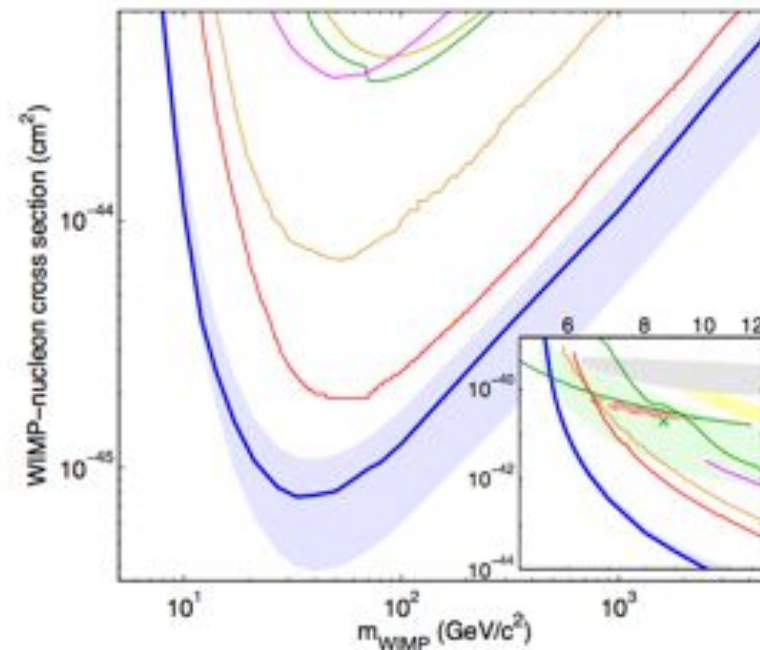


FIG. 5. The LUX 90% confidence limit on the spin-independent elastic WIMP-nucleon cross section (blue), together with the $\pm 1\sigma$ variation from repeated trials, where trials fluctuating below the expected number of events for zero BG are forced to 2.3 (blue shaded). We also show Edelweiss II [41] (dark yellow line), CDMS II [42] (green line), ZEPLIN-III [43] (magenta line) and XENON100 100 live-day [44] (orange line), and 225 live-day [45] (red line) results.

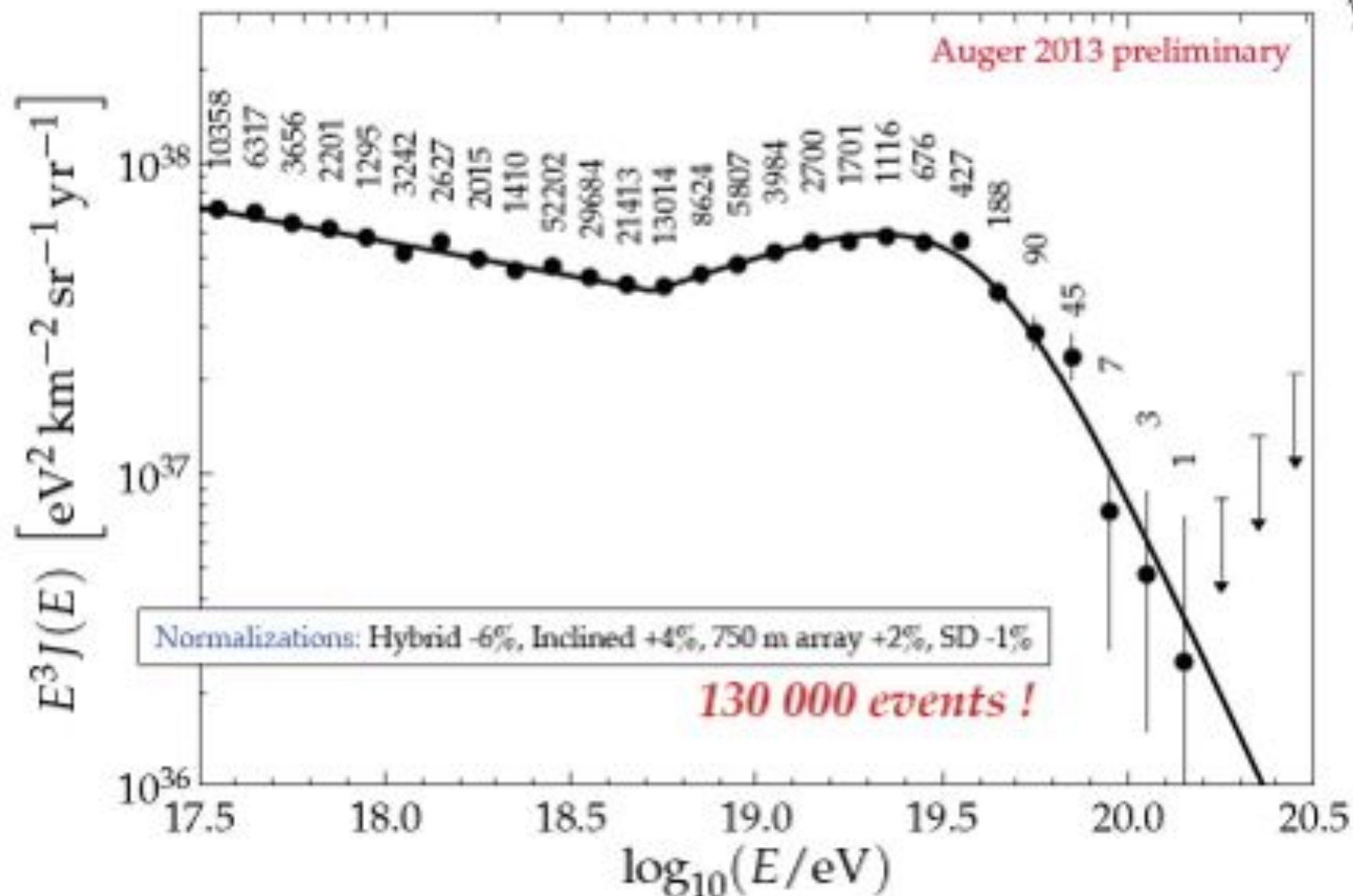
Dark Matter Direct Detection: XENON

- Contribution de Subatech dans les expériences XENON-100 et future XENON-1ton
- Dispositif ReStoX de récupération, stockage et purification des 2.8 tonnes de xénon repris par la collaboration
- Soutien limité en investissement de l'IN2P3 (par impossibilité de faire plus)

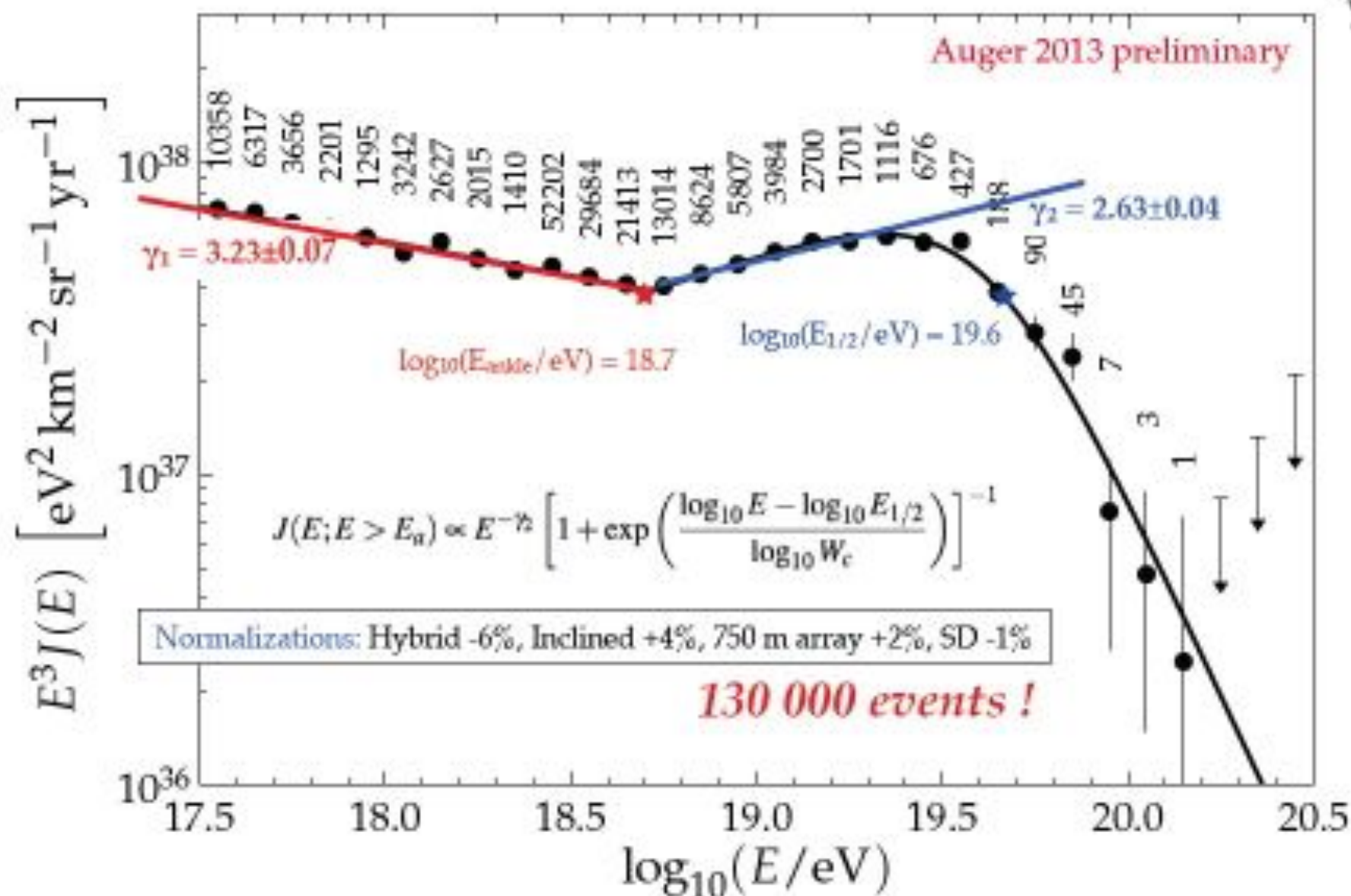
Rayons cosmiques

- **AUGER**
- **AMS (/CREAM)**
- **EUSO-Ballon, vers JEM-EUSO ?**

THE AUGER ENERGY SPECTRUM



THE AUGER ENERGY SPECTRUM

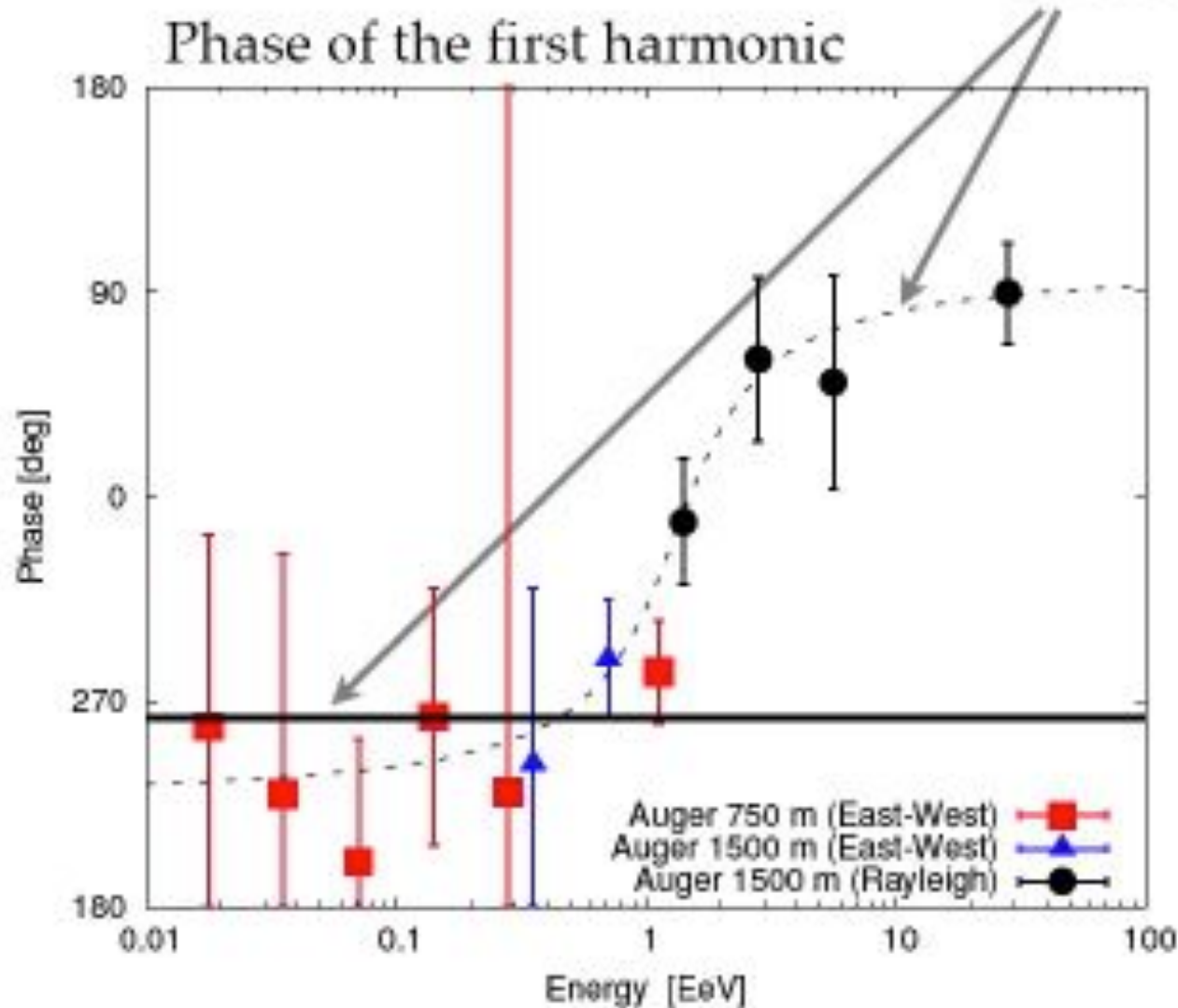


AUGER ANISOTROPY STUDIES



Data up to December 2010 (April 2011)

Prescription set

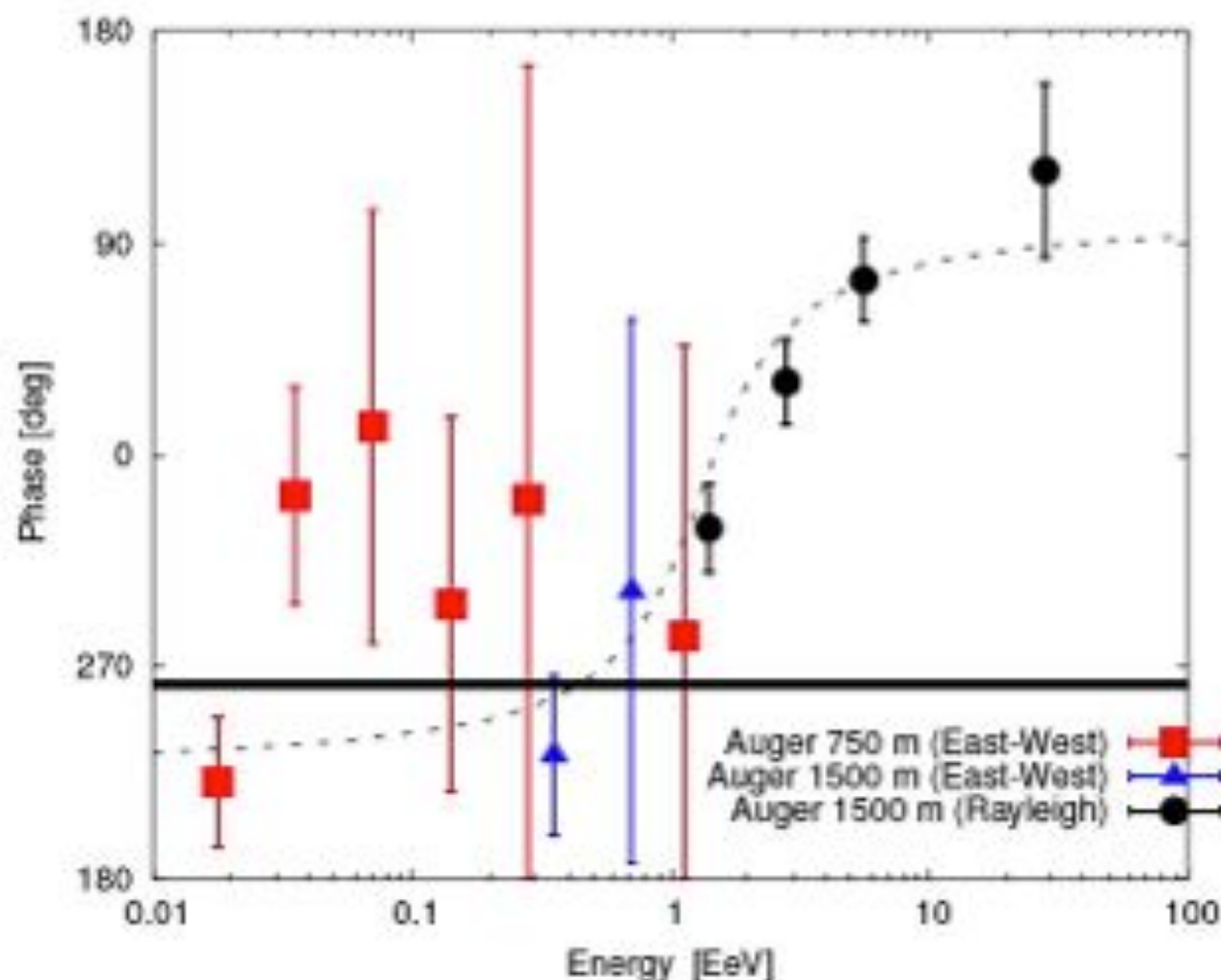


AUGER ANISOTROPY STUDIES



New (and independant) Data

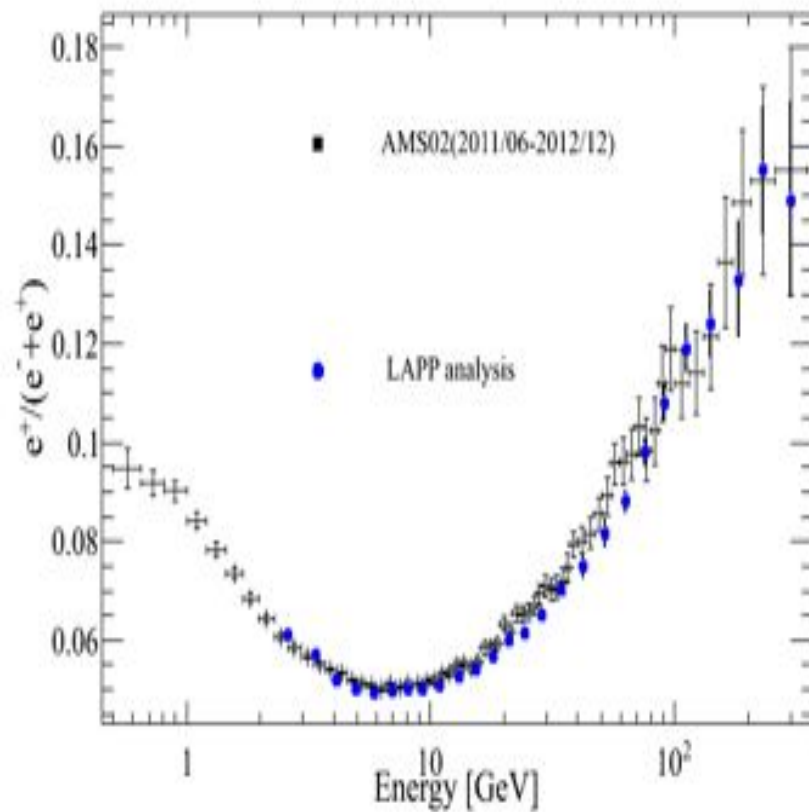
Prescription status



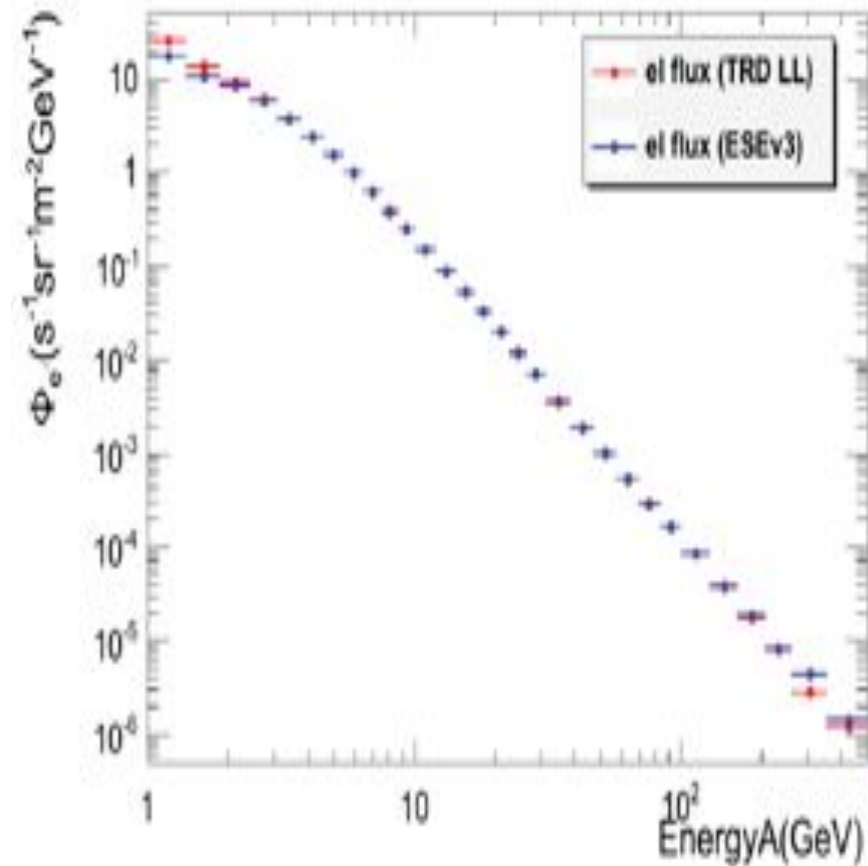
Rayons cosmiques: AMS



Positron fraction

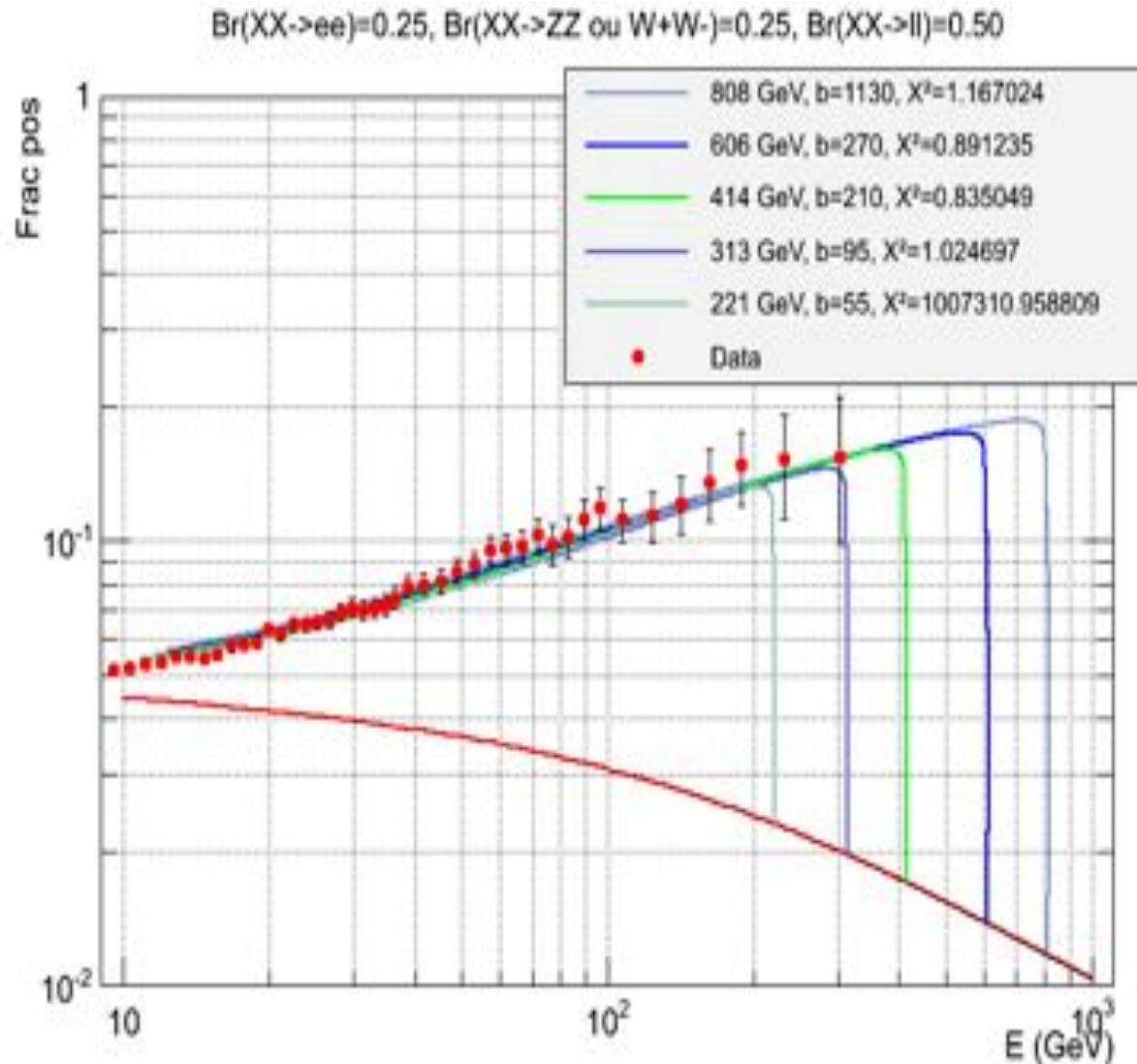


Electron flux



18 first months of ISS Data

Interpretation - WIMP masses



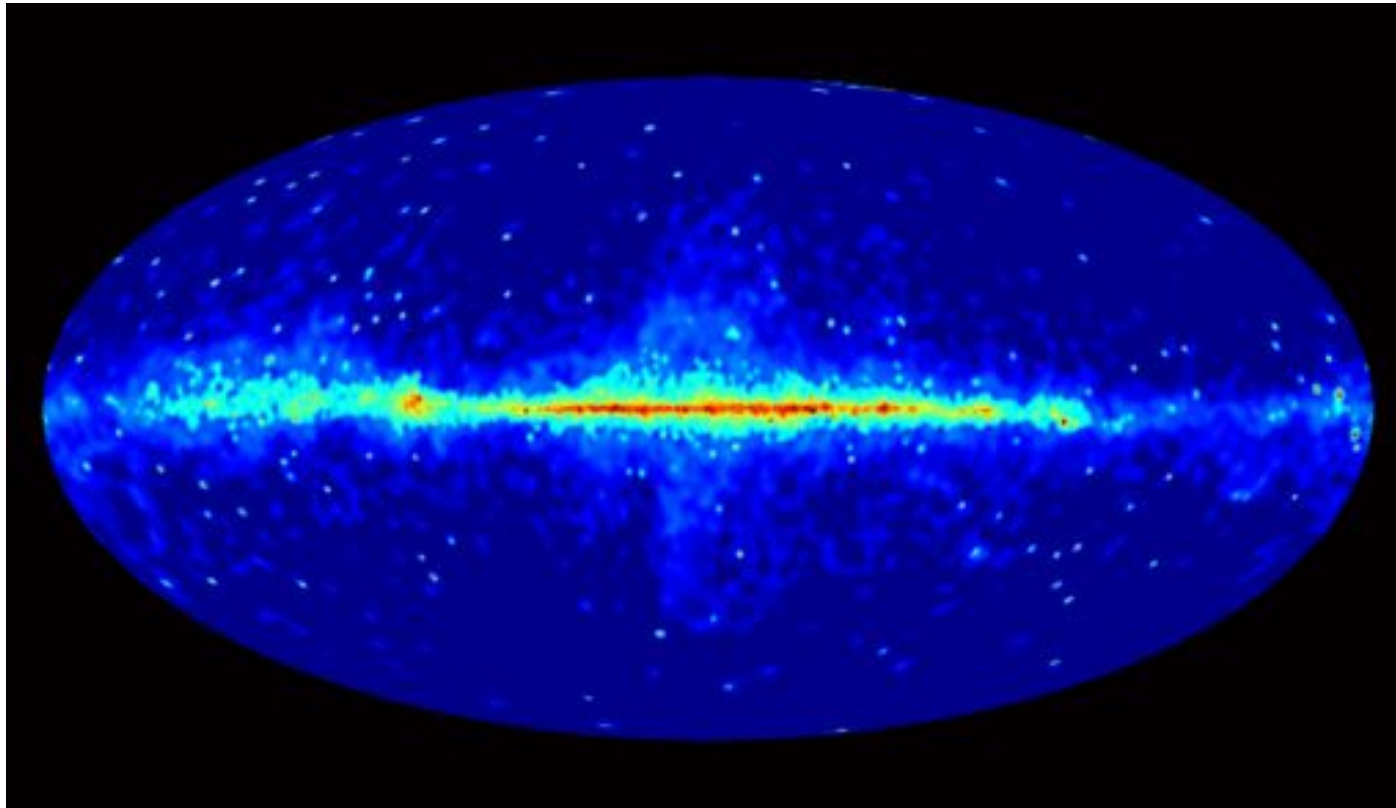
Precise measurement of the positron fractions will tell us about the nature (coupling) and the mass of the neutralino

- Low masses (<200 GeV) are unlikely
- Annihilation into 100% e^+e^- are also unlikely

Rayons cosmiques

- **AUGER: principal programme à l'IN2P3.** Attention à la dérive de l'operating fund qui peut remettre en cause la participation à l'expérience et l'upgrade
- **AMS :** visibilité de la publication excès de positron ; attente des résultats sur la composition nucléaire de l'antimatière. On reste tant qu'on le peut financièrement
- **EUSO-Ballon: soutien du CNES à un vol exploratoire en ballon.** Etude des bruits de fond optiques. Eventuelle mission leadership japonais sur l'ISS.

Astronomie gamma: FERMI



Ciel en rayons gamma au-delà de 10 GeV, après 3 ans sur orbite. Cinq cents sources y apparaissent.

Liste Fermi de sources gamma “dures” générée par une équipe internationale pilotée par Pascal Fortin, postdoc au LLR

Actualités 2013 :

4 nouveaux catalogues

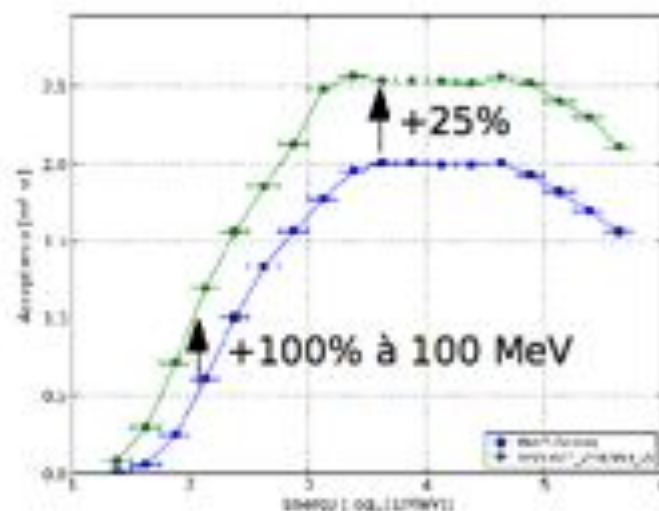
- ▶ **The 2nd Fermi LAT Catalog of Gamma-ray Pulsars**
 - 117 sources
 - A. A. Abdo et al. 2013, ApJS, 208, 17.
 - Contact authors: Smith+4
- ▶ **Constraints on the Galactic Population of TeV Pulsar Wind Nebulae using Fermi LAT Observations**
 - 58 (cherchées) / 30 (détectées) sources
 - Acero et al. 2013, ApJ, 773, 77.
 - Contact authors: Rousseau, Lemoine-Goumard+2
- ▶ **The First Fermi-LAT Gamma-Ray Burst Catalog**
 - 733 (GBM) / 35 (LAT) sources
 - Ackermann, M. et al. 2013, ApJS, 209, 11
 - Contact authors: Piron, Vasileiou+3
- ▶ **The First Fermi-LAT Catalog of sources above 10 GeV**
 - 514 sources
 - Ackermann, M. et al. 2013, ApJS, 209, 34
 - Contact authors: Fortin+3

Actualités 2013 :

Matière noire et raie à 130 GeV

- ▶ L'article de la collaboration Fermi sur la recherche de raies spectrales confirme la présence d'un excès à ~ 130 GeV près du centre galactique. Avec les données pass7 reprocessées et une recherche optimisée, la significativité locale de cet excès est de 3σ (sig. globale $\sim 1\sigma$).
- ▶ A partir de Décembre 2013 le mode d'observation privilégiera le centre galactique, sans trop diminuer l'exposition pour le reste du ciel.

Pass 8 : refonte complète de la reconstruction et sélection : +25 % en acceptance au dessus de 1 GeV.
Reprocessing : de Juillet à Novembre 2013



Violation de l'invariance de Lorentz

Des effets de la gravité quantique à l'échelle de Planck peuvent induire une violation de l'invariance de Lorentz, qui peut être détectée en mesurant une variation de la vitesse de la lumière avec l'énergie.

Les photons (dont un de 31 GeV) du pulse de ~ 0.4 s du sursaut gamma GRB090510 ($z=0.93$) donnent la limite la plus contraignante sur $E_{QG} > 7 \times E_{Planck}$ (95%)

Vasileiou, V. et al. 2013, PRD 87, 122001 (arXiv:1305.3463)

Astronomie gamma



H.E.S.S.: High Energy Stereoscopic System

A system of 4 (13 m diameter dish) telescopes (since 10 years) and 1 (28 m diameter dish) telescope (since September 2012)

In Namibia (1800 m)

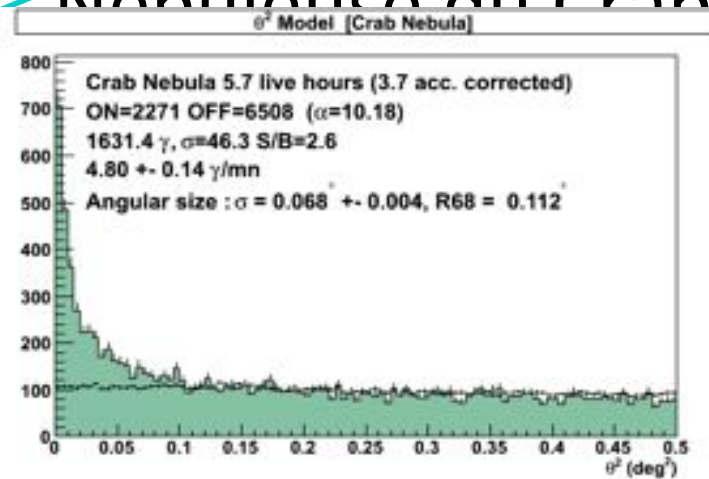




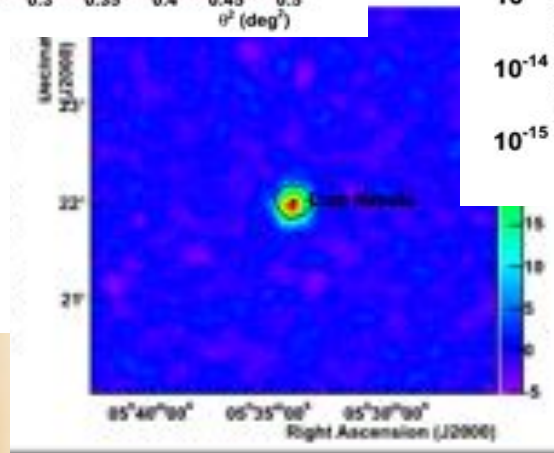
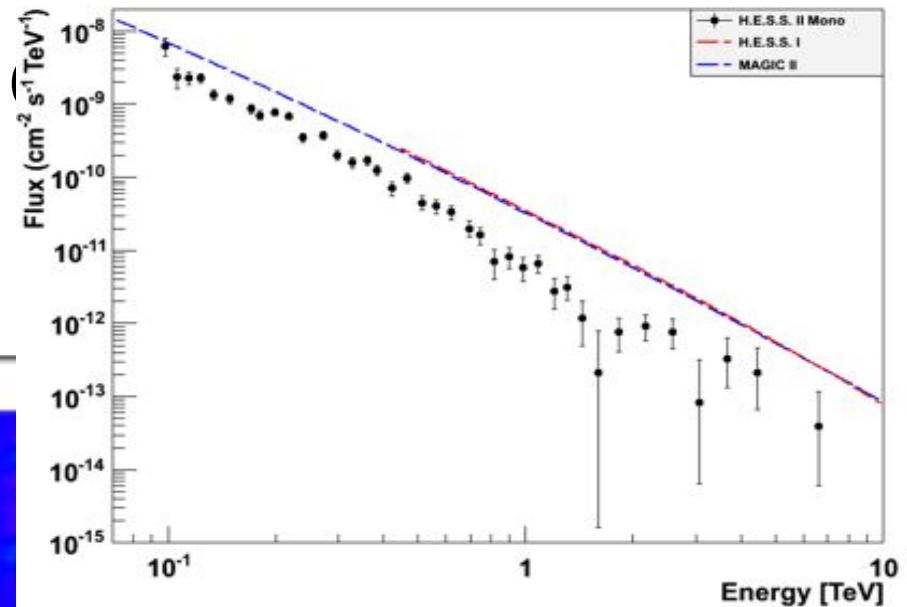
Premiers résultats

< Analyse Model++ mono (France + DESY) entre en production

➤ Nebuleuse du Crabe à 100 GeV

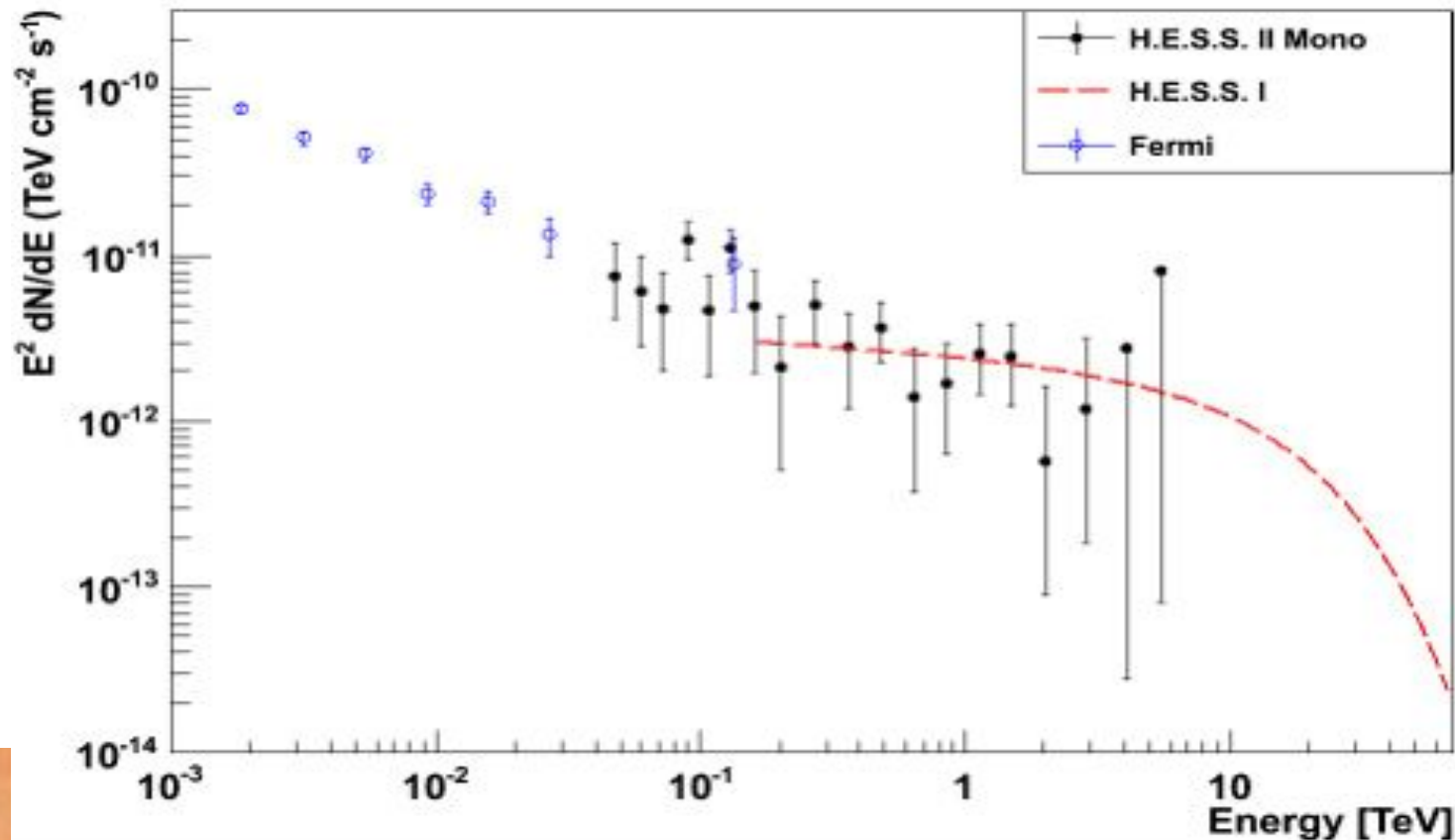


le

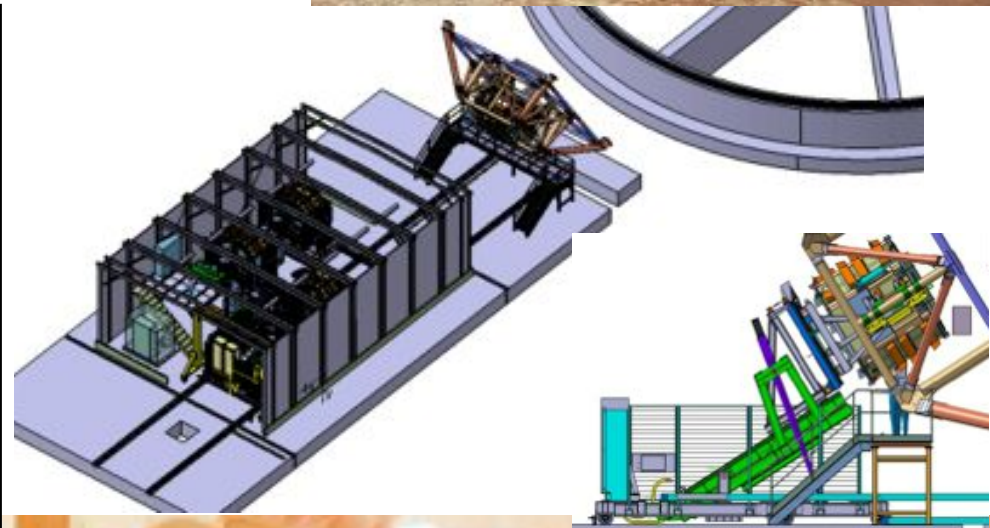
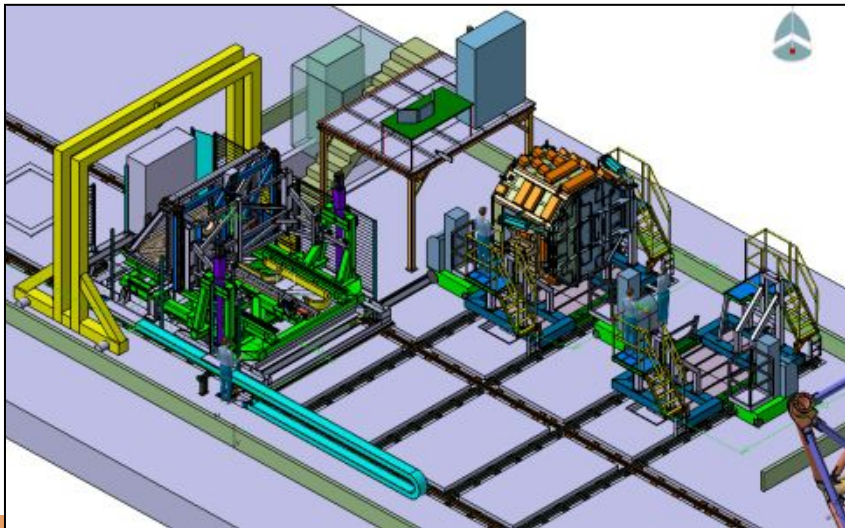


Le centre Galactique avec HESS-II

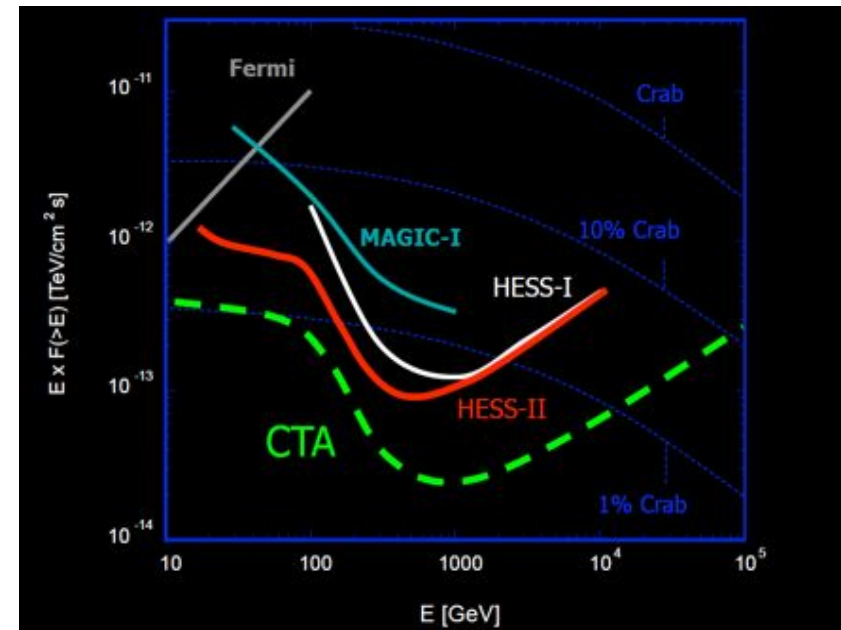
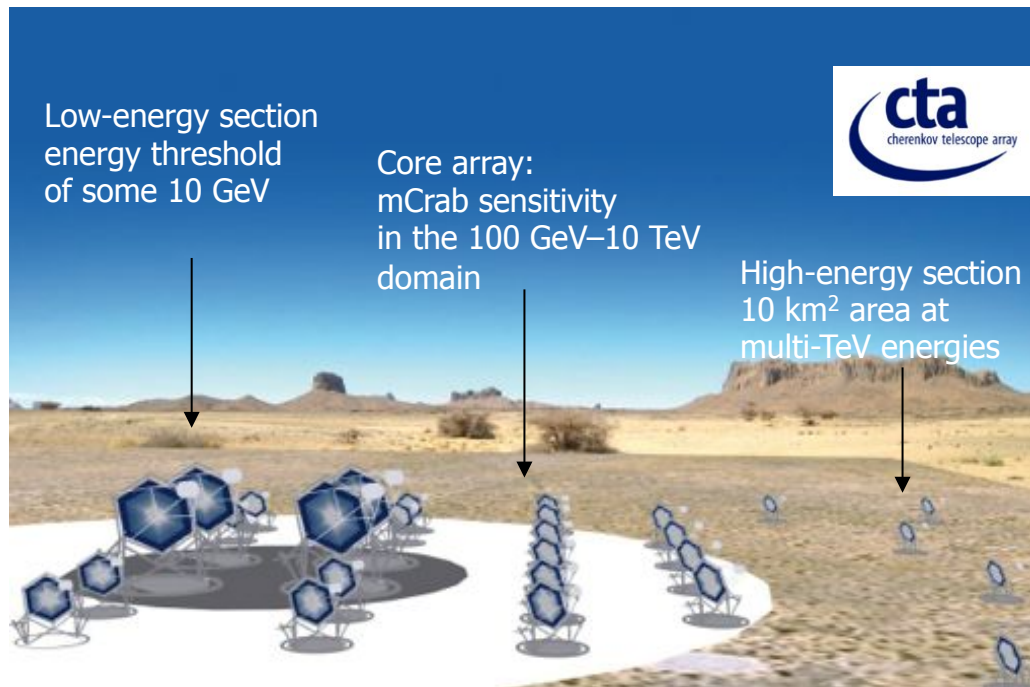
- < Spectre préliminaire sur 3h de données
- < Analyses en cours de développement
- < Seuil nettement < 40 GeV (recouvrement FERMI)



Camera Loading System

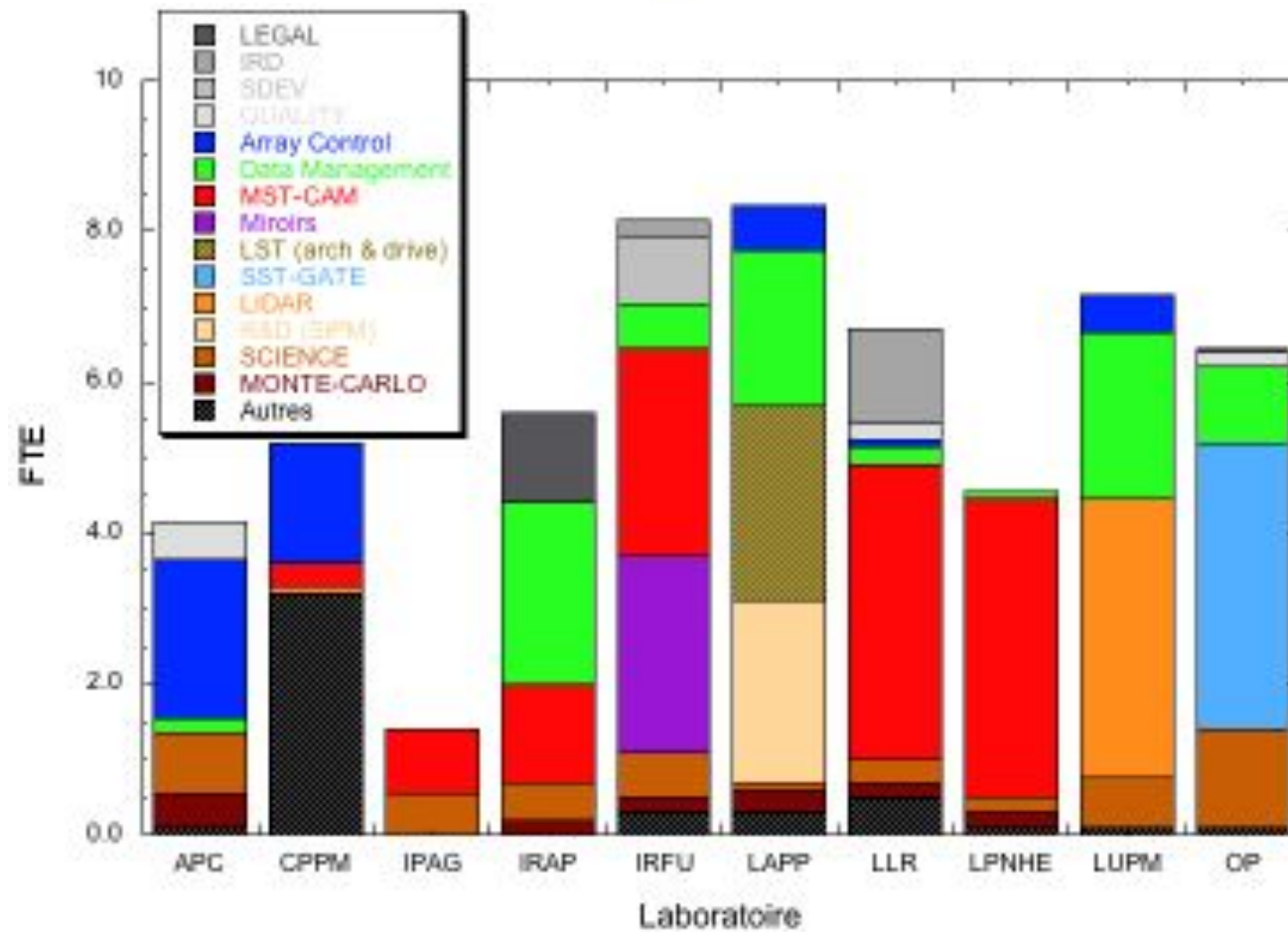


Cherenkov Telescope Array – CTA



- **Higher sensitivity at TeV energies (x 10)**
more sources, details in extended sources
- **Lower threshold (some 10 GeV)**
pulsars, distant AGN, source mechanisms
- **Higher energy reach (100s of TeV)**
cutoff region of Galactic accelerators

- **Wider field of view**
extended sources, surveys
- **Improved angular resolution**
structure of extended sources
- **Higher detection rates**
transient phenomena



Astronomie gamma

- **FERMI** : **excellente visibilité des groupes français** (prochain coordinateur FERMI à SLAC: Philippe Bruel, LLR): autant que possible, on reste jusqu'en 2018 (contribution in-kind aux common funds)
- **HESS II** : **remarquable succès franco-allemand**, excellence des contributions françaises (caméra notamment), **recouvrement avec domaine de FERMI**, exploitation autant que possible jusque vers ≈ 2018
- **CTA** : financement TGIR espéré en 2016, priorité importante IN2P3, INSU et CEA (et soutien Ministère)

R&D

- Voir « Instrumentation » (Catherine)
- Réflexion sur avenir des détecteurs cryogéniques (compétences importantes à l'IN2P3):
 - QuBIC, et positionnement dans éventuelle mission M polarisation CMB (PRIME)
 - ANR LUMINEU Double Beta, collaboration avec l'INFN ?
- Rappel Défi « Instrumentation aux limites », soutien ≈ 20 k€ sujets émergents, budget 2014 de ≈ 800 k€ ; soumission en Phase 1 (1 page...)

Cadrage budgétaire

NOM PROJET	Budget 2014	(dont TGIR)
SNLS/SNF	25	
LSST	520	(500)
EUCLID	20	
HESS	250 + 260 dettes	(150)
CTA + GATE	250	(200)
FERMI	50	
AUGER	290	
AMS	60	
EUSO-Ballon	15	
ANTARES	135	
KM3	320	(150)
EDELWEISS	145	
XENON	10	
DCHOOZ	300	
T2K	140	
OPERA	90	
SuperNEMO	280	
R&D Argon	80	
GRANIT	30	
Divers		
(PNHE/PNCG/ ASPERA/FXPPL)	60	

Quelques conclusions (1)

- Contexte très difficile du point de vue budgétaire
- Ondes gravitationnelles: Advanced Virgo proche de la ligne d'arrivée, appel au renforcement de la communauté
- Gros effort en 2014 afin de lancer LSST (500-550 k€) (après qd même 360 k€ en 2013)
- Astronomie gamma en tête des attributions financières (mais encore 4 années de remboursement de dette)
- CTA démarrage de soutien TGIR espéré en 2016
- Dark Matter Direct detection: retour expérience phase EDELWEISS-III, niveau XENON-100 ; puis probable redistribution détecteurs cryogéniques (double beta avec INFN ?)

Quelques conclusions (2)

- Problème à résoudre des expériences “interim” de cosmologie (DES, eBOSS/DESI, QuBIC ...)
- Succès remarquable de Planck: on attend avec impatience les nouveaux résultats au printemps 2014
- Rayonnement cosmique de haute énergie: AUGER comme priorité, mais dérive des operating funds: danger pour la participation française du projet (et pour tout le projet)

Quelques conclusions (3)

- Neutrinos: achèvement en bon ordre des programmes Double Chooz et OPERA
- T2K: volonté de continuer à long terme ce programme (tests hiérarchie et violation de CP désormais assez marginaux)
- SuperNEMO: test du démonstrateur et retour d'expérience ; en parallèle ANR LUMINEU (voir EDELWEISS)
- KM3Net: projet très menacé dans la liste ESFRI ; solution développée par les groupes français retenue comme baseline (≈ 3.5 fois moins chère que ligne ANTARES) ; point en 2015
- Long Baseline: volonté de soutien à ligne R&D argon double phase, positionnement des groupes français LBNO/LBNE

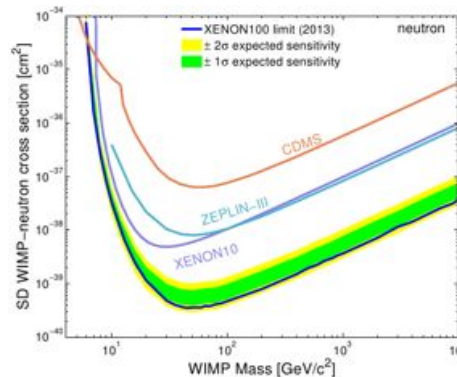


Backup slides

La recherche directe de matière noire avec du xénon liquide: **XENON100** et **XENON1T**

Le présent : XENON100

Jusqu'au résultat de LUX, la plus performante au monde, explorer la région des modèles WIMP SUSY.
Nouvelle prise de données en cours avec un bruit de fond plus bas.



Matière noire :

- Spin Indépendante
 $\sigma = 2.0 \cdot 10^{-45} \text{ cm}^2$
- Spin Dép. WIMP-neutron
 $\sigma = 3.5 \cdot 10^{-40} \text{ cm}^2$

Composition française dans la Collaboration XENON:
Maxime le Calloch, Jean-Pierre Cussonneau, Julien Masbou, Luca Scotto Lavina, Dominique Thers

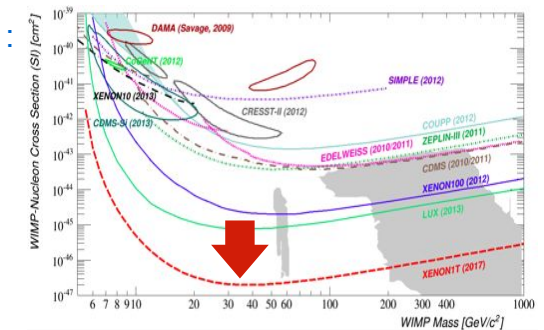
Le futur prochain : XENON1T

Nouvelle génération de détecteur :

- TPC de 1m de dérive avec 2.5 tonnes (1t fiduciel) LXe
- 100 x moins de bruit de fond que pour XENON100
- Construction déjà commencée en 2013. Programme de physique jusqu'en 2020.

Amélioration des limites :

- Spin Indépendante
 $\sigma = 2.0 \cdot 10^{-47} \text{ cm}^2$
après 2 ans



Sept nouvelles **publications** depuis un an :

- Phys. Rev. Lett. 109, 181301 (2012), arXiv:1207.5988
- (subm.) Astropart. Phys., arXiv:1207.3458
- JINST 7 T12001 (2012), arXiv:1211.0836
- Phys. Rev. Lett. 111, 021301 (2013), arXiv:1301.6620
- Phys. Rev. D 88, 012006 (2013), arXiv:1304.1427
- (subm.) Phys. Rev. D, arXiv:1306.2303
- (subm.) J. Phys. G : Nucl. Phys.

En cours...

- recherche des axions,
- WIMPs de basse masse

- ...

- Étude et construction du système de stockage et récupération du xénon (**ReStoX**: brevet Subatech/AirLiquide-DTA)
- Lancement de la construction de ReStoX en partenariat avec la Collaboration XENON1T
- Installation XENON1T a commencé avec le blindage actif dans le Hall B du LNGS



Le xénon est en train de devenir la cible incontournable pour découvrir directement la présence de la matière noire dans l'univers :

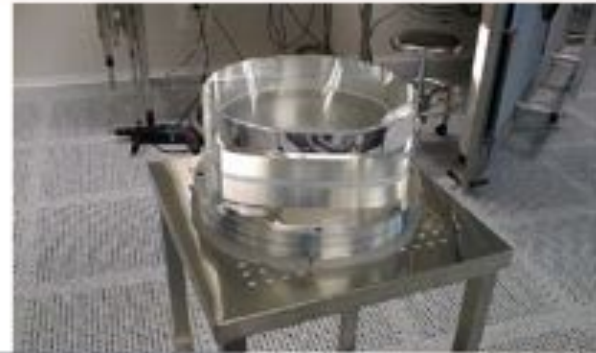
- Depuis 2010, XENON100 n'a cessé d'améliorer les limites SI et SD.
- L'expérience LUX vient récemment de le confirmer en améliorant le record.
- En 2014 on construit XENON1T pour reprendre la corde à partir de 2015.
- L'upgrade XENONnT est déjà prévue, ce sera une très grande expérience européenne multi-ton

Ondes gravitationnelles: Advanced VIRGO



Mirrors

- Main drivers
 - ◆ Thermal noise reduction
 - ◆ Radiation pressure noise mitigation
 - ◆ Scattering losses reduction
- Use state of the art coating in 2011
 - ◆ $\text{Ti:Ta}_2\text{O}_5$ reference solution
- Larger mass
 - ◆ 35 cm diameter, 20 cm thick
 - ◆ 42 kg
- Low absorption fused silica
- Scattering loss reduction
 - ◆ Specs: flatness < 1 nm, Roughness < 1 Å
 - ◆ Reference solution: corrective coating
 - ◆ Alternative: ion beam polishing



Double beta decay experimental techniques

Calorimeter

Ge diode

$\epsilon, \Delta E$

^{76}Ge

GERDA

MAJORANA

Bolometers

$\epsilon, \Delta E$

$^{130}\text{Te}, ^{82}\text{Se}, ^{100}\text{Mo}$

CUORE

LUCIFER

ZnMo4

Liquid Xe

$\epsilon, M, (N_{\text{bckd}})$

^{136}Xe

EXO

Scintillator

ϵ, M

$^{136}\text{Xe}, ^{48}\text{Ca},$
 $^{150}\text{Nd}, ^{100}\text{Mo}$

KamLAND-Zen

CANDLES

SNO+

Borexino

CdWO4

AMoRE

Tracker

Tracko-calo

$N_{\text{Bckg}}, \text{isotopes}$

$^{82}\text{Se} (^{150}\text{Nd}, ^{48}\text{Ca})$

SuperNEMO

Pixellized CdZnTe

$\epsilon, N_{\text{Bckd}}$

^{116}Cd

COBRA

TPC

$\epsilon, N_{\text{Bckd}}$

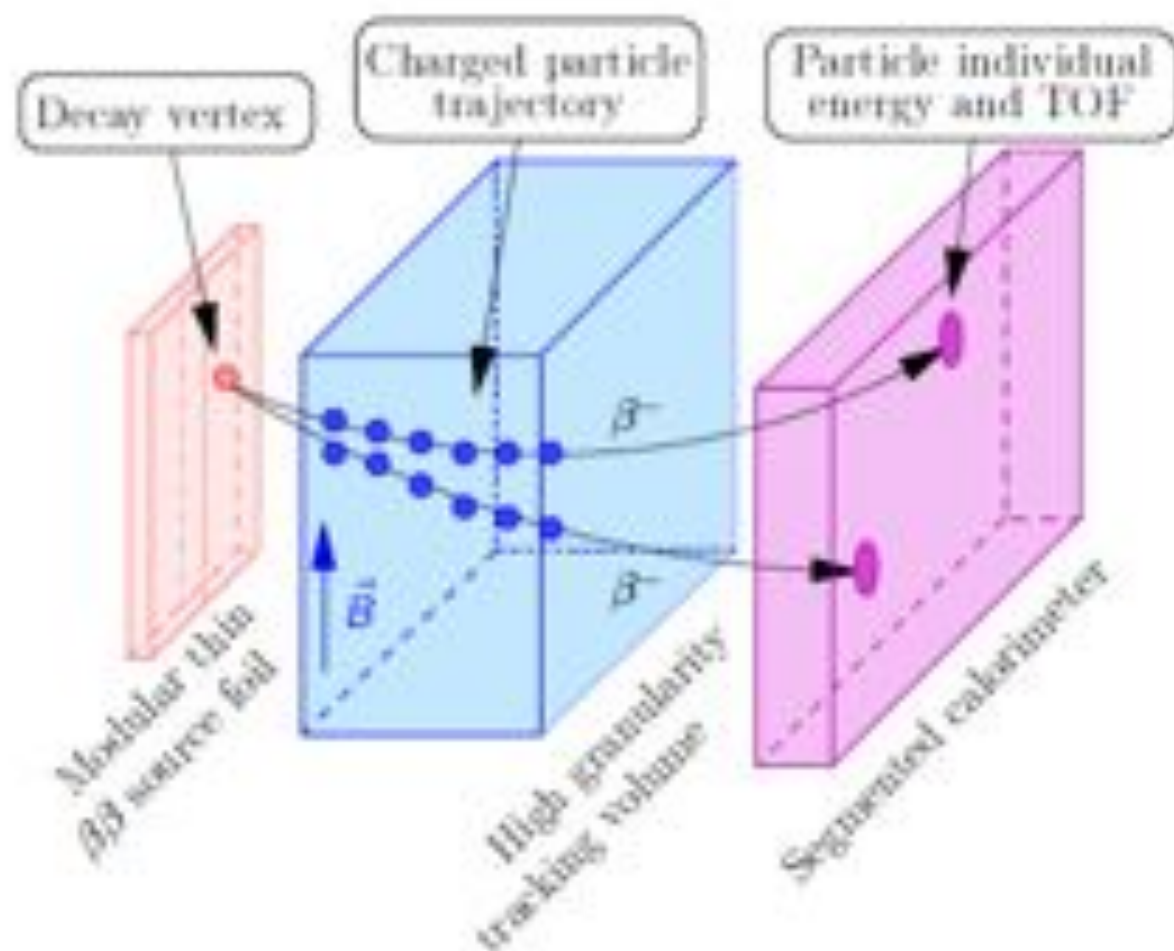
$^{136}\text{Xe}, ^{150}\text{Nd}$

MTD

EXO-gas

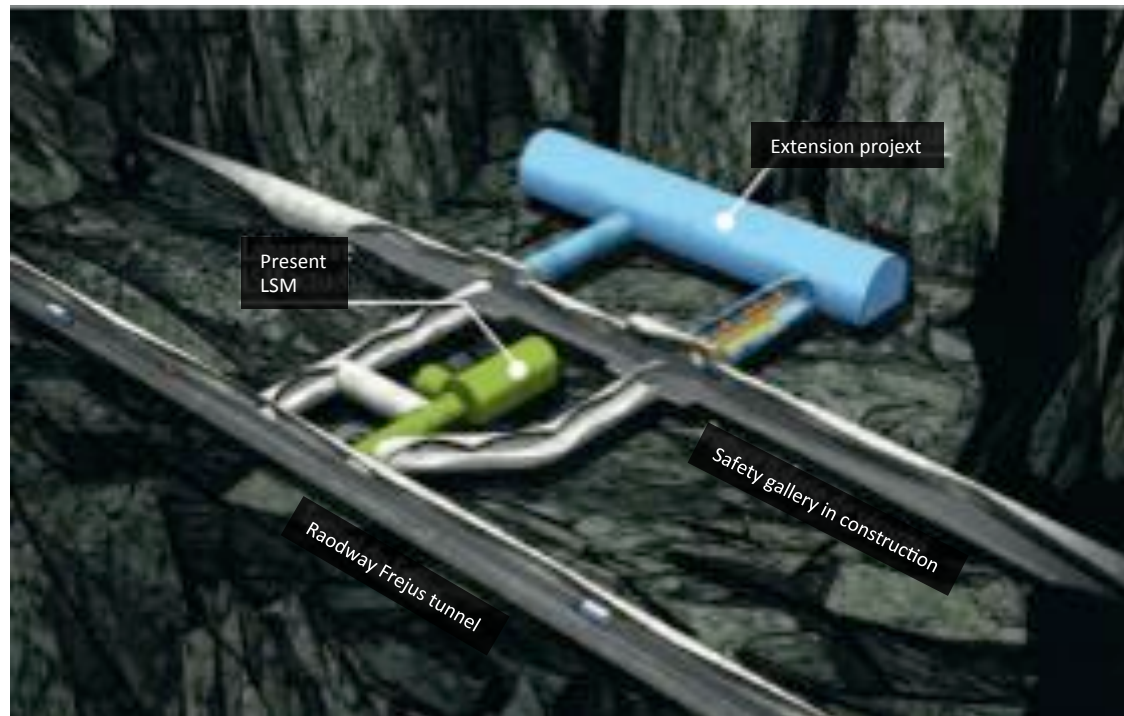
NEXT

Neutrinos: SuperNEMO



Particle physics approach: **Topological reconstruction of final states**

LSM Extension Status



- 18 000 m³ cavity (5 times the present LSM)
- Cost of the project : Civil work estimated at 5.3 M€
Outfittings ≈ 3,2 M€
- Digging could start as early as Spring 2014 (10 -12 months to dig the laboratory)