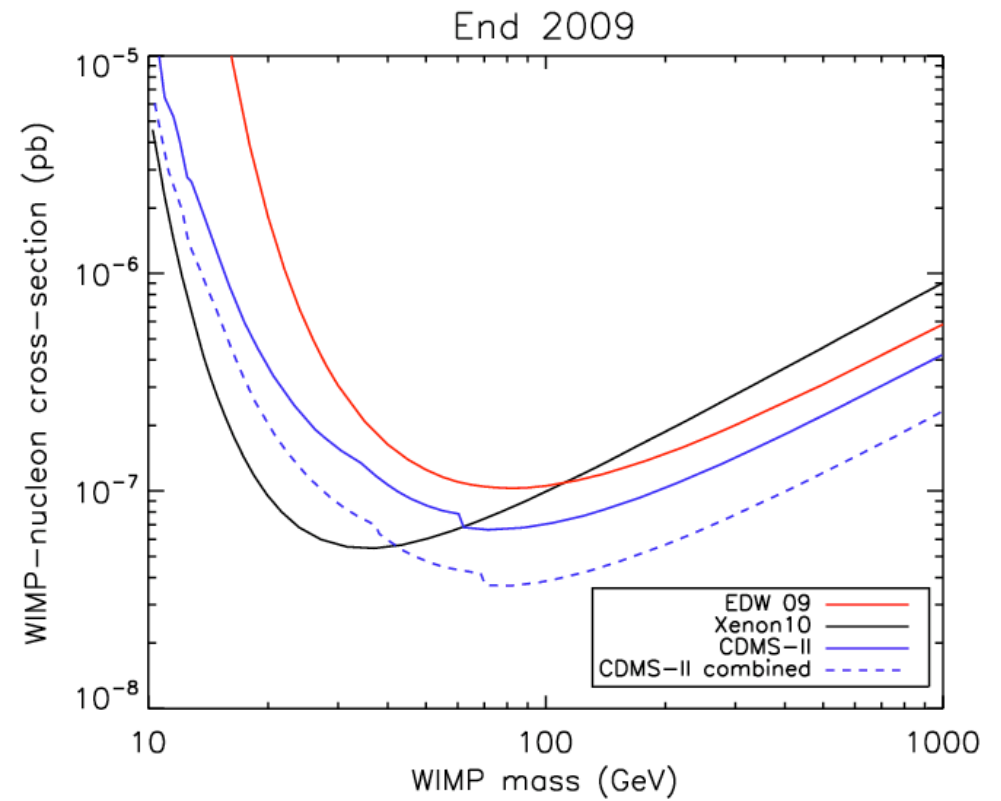
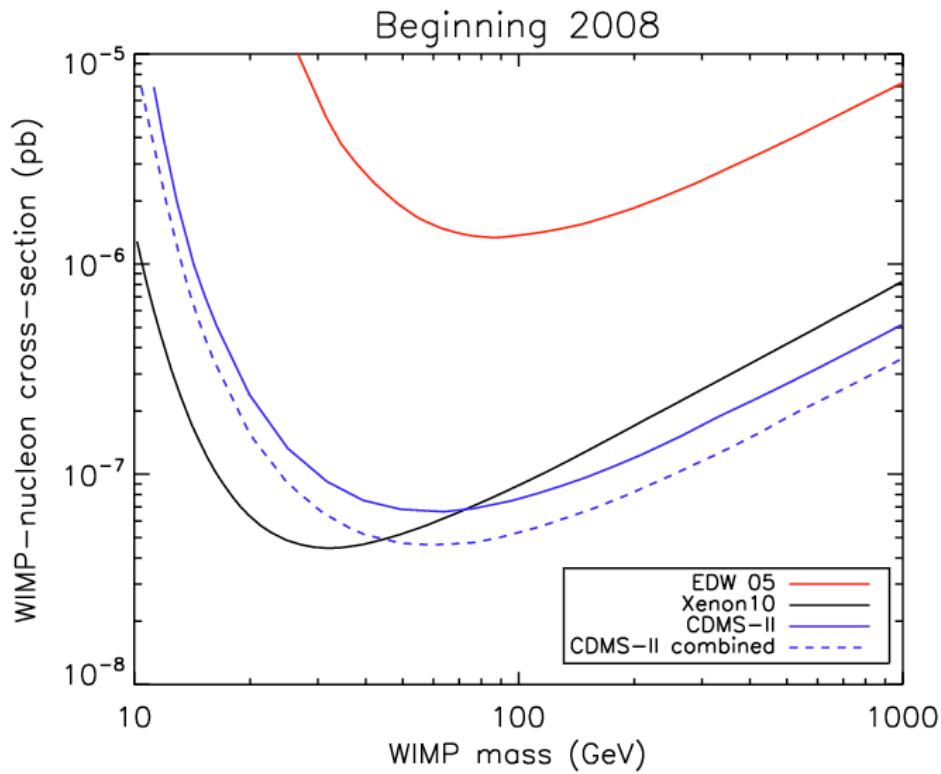

Détection directe de matière noire avec Edelweiss : résultats et projets

- EDELWEISS-II : état des lieux
- Projet EDELWEISS-III
- Autres pistes de détection directe

Eric Armengaud - Gilles Gerbier
Pour le groupe Edelweiss IRFU
CSTS SPP - 5 mai 2010

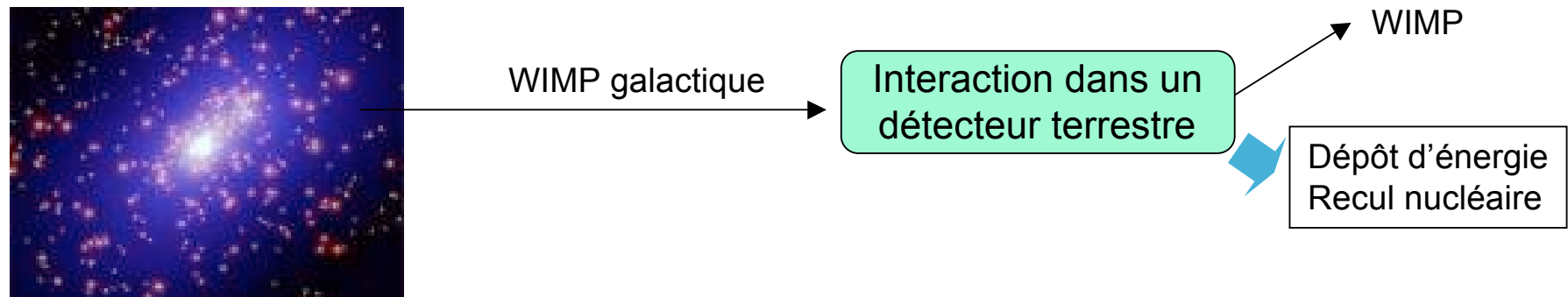
« EDELWEISS est revenue dans le peloton de tête »



La détection directe de matière noire : principe

Hypothèse : la matière noire du halo galactique est essentiellement constituée de particules interagissant « faiblement »

- **Classe de modèles privilégiés = les WIMPs** : Weakly Interacting Massive Particles
 - Si reliques thermiques $\Omega_{\text{DM}} \sim 0.3 \Rightarrow \langle \sigma_{\text{ann}} v \rangle \sim 3 \times 10^{-26} \text{ cm}^3/\text{s}$: interactions faibles
 - Modèles de physique des particules à l'échelle électrofaible proposent des candidats (SUSY, dimensions supplémentaires ...)
- Mais d'autres modèles sont plausibles : eg. gravitino, axions...
- Effort expérimental important pour la détection directe des WIMPs du halo

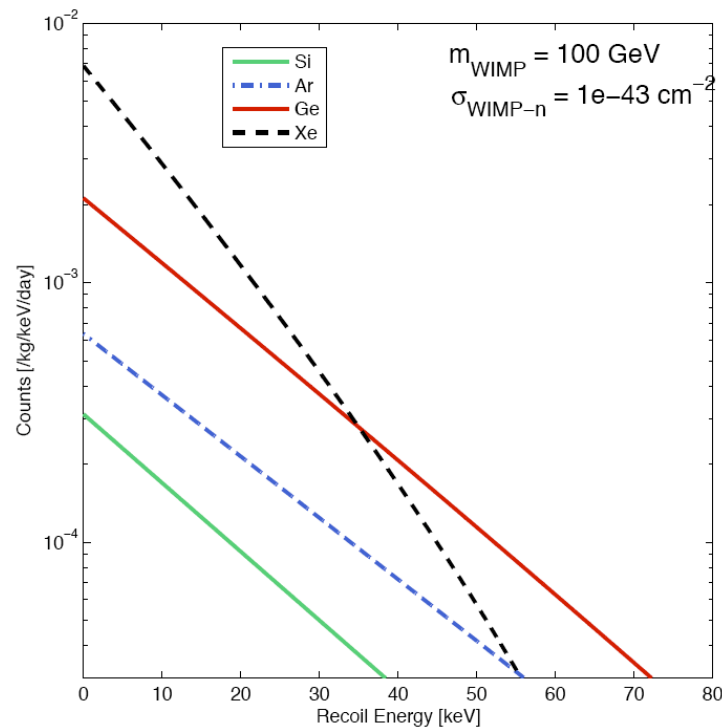


- En général on recherche une diffusion WIMP-noyau (raison cinématique)
⇒ **recul nucléaire**

Détection directe : signal WIMP vs bruits de fond

Signal

- Canal le plus sensible : couplage spin-indépendant WIMP-nucléon
- Spectre de reculs nucléaire quasi-exponentiel, basses énergies
- Interactions uniques, distribuées uniformément



Bruits de fond

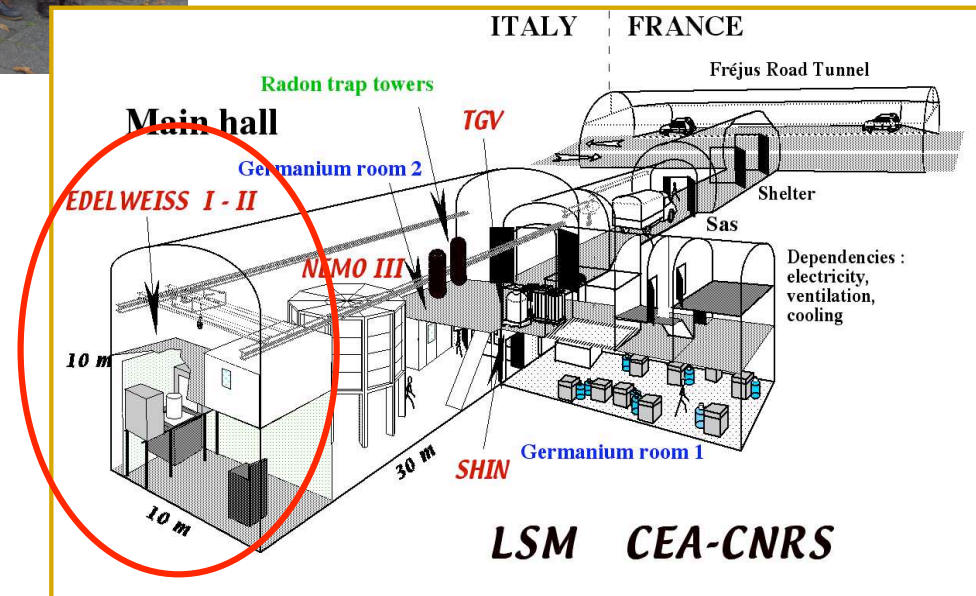
- Radioactivité gamma : matériaux environnant + radioactivité intrinsèque du détecteur
 - Blindage + radiopureté de l'ensemble de l'expérience
 - Interaction sur le cortège électronique : **discrimination active** recul nucléaire / électronique
- Radioactivité bêta : environnement proche
 - Interactions à la surface des détecteurs : **mesure de la position/profondeur** de l'interaction
- Diffusion de neutrons rapide : générés par les interactions de muons cosmiques et la radioactivité environnante ; reculs nucléaires
 - Expériences en site souterrain : flux de cosmiques diminué
 - Radiopureté de l'ensemble de l'expérience
 - Vêto muons
 - **Mesure de la multiplicité** des interactions (détecteur segmenté)
- Diffusion cohérente des neutrinos solaires : bonus ou limitation ultime ?
 - pertinent pour les futurs détecteurs > tonne

La collaboration Edelweiss

Karlsruhe - oct 09

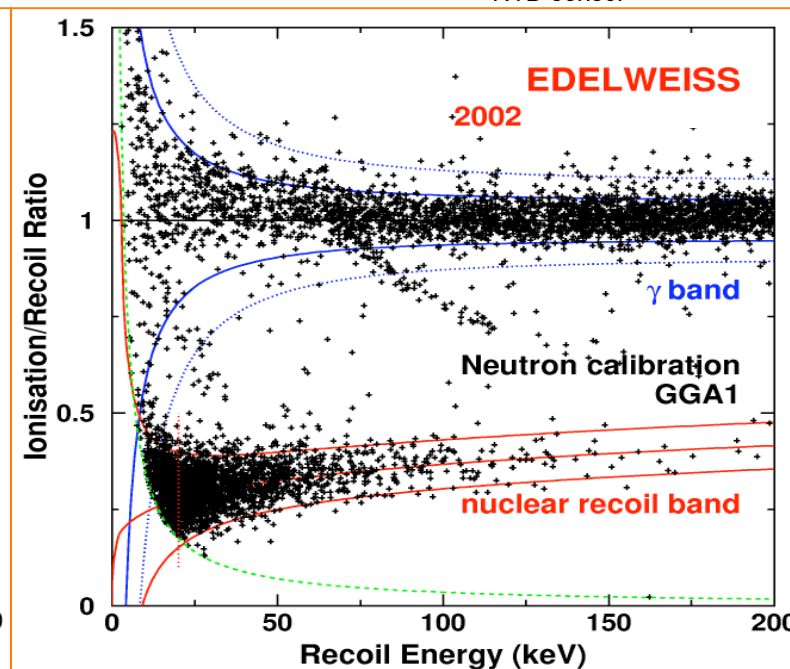
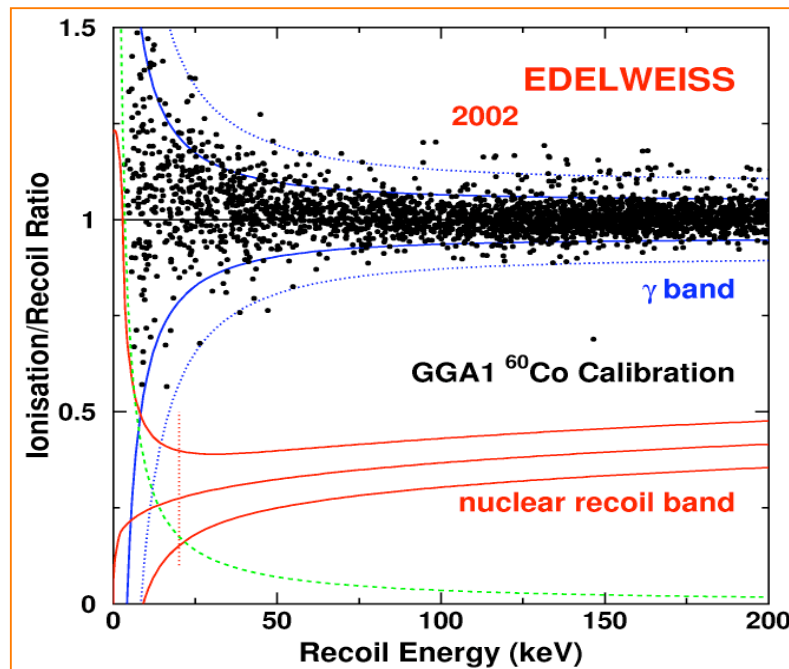
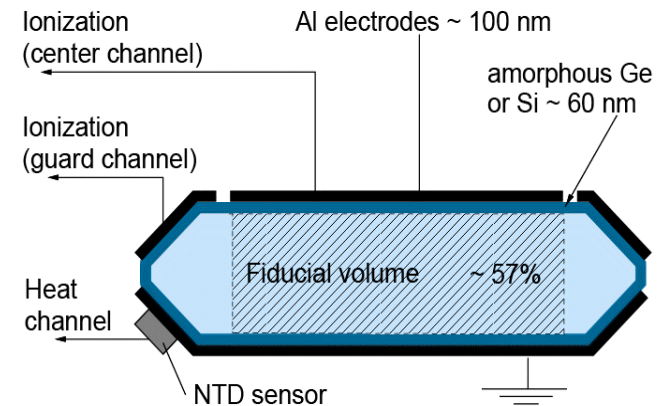


- IRFU (et IRAMIS)
- CSNSM Orsay
- IPN Lyon
- Institut Néel Grenoble
- KIT Karlsruhe (IK + ***IPE 2010***)
- JINR Dubna
- ***Oxford (2009)***
- ***Sheffield (2010)***



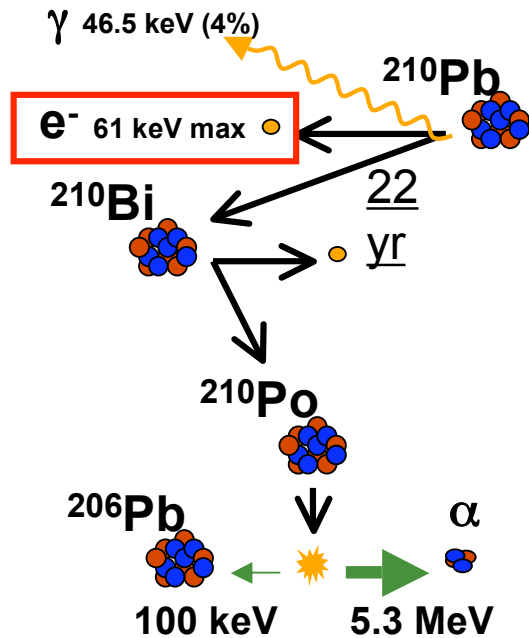
Principe des bolomètres chaleur/ionisation (CDMS & EDW)

- Ge [Si] @ qqes 10 mK
- Electrodes, polarisation quelques V : mesure ionisation
- Mesure bolométrique « chaleur »
- **Rendement d'ionisation faible pour les reculs nucléaires ⇒ variable discriminante entre reculs électroniques et nucléaires :**
« Q » = quenching ~ ionisation/chaleur

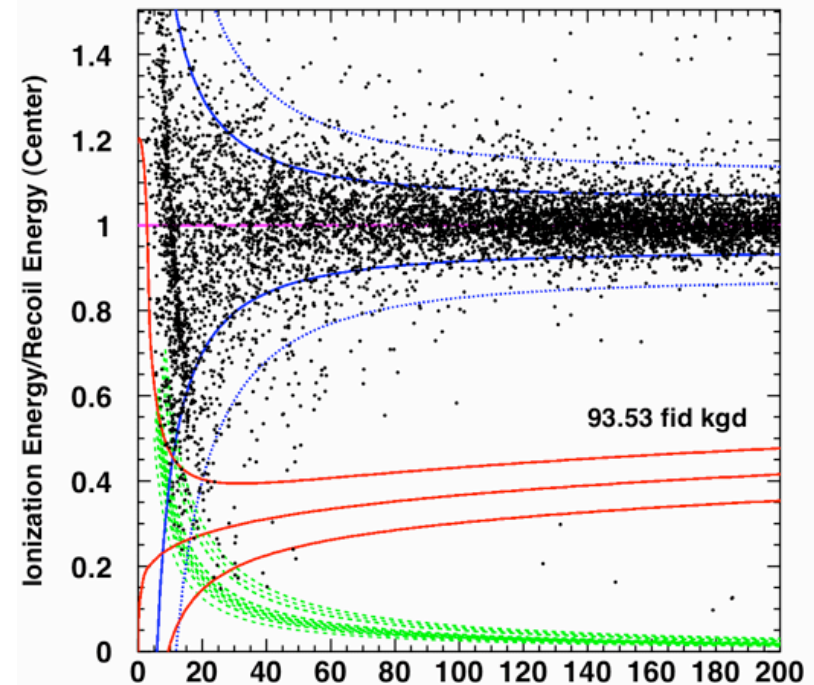
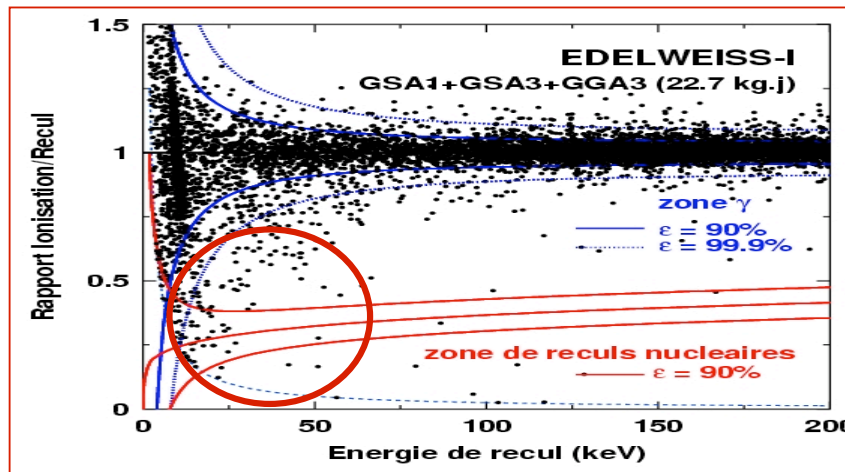


Discrimination de la radioactivité gamma événement par événement

Collecte incomplète de charge pour les β



- Source de radioactivité locale quasi-irréductible : radioactivité bêta du ^{210}Pb (noyau fils du radon présent dans l'air)
- Un bêta = recul électronique, à la surface du détecteur (pénétration quelques microns)
 \Rightarrow **Collecte incomplète de charge malgré la sous-couche amorphe**

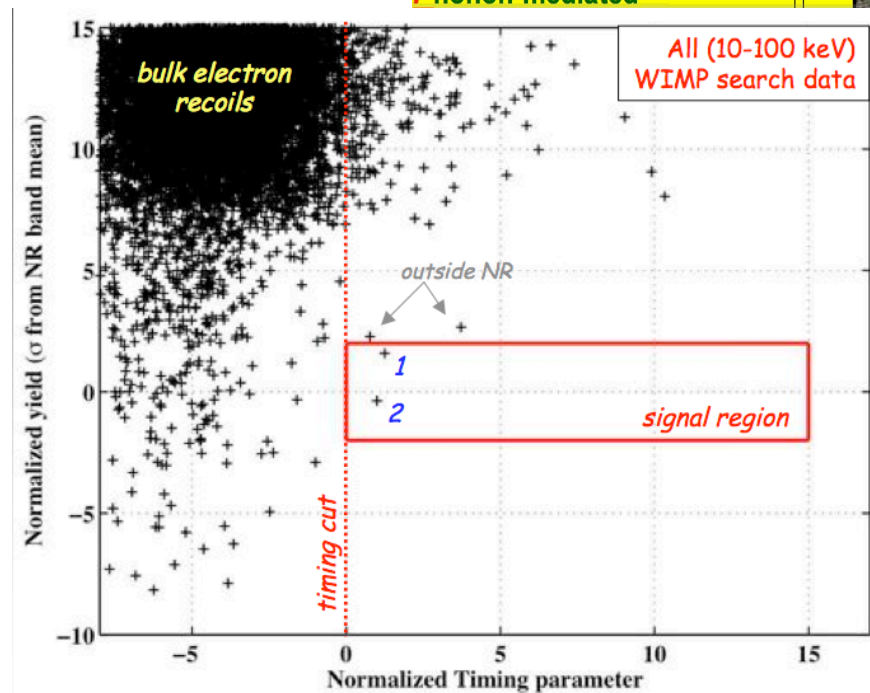
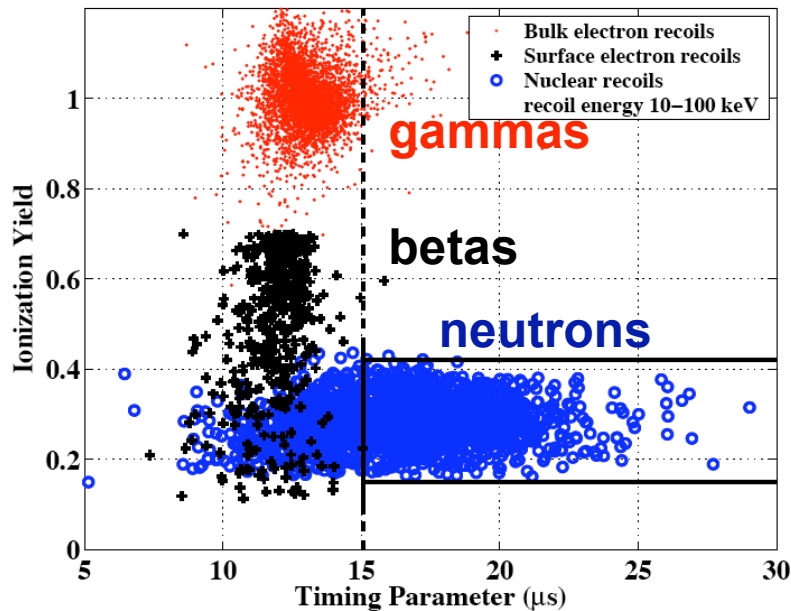
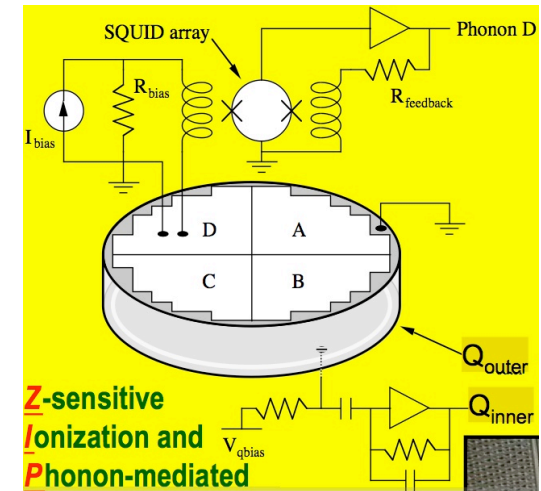


EDW-II - Détecteurs GeNTD
Thèse S. Scorza

Réjection des événements de surface avec la voie « phonons »

Les senseurs de CDMS

- Mesure des phonons athermiques (senseurs TES sur une face du cristal)
- Variable discriminante des électrons = timing parameter
- Techno qui a permis à CDMS de rester en tête
- Réjection limitée + complexité de la méthode => CDMS veut passer à la technique « iZIP » ~ interdigit EDW

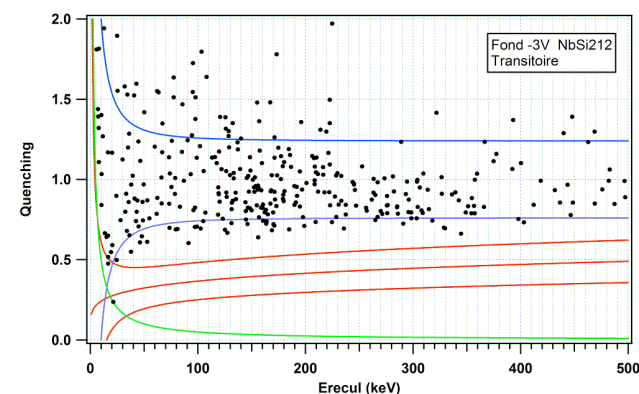
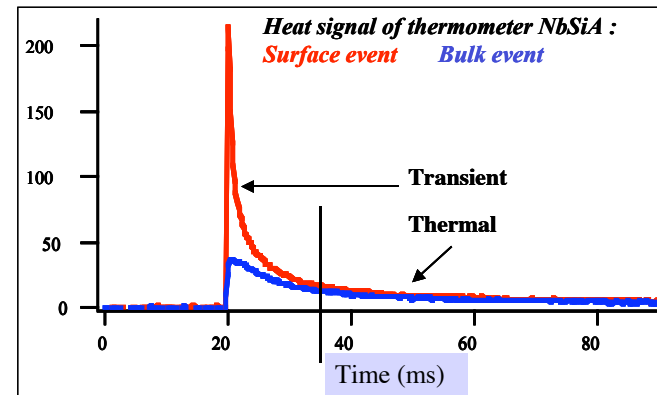
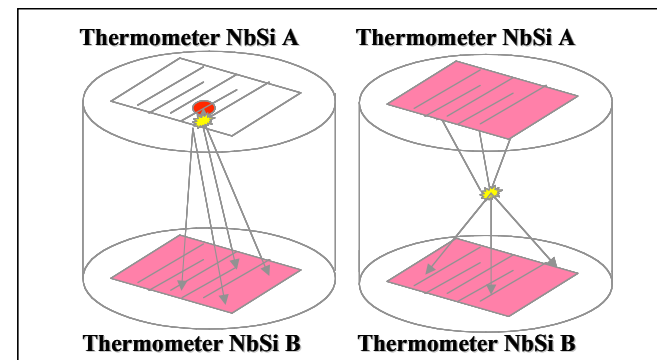


Réjection des événements de surface avec la voie « phonons »

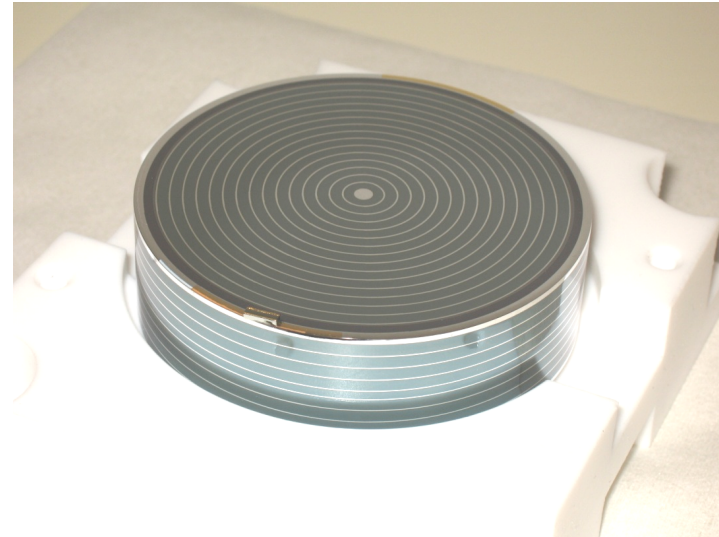
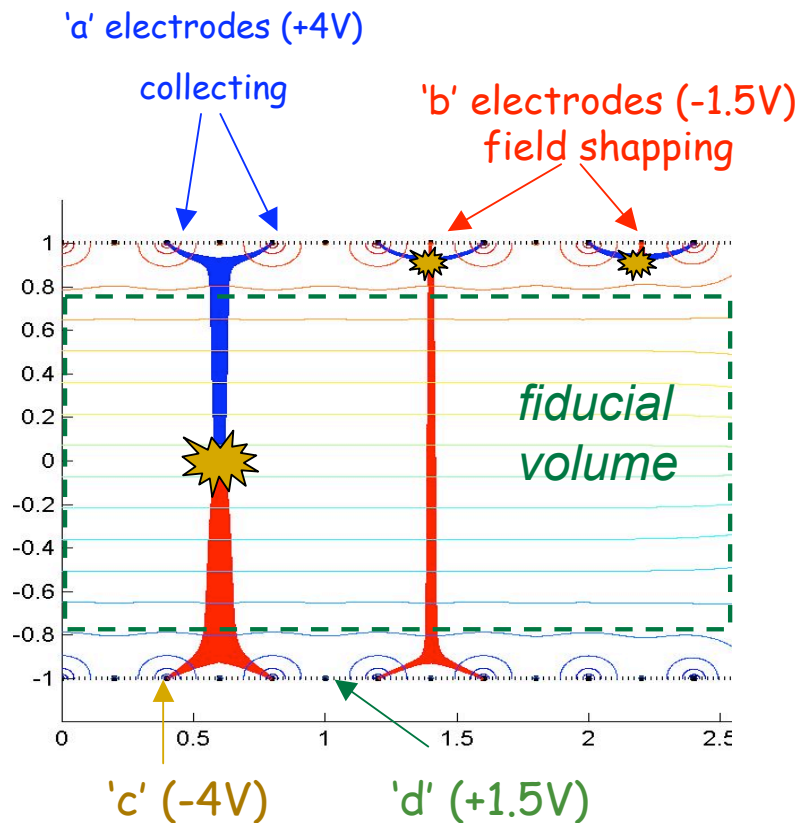
La R&D Nb-Si d'EDELWEISS

- 2 films NbSi mesurant les phonons thermiques + athermiques + les signaux ionisation
- Longtemps pressentis pour résoudre le problème des evts de surface
- **Efforts importants pour développer et tester la technologie en surface (CSNSM) et au LSM (jusqu'à 5 détecteurs installés à froid)**
- Performances honorables pour la réjection des evts de surface (~ 99%)
- Problèmes récurrents : seuils et reproductibilité des performances

➔ *Voie laissée de côté, au profit de la technologie ID*



Réjection des betas par la voie ionisation : les Interdigs (IDs)



- Même thermomètre qu'EDELWEISS-I
- Modifie le champ E au voisinage des surface grâce à des électrodes « interdigit »
- Utilise les signaux 'b' et 'd' comme véto

- R&D démarrée 2007
- Caractérisation et validation des performances au LSM en 2008
- 2009 : prise de données de physique avec 10 détecteurs opérationnels

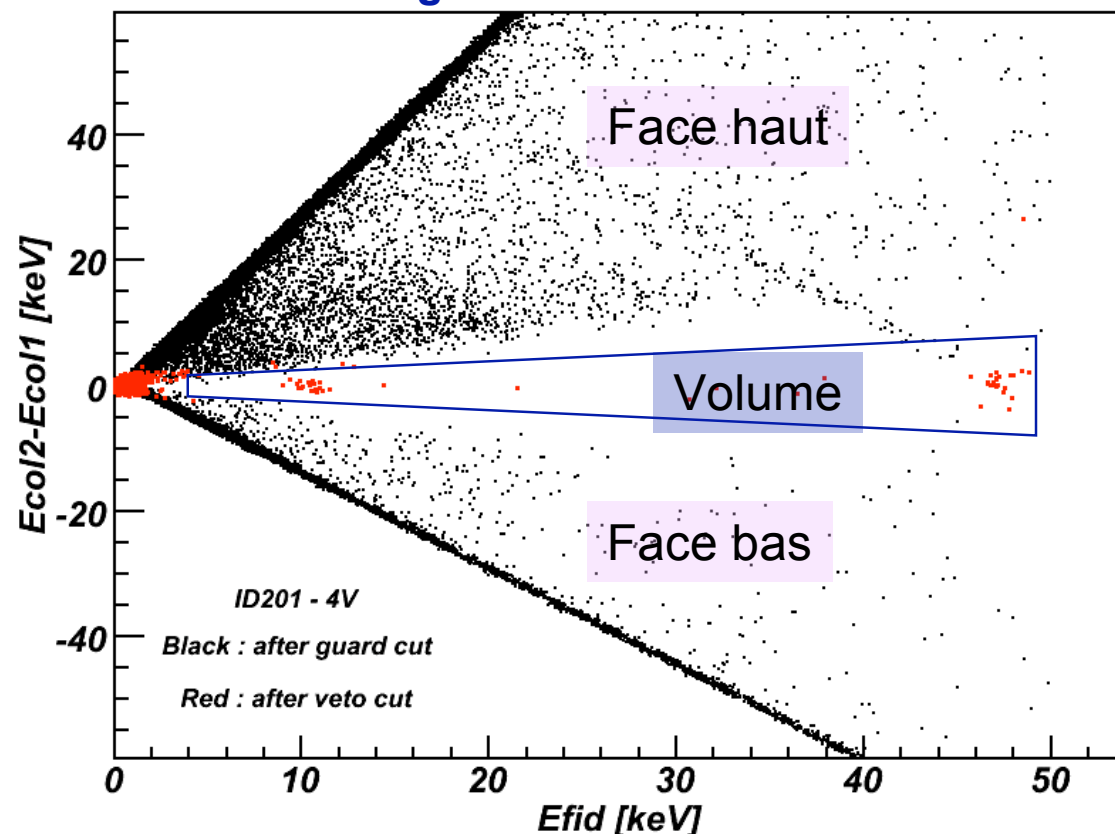
Evolution et adaptation de l'ensemble de l'expérience en un temps record

Performances remarquables des IDs

Calibration Beta

(^{210}Pb)

Détecteur 200g - données LSM 2008



➔ Détecteur « bon pour la physique »

• Séparation totale des interaction de surface et de volume (réjection beta obtenue en calibration $\sim 1/10^5$)

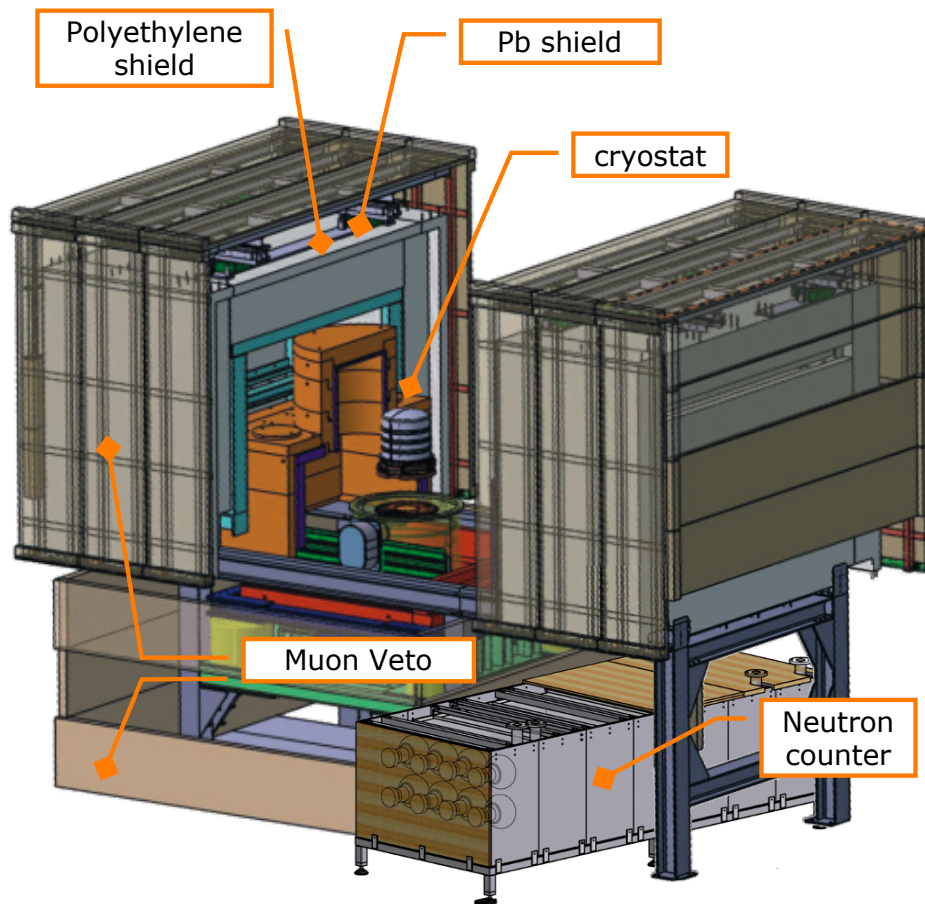
• Compréhension des phénomènes mis en jeu (collection de charge)

• Mesure possible sur les données de physique du volume fiduciel du détecteur

• Redondance d'informations des électrodes + design simple : détecteur robuste

A. Broniatowski et al. - Phys. Lett. B 681 (2009), pp. 305-309 (arXiv:0905.0753)

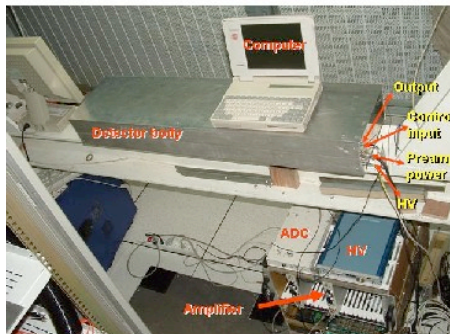
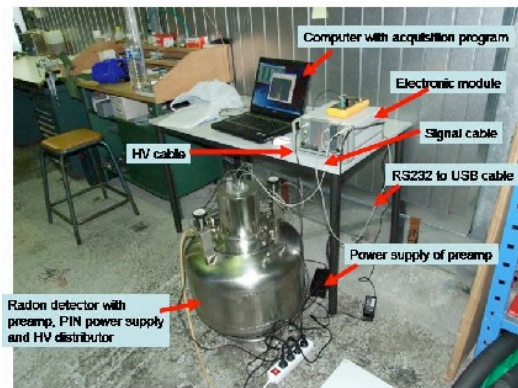
L'installation d'Edelweiss-II



- Fonctionne au Laboratoire Souterrain de Modane ($4\mu/\text{jour}/\text{m}^2$)
- Installation cryogénique (18 mK) :
 - Cryostat à géométrie renversée
 - Utilisation de pulse tubes
- Écrans/radiopureté :
 - Salle blanche + air déradonisé
 - Veto à muons actif (fonctionnement continu)
 - Écran de polyéthylène
 - Écran de plomb

⇒ Fond γ réduit d'un facteur ~ 2 / EDW1
- Autres installations :
 - Sources contrôlées à distance (calibrations et régénérations)
 - Stockage et réparation des détecteurs en salle blanche
- 12 mises en froid déjà effectuées

Détecteurs complémentaires

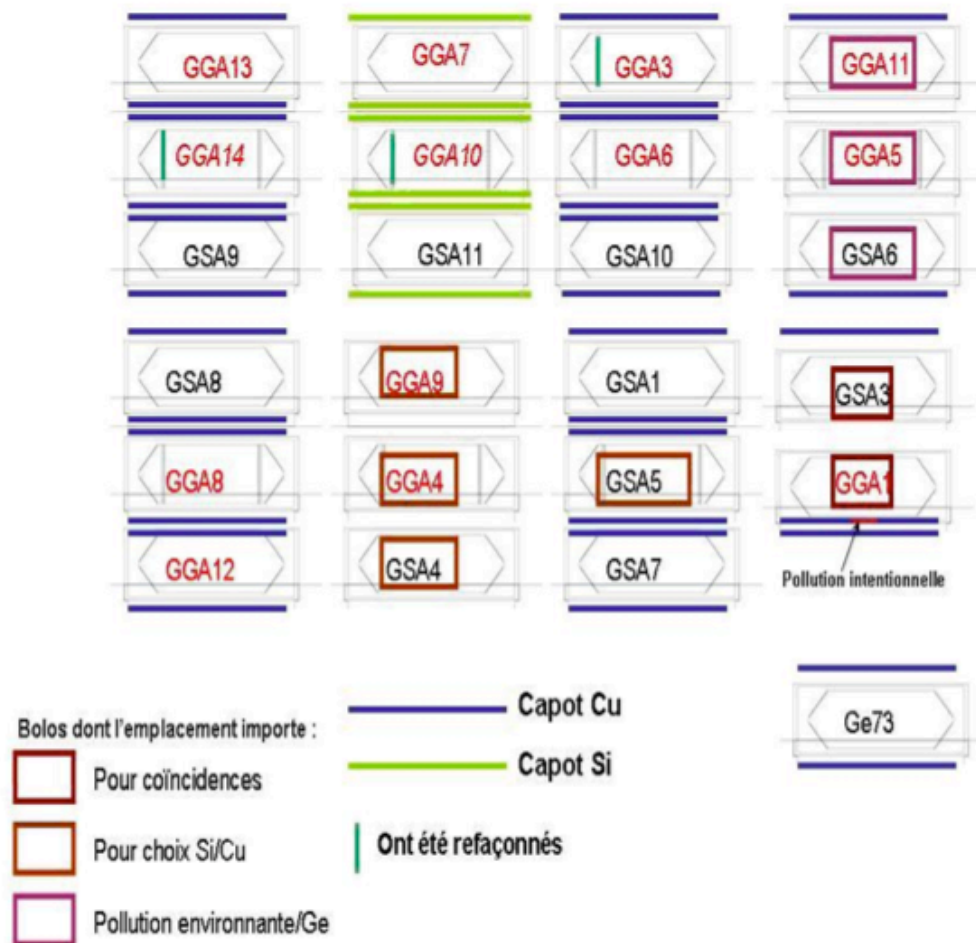


- Détecteurs compl. #1 =
Détecteur de Radon
Enregistrement en continu du
taux de Radon

- Détecteurs compl. #2 =
Détecteur de neutron à He3
Mesure le taux de neutrons
thermiques à différents
emplacements du LSM

- Détecteurs complémentaires #3 =
**Compteur de neutrons à scintillateur
liquide**
Etude précise des neutrons induits
par les muons

Configuration des mises en froid successives : 2007



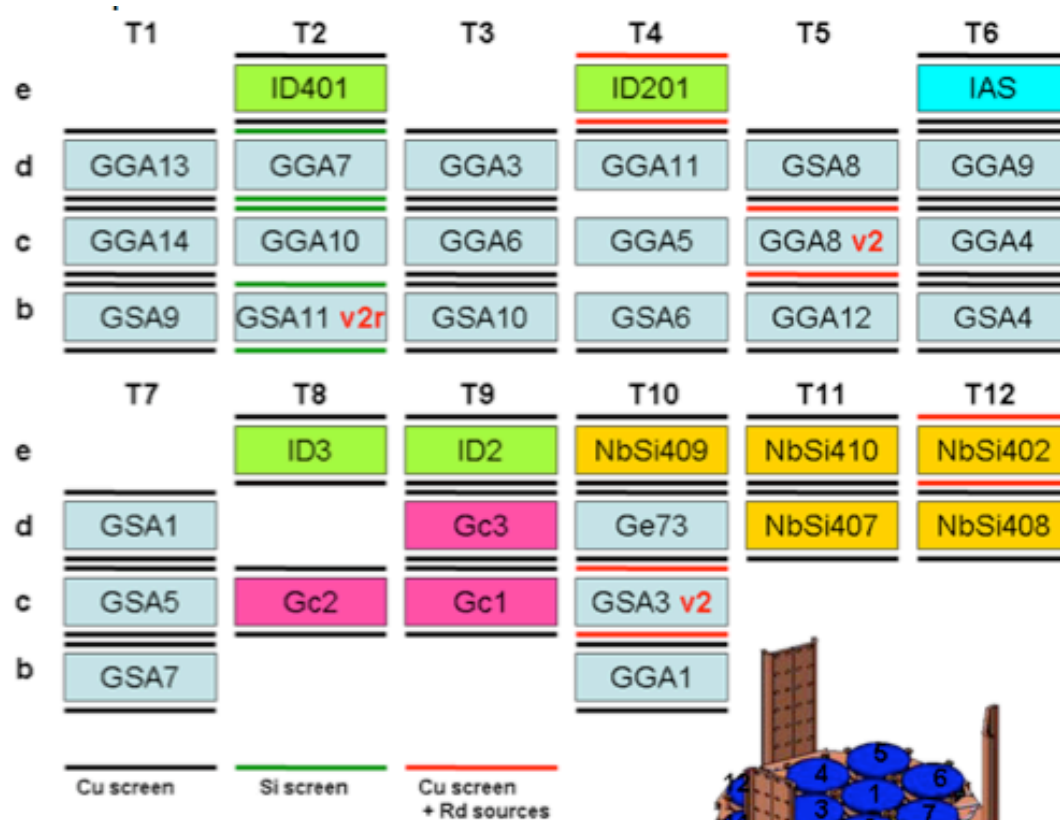
Mises en froid 7 - 8
(2007 à fév 2008)

- Runs de physique sur l'installation EDW-II, avec essentiellement des bolos GeNTD
- Résultats peu compétitifs à cause de l'absence de rejet des evts de surface
- Mais gain d'expérience sur l'opération d'un nombre élevé de bolomètres @ 20mK pendant de longues périodes

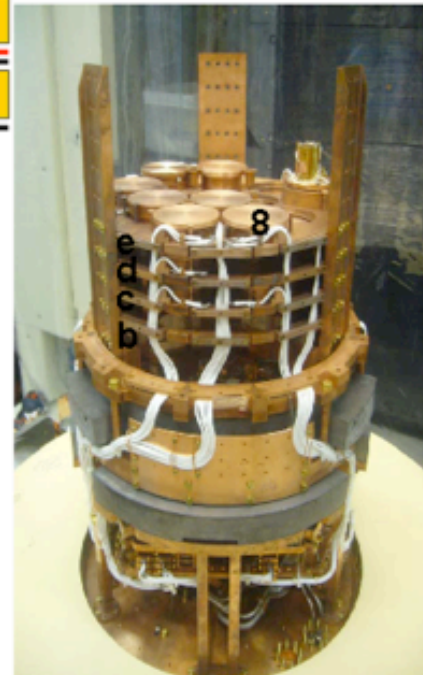
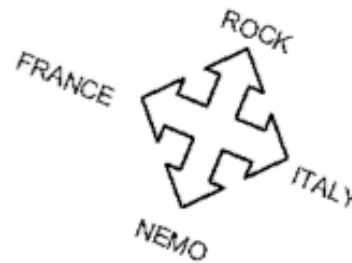
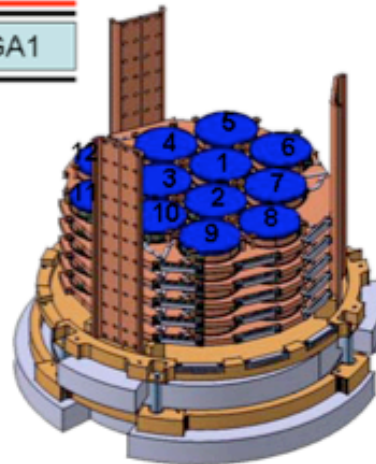
Chaque mise en froid est une nouvelle expérience :

- changement de détecteurs, des conditions cryogéniques
- adaptation du câblage, de l'électronique, de l'acquisition...

Configuration des mises en froid successives : 2008



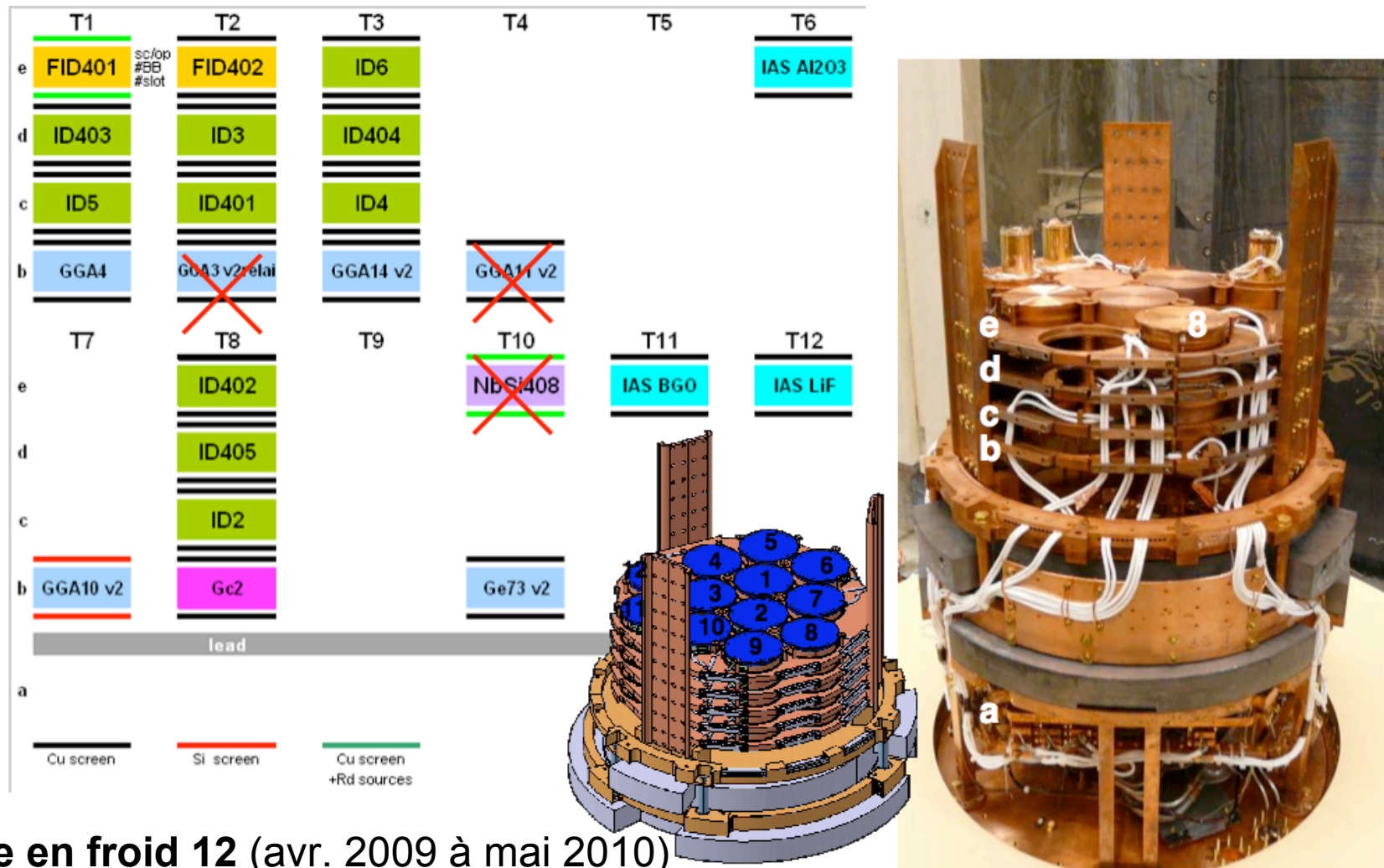
EDELWEISS-II
 Config Run 9
 April 8th 2008



Mises en froid 9-10

- Validation ID
- Derniers runs de « physique » sur anciens GeNTDs ⇒ 200 kg.jours++ accumulés au total

Configuration des mises en froid successives : 2009

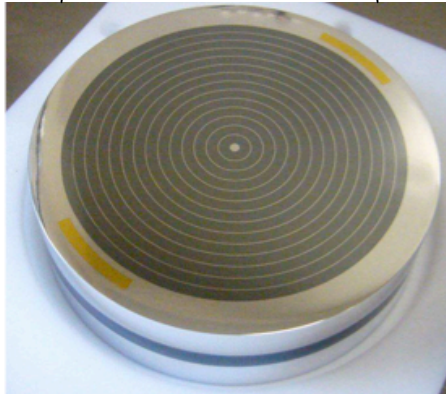


Mise en froid 12 (avr. 2009 à mai 2010)

- Moins de cristaux mais nb de voies équivalent (1 ID = 7 voies)
- Quelques « NTD classiques » pour tests électronique
- 3 détecteurs de l'IAS-Orsay : R&D chaleur/scintillation

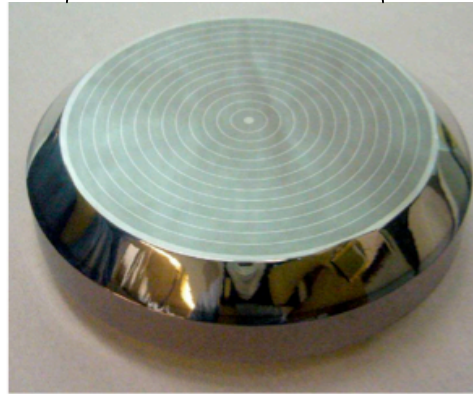
Run de physique avril 2009 à mai 2010

5 ID « CSNSM »



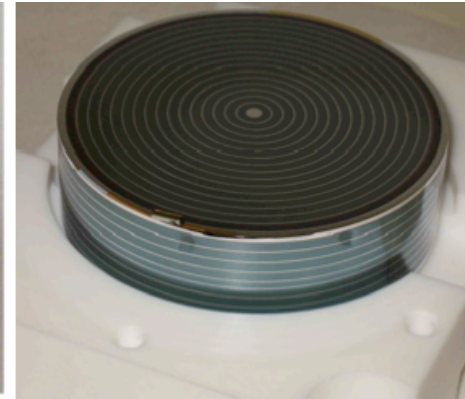
ID401 to 405:
 Φ 70mm, H 20mm, 410g
 14 concentric electrodes (width 100µm, spacing 2mm) without bevelled edge.

5 ID « Saclay »



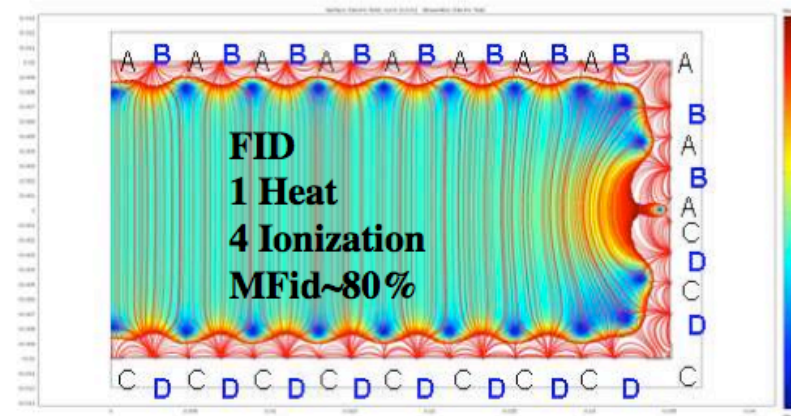
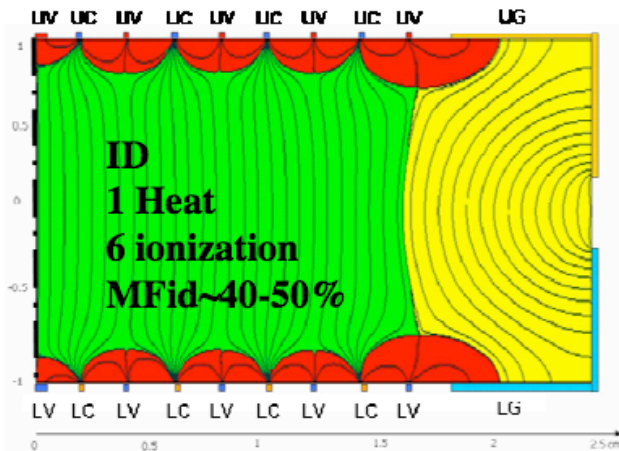
ID2 to ID5:
 Φ 70mm, H 20mm, 410g
 13 concentric electrodes (width 200µm for ID2, 50 µm for ID3, spacing 2mm) with bevelled edge 8 mm.

2 FID

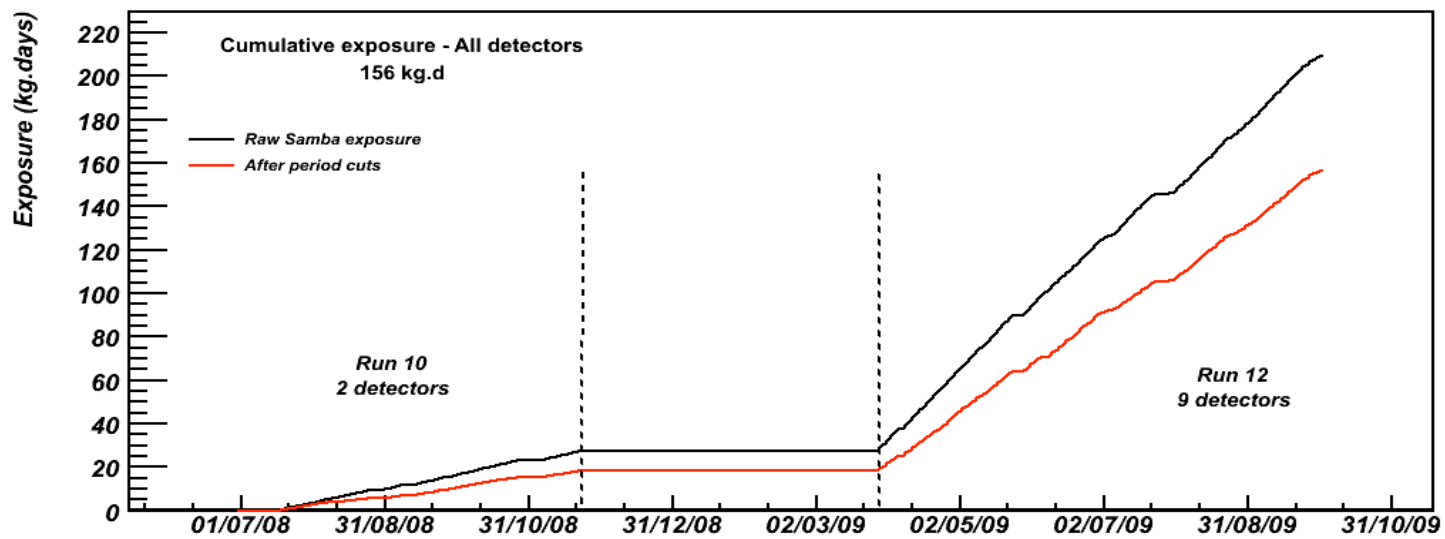
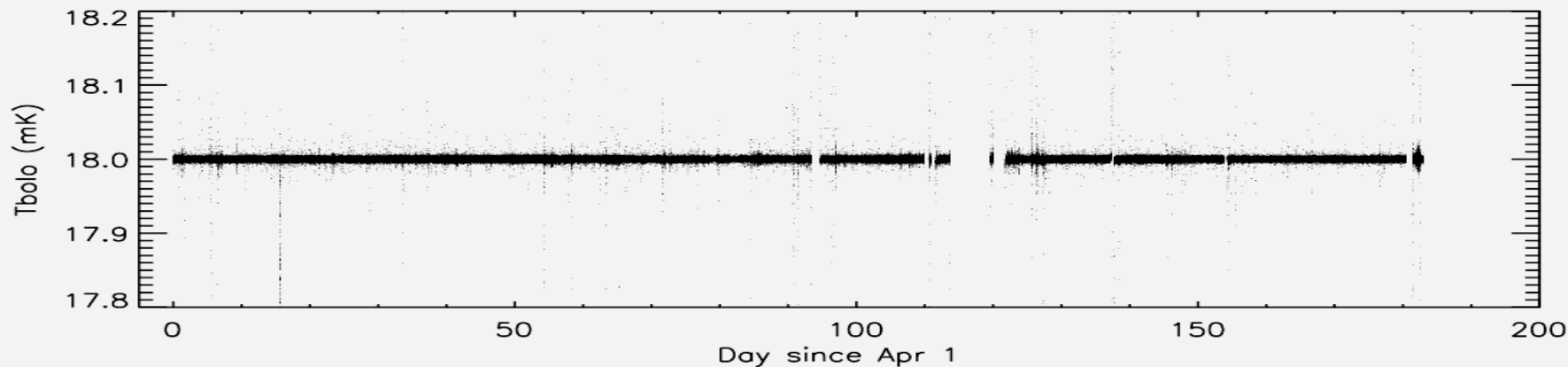


R&D
 (FID401 en calibration avec une source de betas)

FID401 and FID402:
 Φ 70mm, H 20mm, 410g
 n concentric electrodes (width 100µm ?, spacing 2mm) without bevelled edge.



Recherche de WIMPs avec les 6 premiers mois (avril à septembre 2009) = article décembre 2009



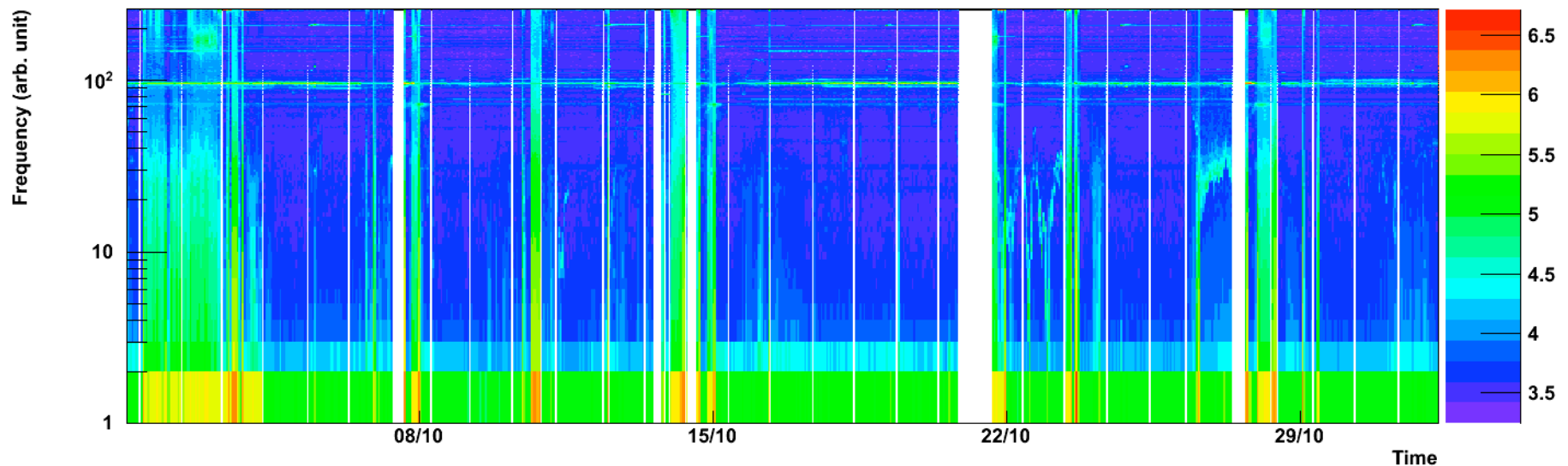
144 kg.j effectifs

x2 en cours
d'analyse

Traitement des données Interdigit

- Données brutes : ~ 8 TB pour le run 12 (20 TB au total)
- Deux chaînes de traitement indépendantes (Lyon & Saclay) comparées en détail, donnant les mêmes résultats
- Données bolométriques : bruits mécaniques (et électroniques) importants
 - Aspect « traitement du signal » crucial
 - Choix d'algorithmes de type filtrage optimal (~ CDMS)
- Après filtrage optimal : bruit typique ~ keV sur les voies chaleur et ionisation
- Sélection des « bonnes périodes » détecteur par détecteur : 80% efficacité

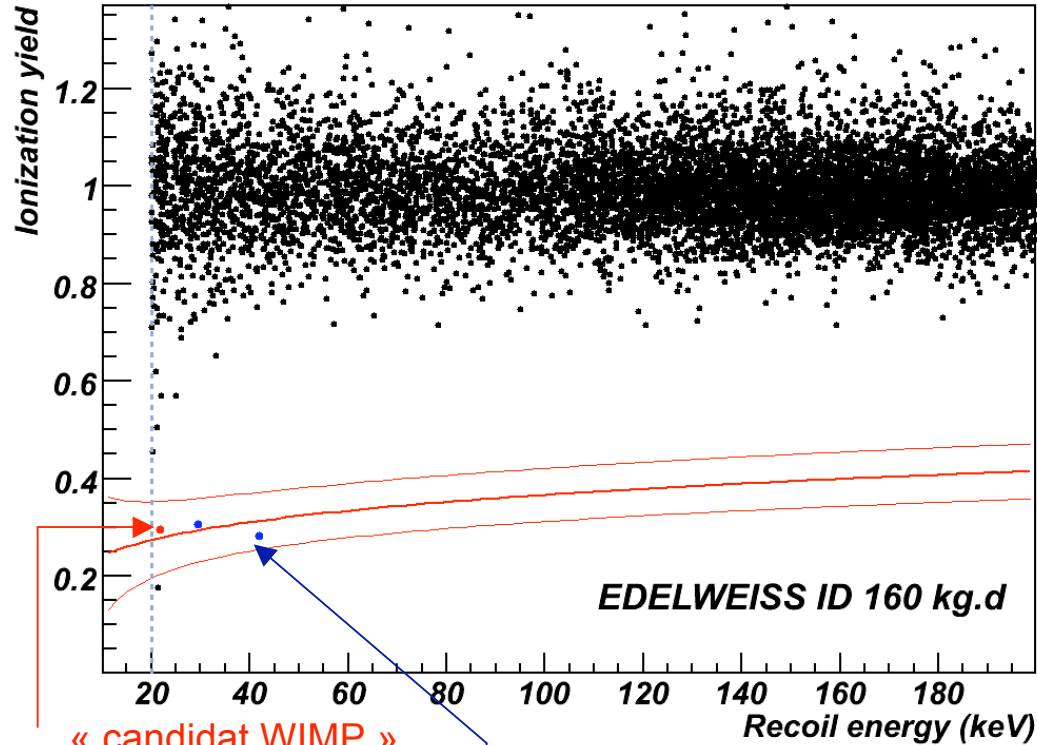
chaleur ID405AB Noise



- Effet des tubes pulsés, reliquéfacteur, transferts d'hélium, interférences électromagnétiques ...

Recherche de WIMPs - 6 mois

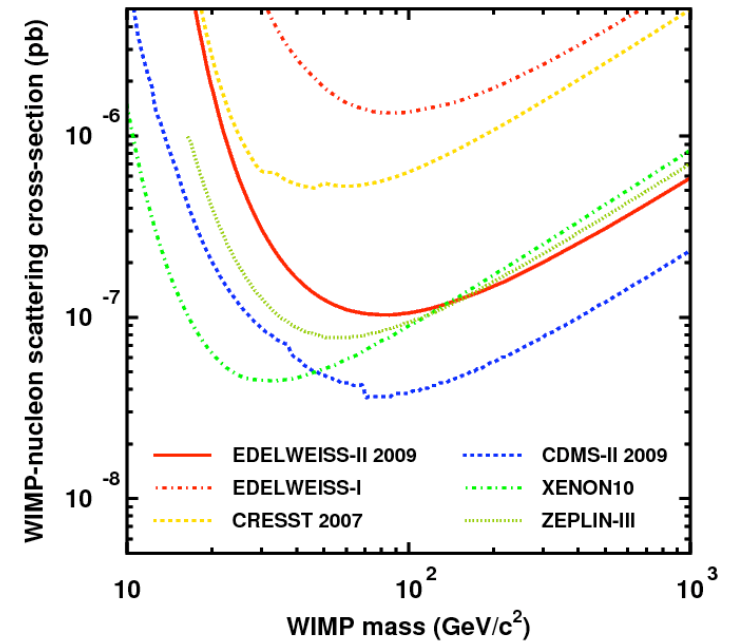
160 kg.d x 90% NR band = 144 kg.d



« candidat WIMP »
Er = 21 keV

coincidences bolo-bolo+veto

- 9 détecteurs / 10 utilisés
- Le 10^e (1 veto + 1 garde) ok a posteriori mais non inclus dans l'analyse
⇒ **fiabilité des IDs prouvée en conditions réelles**
- Volume fiduciel mesuré 160 g
- Seuil d'analyse Er > 20 keV (garantit une acceptation quasi-saturée)

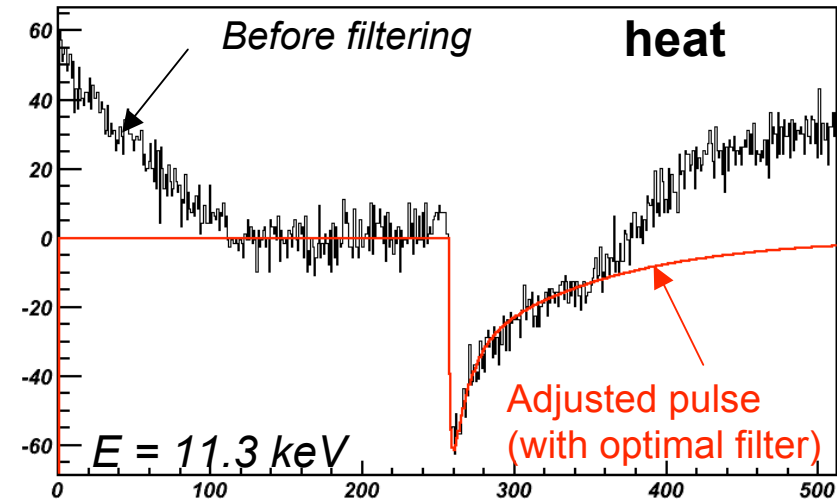
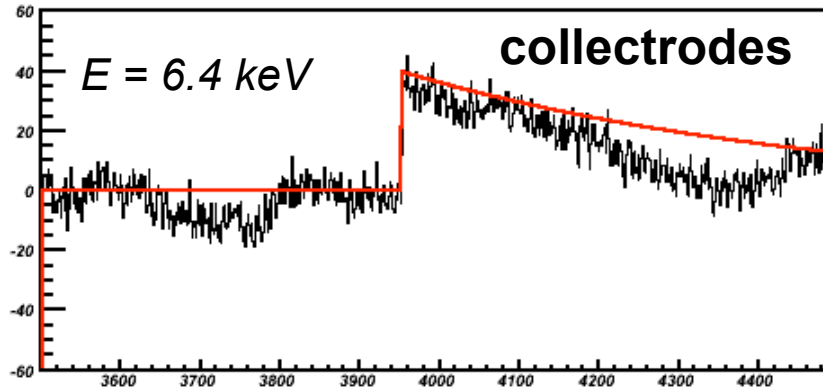


E. Armengaud et al. - Phys. Lett. B 687 (2010), 294-298 [arXiv:0912.0805]

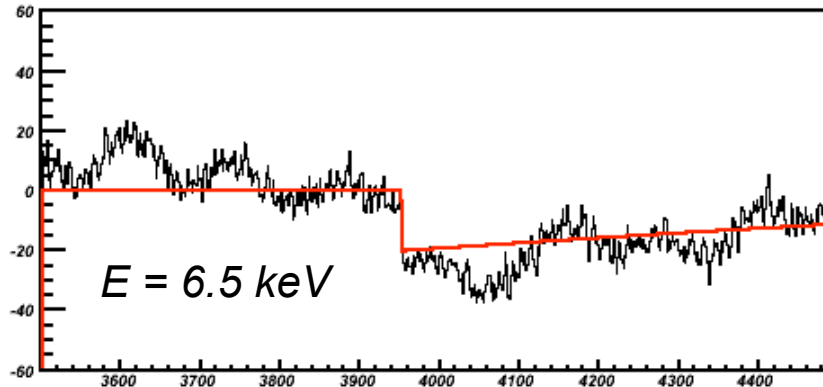
« Candidat WIMP » à $E_r = 21 \text{ keV}$

chaleur ID3AB - event 22969 - run jd22b001

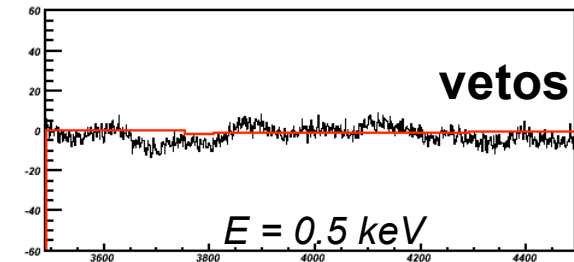
garde ID3AB - event 22969 - run jd22b001



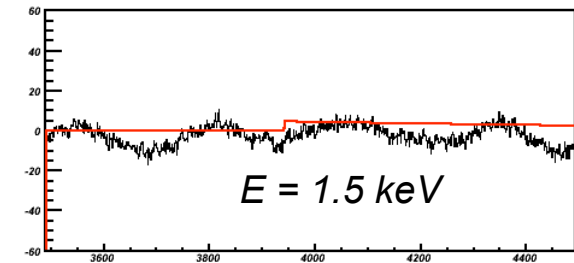
garde ID3CD - event 22969 - run jd22b001



centre ID3AB - event 22969 - run jd22b001



centre ID3CD - event 22969 - run jd22b001



➡ Evénement bien reconstruit ($\chi^2/\text{dof} = 0.99$)
Très largement au-dessus du bruit des lignes de base

WIMP ou bruit de fond ?

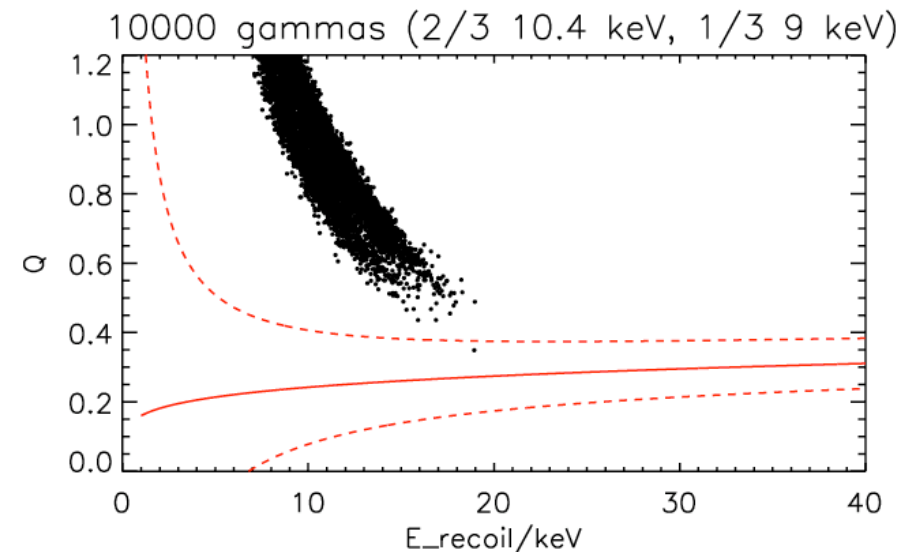
Les bruits de fond potentiels

Etudes en cours

Taux attendus pour les 6 premiers mois *d'après des calibrations / simulations antérieures* :

- gamma < 0.01 evt (99.99% rejection)
 - beta ~ 0.06 evt (d'après la calibration ID201 + taux mesuré de betas)
 - neutrons de ^{238}U du plomb < 0.1 evt
 - neutrons de $^{238}\text{U}+(\alpha,n)$ dans la roche ~ 0.03 evt
 - neutrons des muons < 0.04 evt
- } < 0.23 evt

- Neutrons
- Betas
- Gammas :
 - Doublet de l'activation cosmogénique du germanium (10000 evts en 1 an)
 - Utile pour mesure des performances détecteurs à basse énergie
 - Parades :
 - Amélioration bruits ligne de base
 - Stockage préalable en souterrain des nouveaux détecteurs

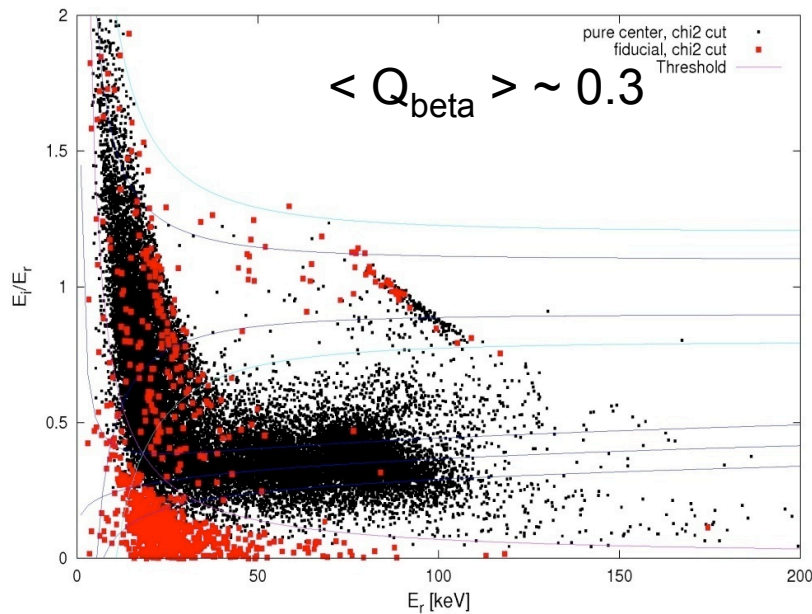


Monte-Carlo illustratif : « bavage du 10 keV »

Bruits de fond betas et neutrons

Betas

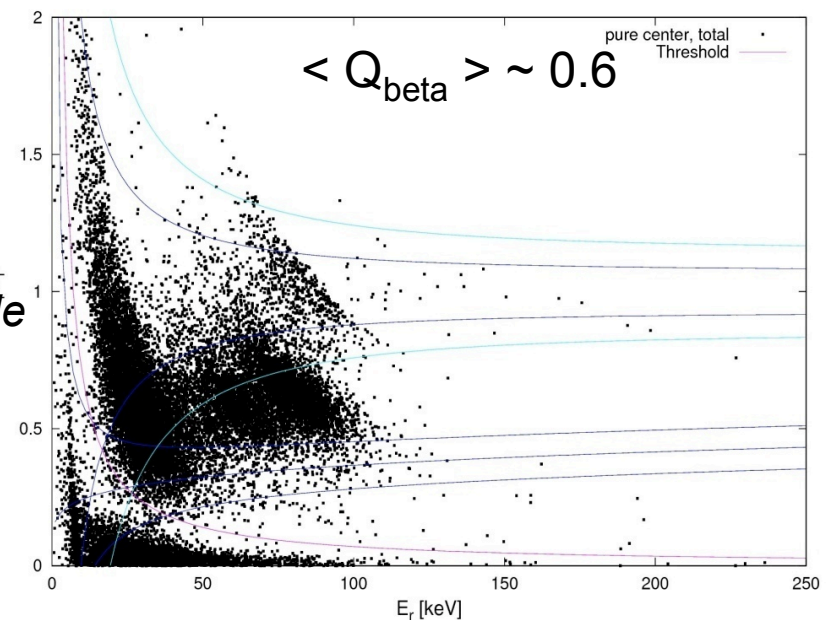
- Normalement largement rejeté (calibrations ID201 & FID401)
- Qualité de la collecte de charge en condition « run de fond » sur une longue période de temps ?
- Parade : R&D traitement des surfaces (CSNSM, J. Domange) pour faire « remonter les betas »
 - permettra de distinguer d'un bruit de fond neutrons / WIMPs sans ambiguïté
 - améliorera la réjection



modif.
→
traitement de surface

Neutrons

- EDW-II originellement conçu pour 10^{-8} pb : on s'en rapproche...
- Etudes en cours (analyses, simulations, calibration source neutrons externe...) sur le blindage, les coïncidences bolos-vetos...
- Source de neutrons à l'intérieur du blindage ? (par exemple (α, n) dû aux sources de calibration beta, radon + PE)
- Parades possibles
 - blindage PE interne
 - ...



Contributions actuelles de l'IRFU

■ SPP :

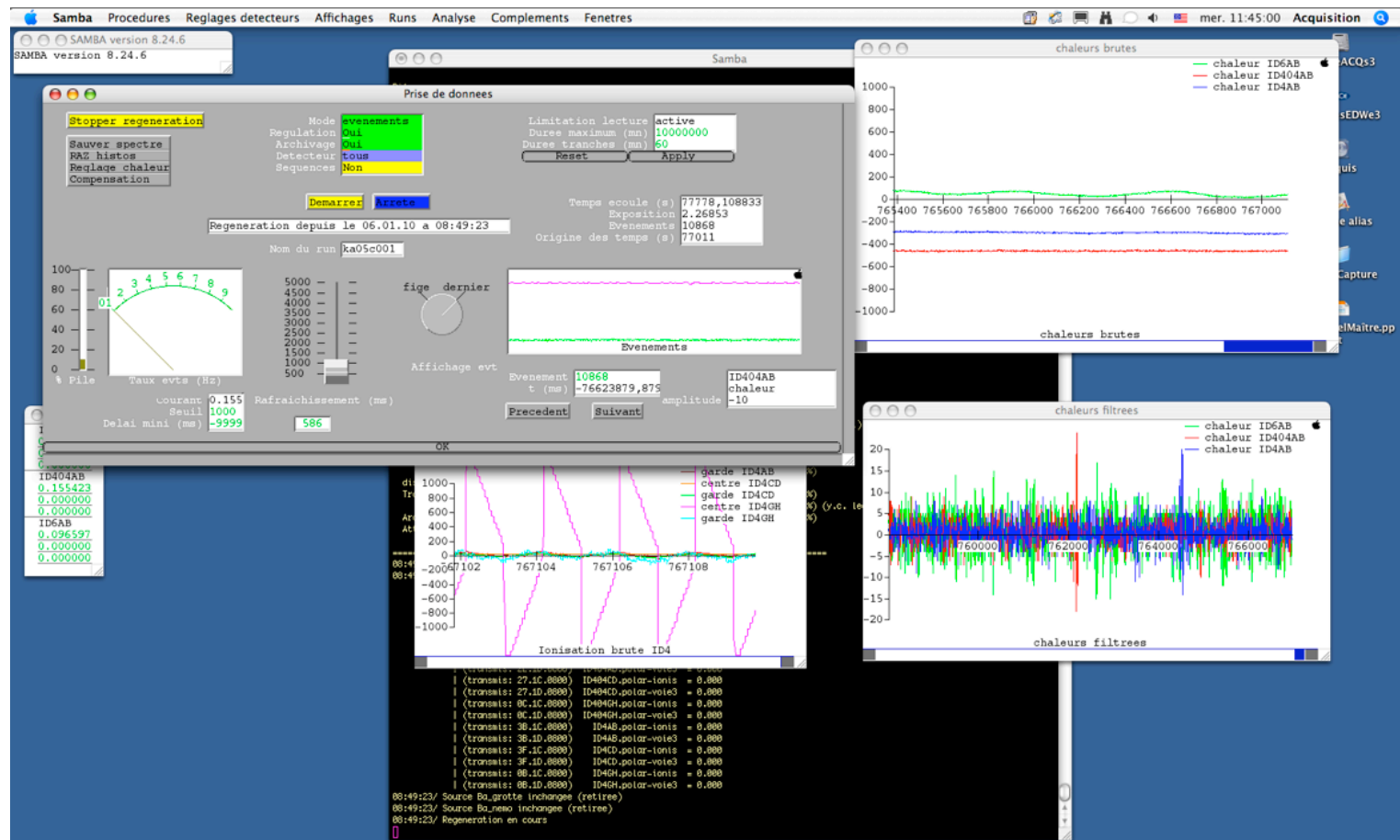
- **G. Gerbier** : direction de l'expérience, analyse, LSM, EURECA, Sphère
- **E. A.** : gestion de la prise de données (avec IPNL+Dubna), online monitoring, gestion/sauvegarde des données, processing offline et analyse (avec IPNL)
- **A-S. Torrento** (post-doc) : suivi runs, analyses (coïncidences entre détecteurs, etc)
- **J. Domange** (thèse cotutelle CSNSM) : analyse détecteurs au LSM + R&D détecteurs

■ SEDI :

- **X-F. Navick** : fabrication et installation détecteurs; thermomètres NTDs; supports, préparation sources ^{210}Pb , décontamination Rn
- **S. Hervé** : détecteurs, NTDs
- **B. Paul** : développements et maintenance des électroniques (avec IPNL+Grenoble)
- **M. Gros** : développement et maintenance logiciel d'acquisition

⇒ *Tâches vitales pour l'expérience et sous-critiques en personnel (tant au SPP qu'au SEDI)*

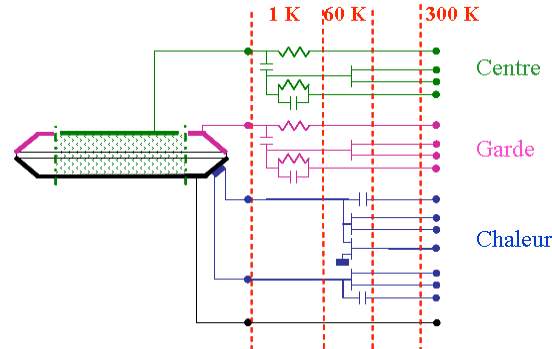
Acquisition des données bolomètres



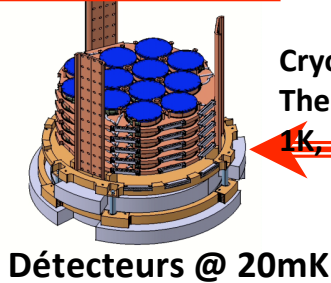
- Logiciel d'acquisition « Samba »
- Fonctionnalités développées au fil des besoins - très spécifiques - de l'expérience
 - Fonctionnalités spécifiques pour chaque détecteur, NTD, NbSi, IAS, ID, FID, etc..
 - Filtrage, déclenchements, coïncidences, trigger adaptatif, enregistrement de streams, réglage de tous les DACs, régénérations semi-automatique des détecteurs, spectres de bruit, compensation automatique voies chaleurs...
 - Adapté BBv1 / BBv2 / SuperCluzel (PCI) / carte Opéra (ethernet)

Chaîne d'électronique

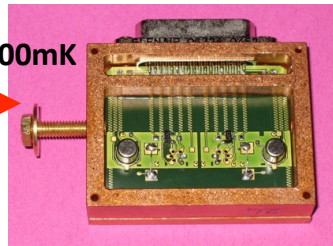
- Contribution majeure IRFU numériseurs & répartiteurs, suivi à Modane
- Bancs de tests @ Saclay et IPNL
- (Très) nombreuses évolutions



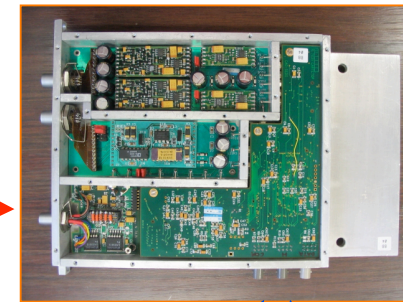
**Numériseurs
BBv1 ou BBv2**



Cryogenic Cabling
Thermalisation @ 100mK
1K, 10K



Cold Electronics 100K
FETs



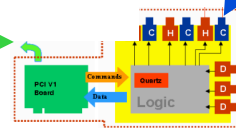
Optical fibers

Ethernet link



Mac for Acquisition

Bus PCI



SuperCluzel

horloge

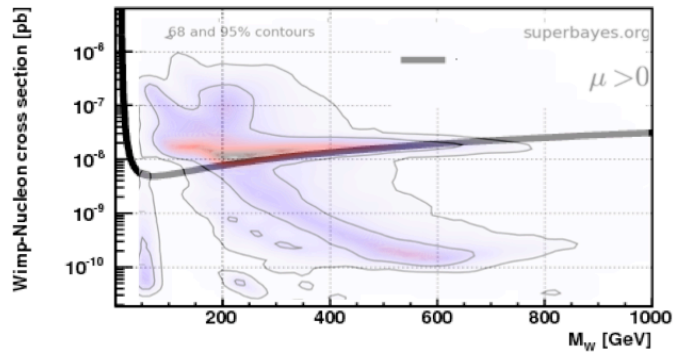


Opera-Box

veto muons

« Physique run 12 » (10 bolos) :
BBv1 + SuperCluzel + Samba v8

Projet EDELWEISS-III

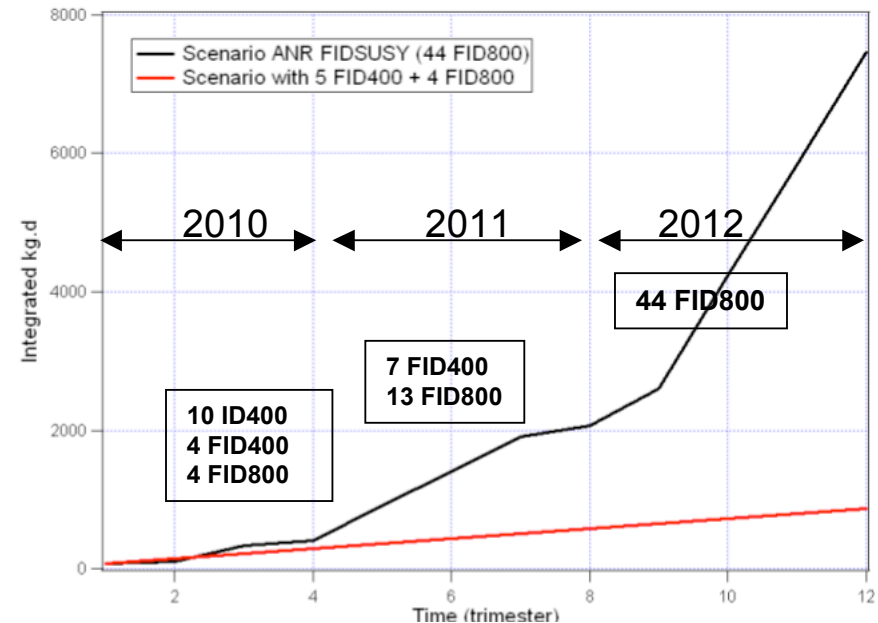


■ But :

- Atteindre la région $\sim 5 \times 10^{-9}$ pb dans un temps court
- **Permettre un cross-check rapide et fiable en cas d'un signal de XENON100**
- Préparation technique pour une possible phase 1-tonne

■ Spécifications :

- ~ 44 détecteurs FID800 : **28 kg fiduciel** (3000 kg.d / 6 mois)
- Upgrades câblage, cryogénie, acquisition et blindage **au sein du set-up EDW-II actuel**
- Budget ~ 1900 k€ = 1500 (eqpt) + 400 (running)
ANR soumise (953 k€)
- Upgrade et installation détecteurs automne 2011 : 3000 kg.d en 2012

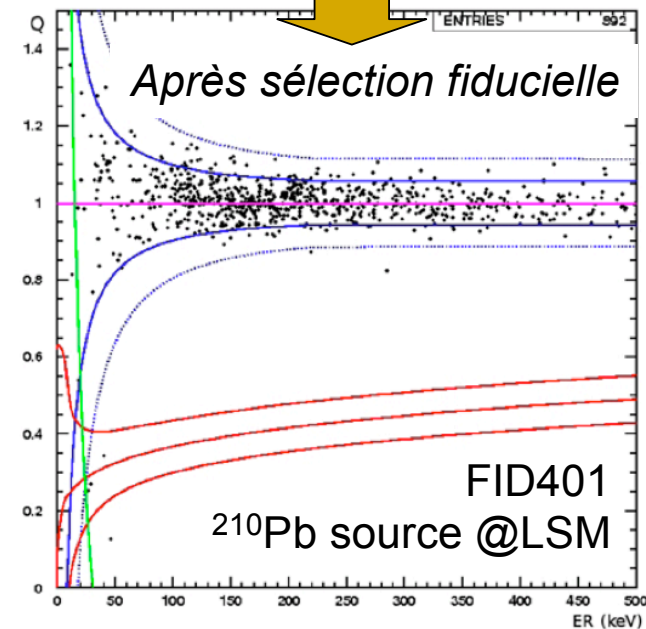
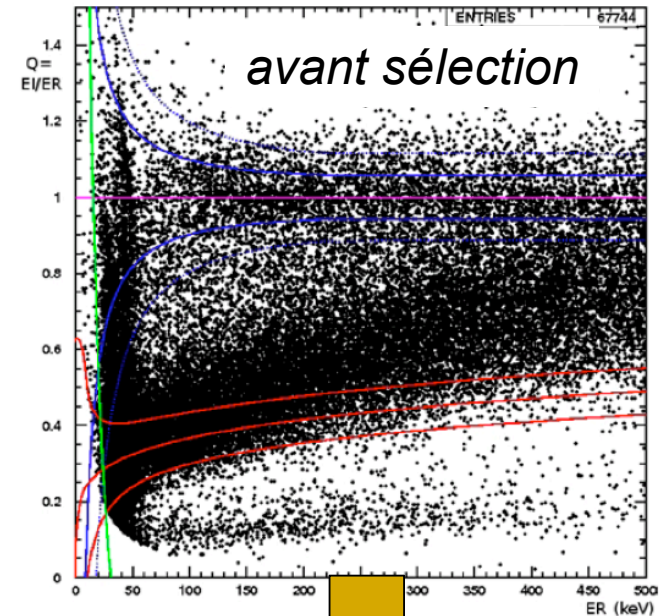


Les détecteurs EDW-III

Augmentation de la masse fiducielle :
ID200 => ID400 => FID400 => FID800

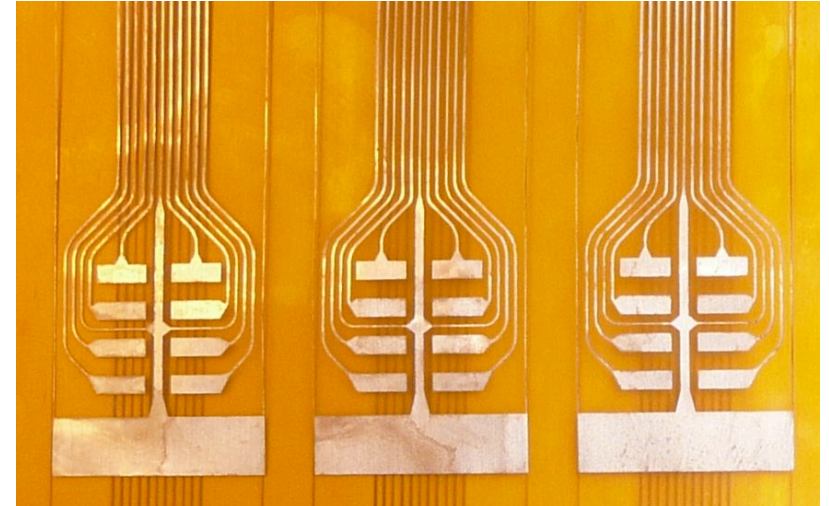
- Détecteurs FID
 - Gain en volume fiduciel : >70% pour FID400
 - Rejection beta testée à Modane : 4/68000 pour $E > 25$ keV
- Mise en froid 13 (cet été) : validation FID800
 - Validation traitement de surface optimisé
 - Validation réjection betas
 - Choix des voies nécessaires
 - 4 ou 6 ionisations
 - 1 ou 2 chaleurs
- Fabrication possible ~ 1 détecteur / semaine @ CSNSM + partenariat avec industriel @ Saclay
- Thermomètres :
 - Pour la mise en froid 13, réutilisation des anciens thermomètres des « Ge-NTD classiques »
 - Ensuite : utilisation du nouveau wafer de NTDs après validation d'une géométrie appropriée

➔ *Choix détecteur automne 2010*
Installation 44 détecteurs possible automne 2011



Upgrades pour EDW-III

- Blindages :
 - Ajout possible de ~10cm PE entre le Pb et les détecteurs
 - Décision automne 2010 en fonction des analyses et simulations, pour permettre d'atteindre 5×10^{-9} pb
- Cryogénie :
 - Déport des machines thermiques : réduction bruits
 - Nouveau liquéfacteur
- Câblage froid :
 - Nécessité d'une augmentation nb de voies
 - Possibilité d'un design « pistes » moins cher : R&D en cours IPNL/Oxford
- Electronique / DAQ
 - Utilisation « BBv2 + Opera + Samba v9 » : en cours de validation, sera utilisé dès le run 13
 - Possibilité lecture de quelques voies rapides à 20 MHz (développements IPE)



R&D cablage froid



Installation des upgrades à l'automne 2011

Budget EDW-III et contributions IRFU

Fabrication et validation détecteurs	950 k€ (financement ANR)	Détecteurs CSNSM (30)	600 k€
		Production industriel-IRFU (10)	300 k€
		Cryostat test (IPNL)	50 k€
Upgrade de l'installation	520 k€	Câblage	180 k€
		Cryogénie	100 k€
		Blindage	30 k€
		Electronique/DAQ	150 k€
Coûts de fonctionnement au LSM	150 k€ / an		
Total EDW-III	1900 k€ sur 3 ans		

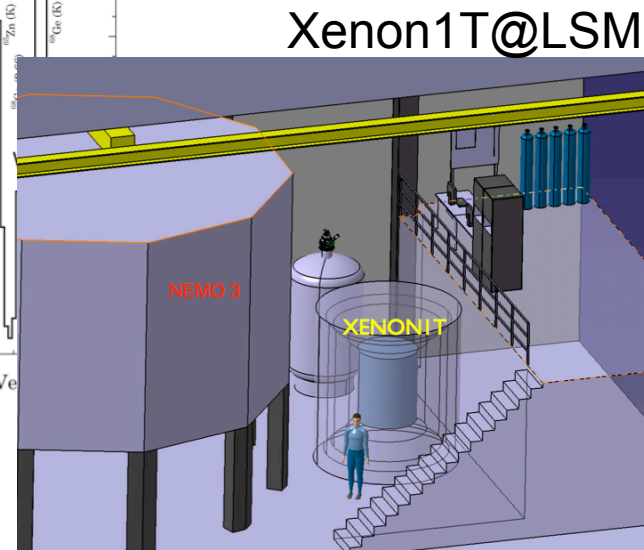
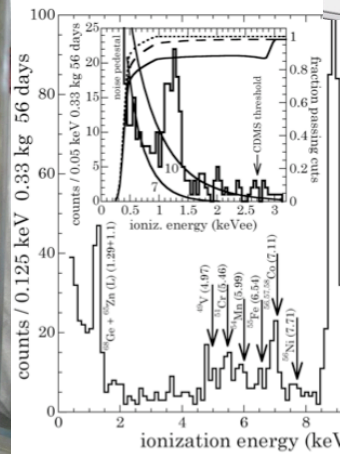
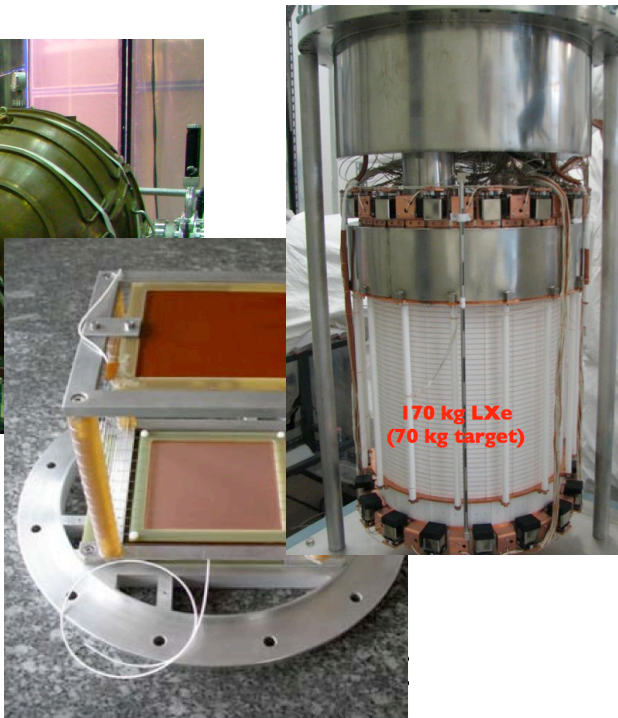
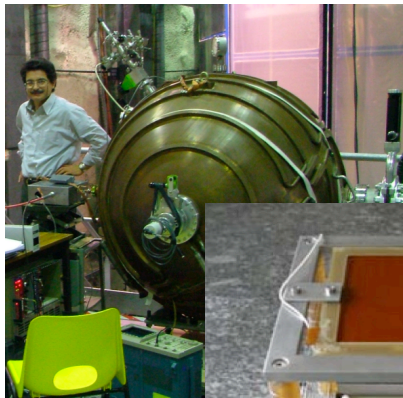
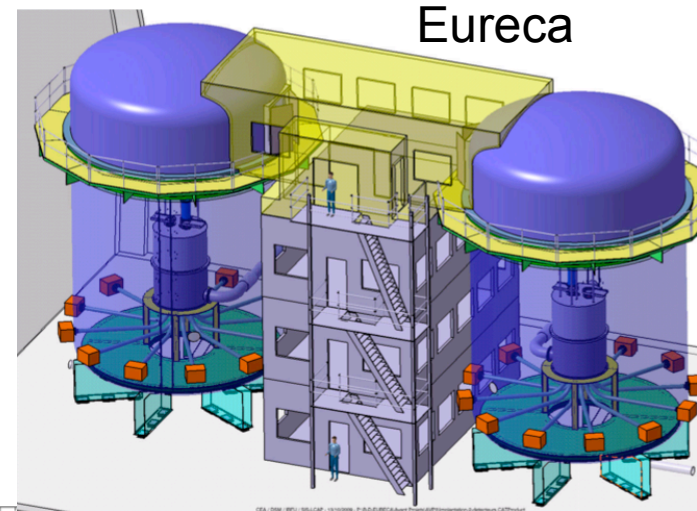
*en attente
décision ANR*

Contribution CEA au projet
« partagé » = 30%
• IRFU 2010 : 187 (57 si ANR)
• IRFU 2011 : 358 (84 si ANR)

- Analyse - exploitation des données
 - Renfort nécessaire
- Electronique : fabrication et tests de 30 BBv2 en 2011
 - B. Paul 60% + 6 hommes-mois tech. sup.
- Acquisition
 - M. Gros 70% + 6 hommes-mois assistance ingénieur
- Validation des NTD-38 (tests en banc cryogéniques), montage et intégration
 - 9 hommes-mois tech. sup. + S. Hervé 30%
- Coopération industriels pour production détecteurs
- Conception et réalisation du blindage interne
 - 3 hommes-mois projeteur

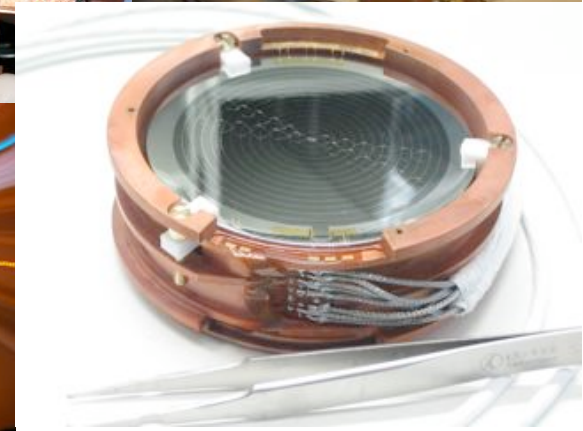
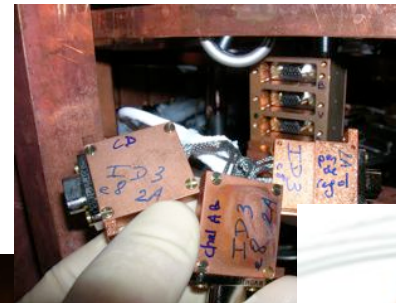
Autres recherches de matière noire par détection directe

- CDMS (MOU pour EURECA) - Rapprochement concret pour papier commun
- R&D pour WIMPs de basse masse
 - Germanium avec haute résolution, CoGeNT
 - Sphère I. Giomataris
- R&D directionnalité, MIMAC
- Détecteurs aux gaz nobles liquéfiés - Xenon, Darwin



EDELWEISS-III : conclusions

- Edelweiss de retour dans la compétition
- Technologie éprouvée prête pour 5×10^{-9} pb en 2012
 - **Le maintien dans la course passe par EDW-III**
- Atouts
 - Technologie ID
 - Potentiel de l'installation EDW au LSM (CDMS limité à Soudan)
 - Collaboration étoffée
 - Liens avec CDMS
 - Préparation du futur : EURECA
- **Jalon : automne 2010**
- Compétiteur principal Xenon100





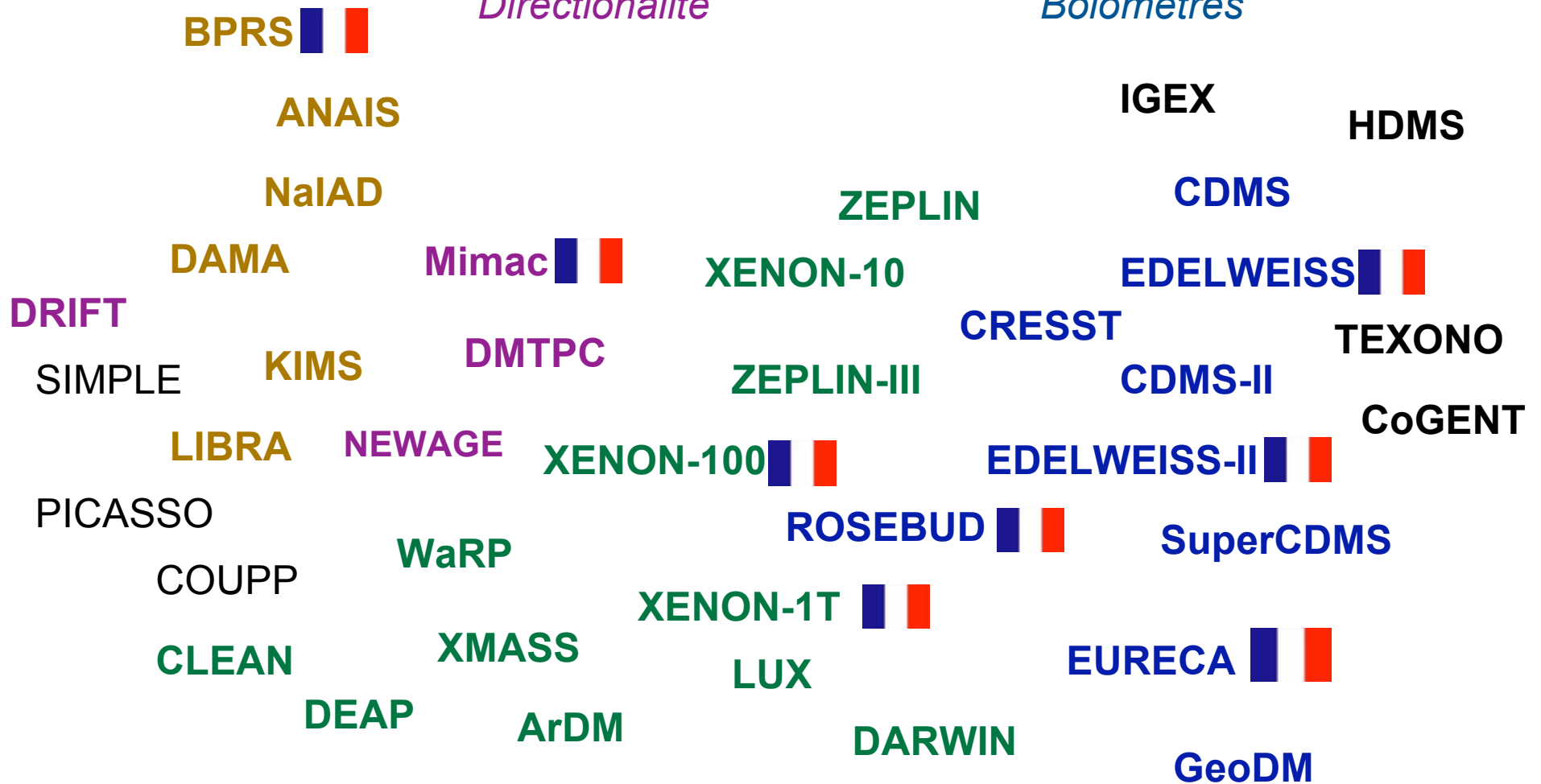
Un important effort expérimental

Scintillateurs solides

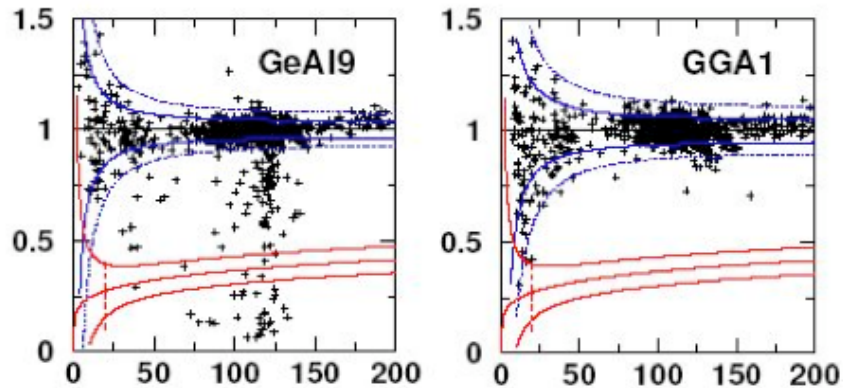
Liquides nobles

Bolomètres

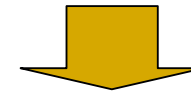
Directionnalité



Un vieux problème pour EDW et CDMS : la collecte incomplète de charge



Interaction trop proche des électrodes



Collecte de charge incomplète

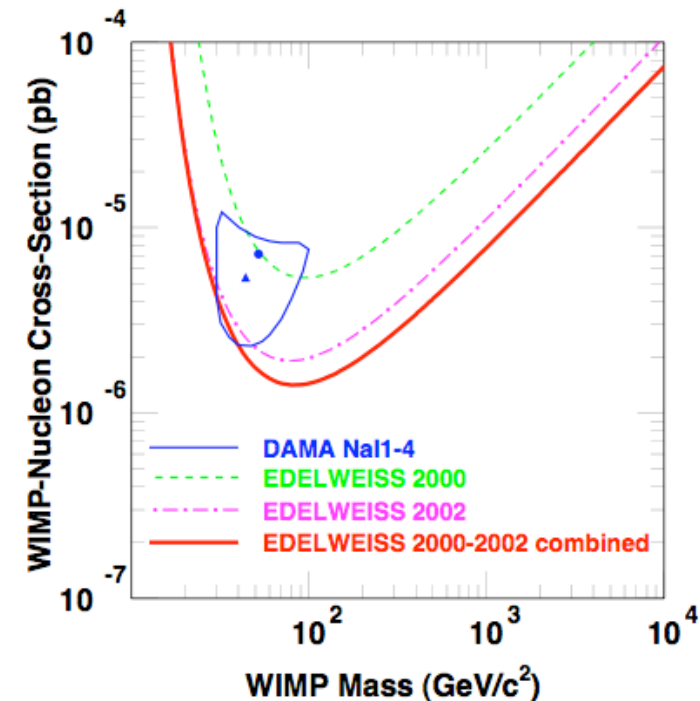
~ 2000 : introduction d'une sous-couche amorphe entre les électrodes et le cristal

+ *passage à des cristaux massifs (320g)*



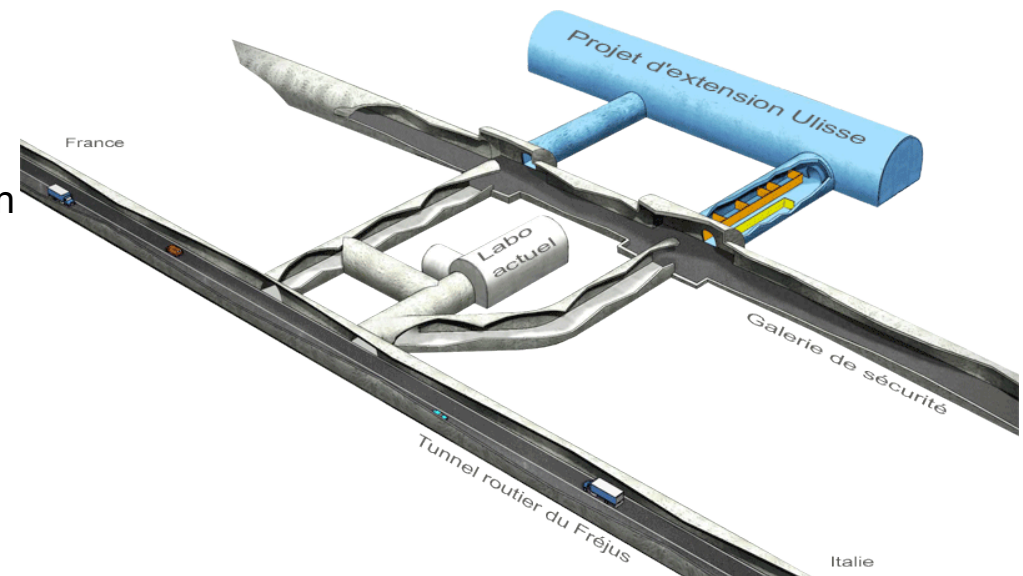
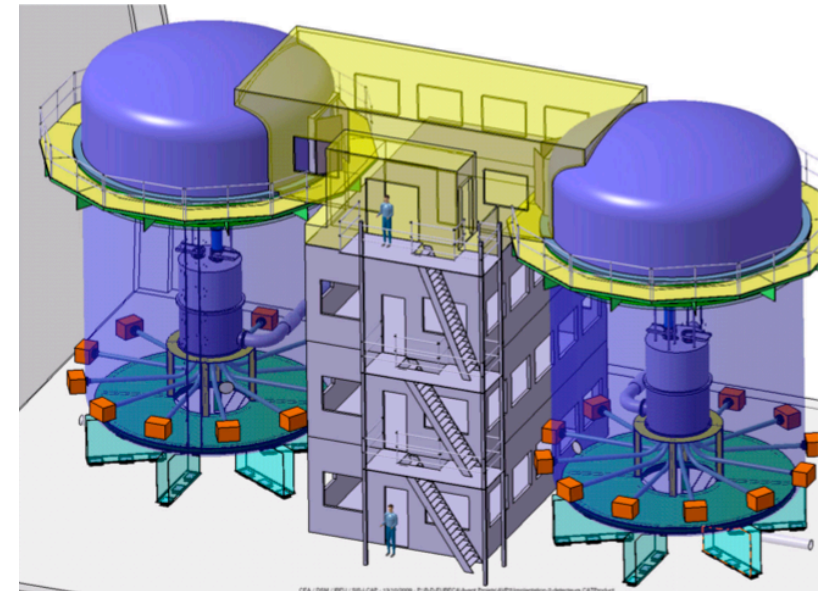
Meilleure sensibilité mondiale au début des années 2000

Mais ...

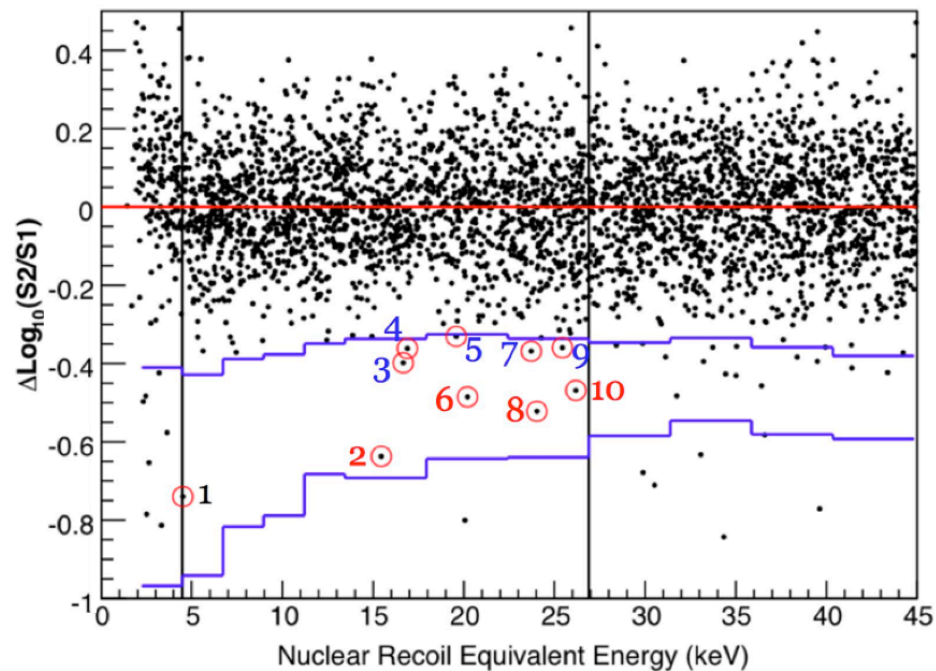


Expériences bolométriques « 1 tonne »

- EURECA :
 - au-delà de 10^{-9} pb, efforts majeurs pour le contrôle des bruits de fonds, le développement des détecteurs, la cryogénie
 - Effort commun EDELWEISS, CRESST, ROSEBUD + autres...
 - $\gg 100$ kg cryogénique, multi-cible
 - Site préféré : extension ULISSE de 60 000 m³ du LSM actuel
- Aux USA :
 - Similaire : GeoDM après SuperCDMS
 - Site = DUSEL
 - NB : liens transatlantiques existent (eg. un MoU commun)



Résultats de XENON 10



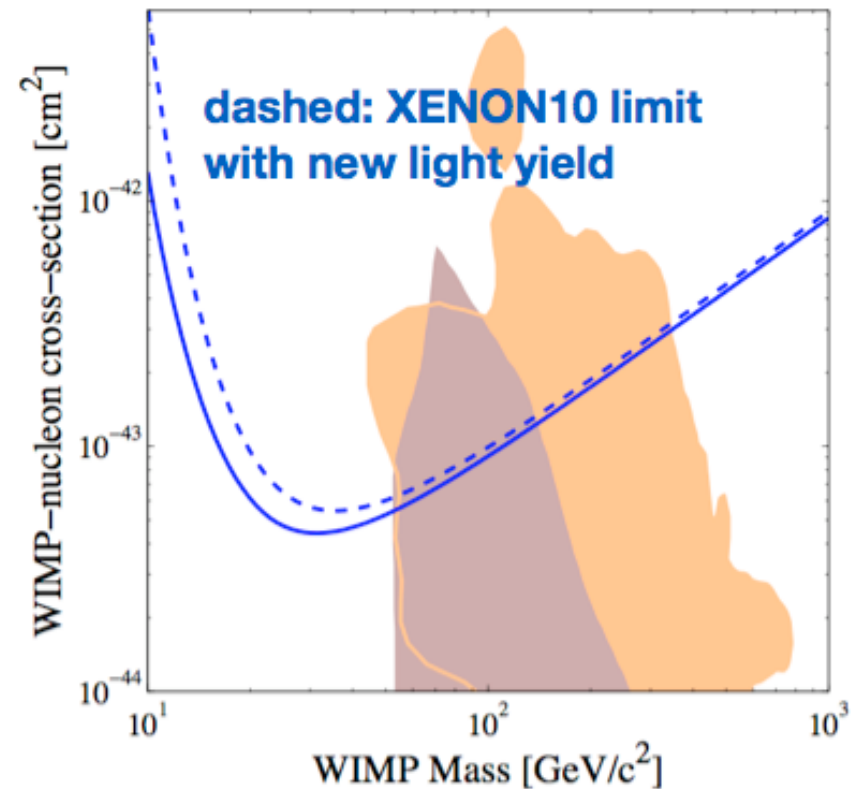
Presence de bruit de fond :

- « queue gaussienne »
- Événements anormaux

Hypothèse : interactions doubles dont une dans le volume mort du Xenon (sans S2)

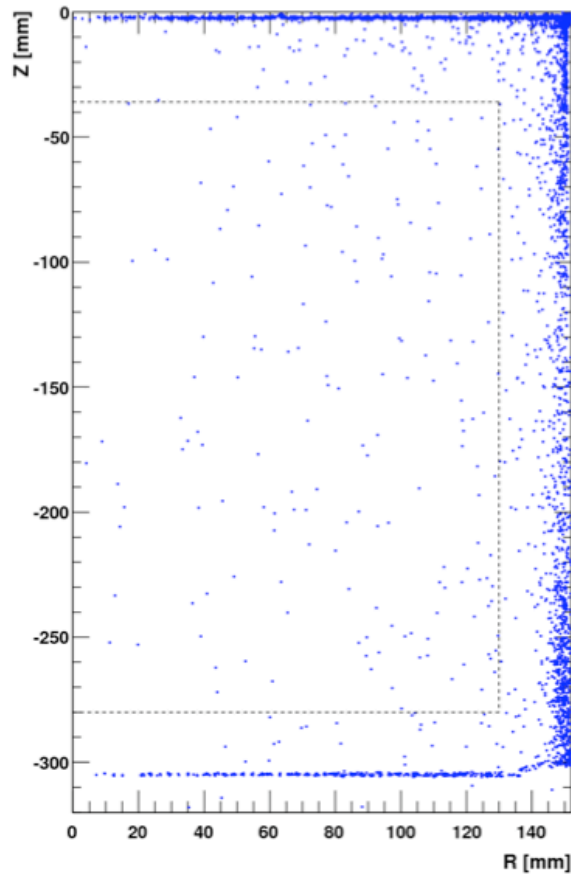
- *resultats arXiv:0706.0039*
- *description expérimentale arXiv:1001.2834*

- Fenêtre en énergie $4.5 < E_{\text{recoil}} < 27$ keV
- 136 kg.days = 58 jours
 - x 5.4 kg (volume fiduciel)
 - x 0.86 (diverses coupures)
 - x 0.5 (reculs nucléaires)

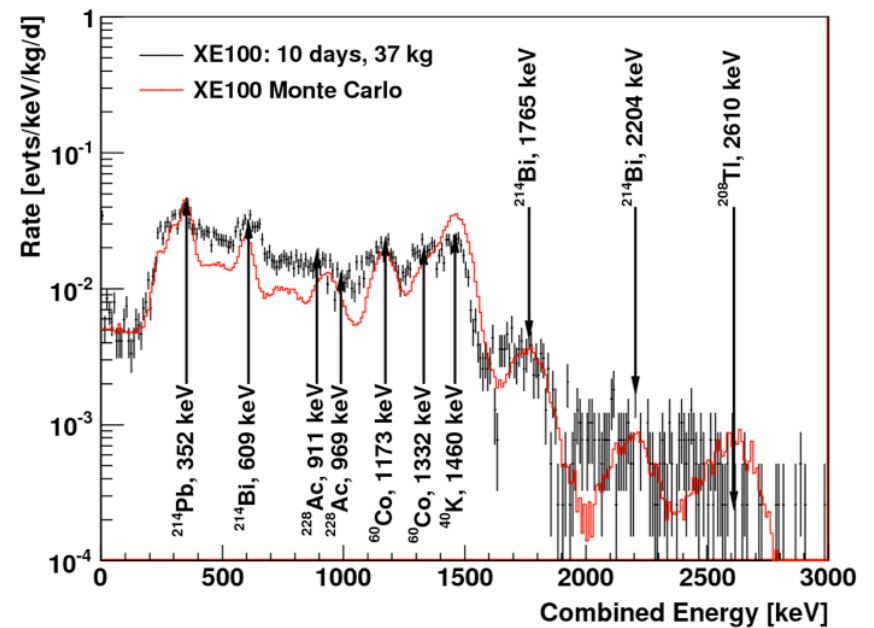
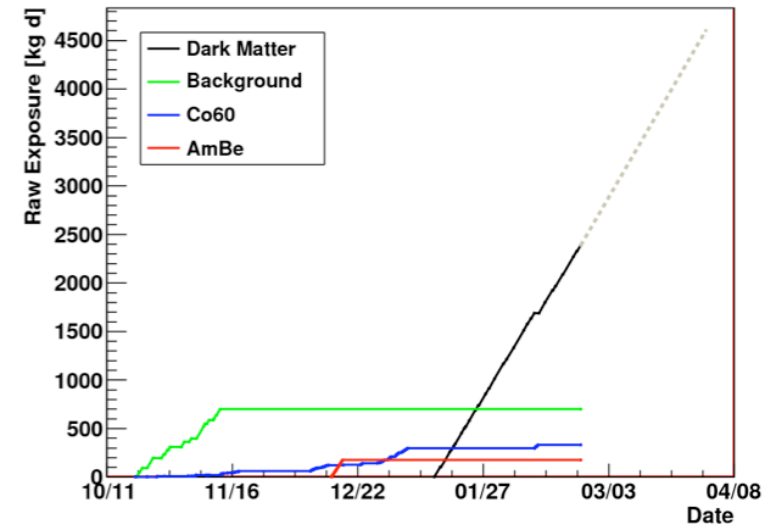
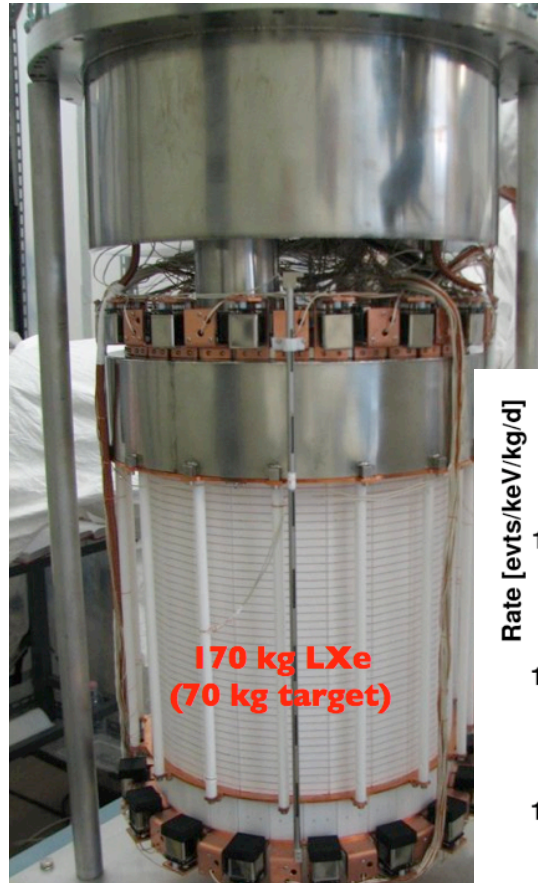


En fonctionnement : XENON 100 (2008-2010) [collab. inclut Subatech-Nantes]

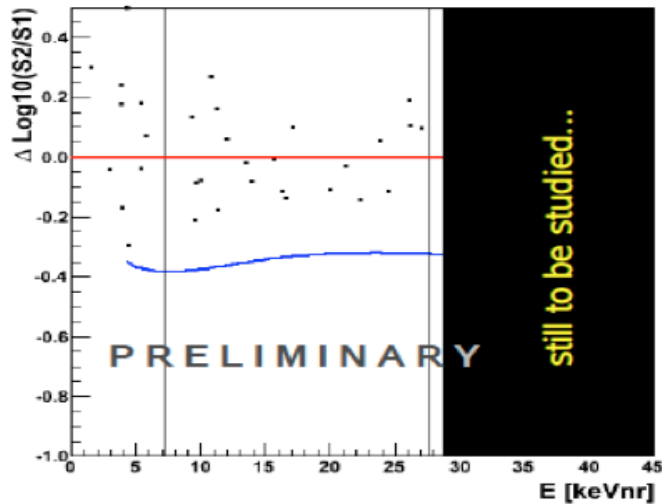
- Volume cible augmenté : 30 à 50 kg fiduciel
- Meilleure radiopureté (incl. PMTs)
- Blindages inférieur/latéral, équipés de PMTs veto



XENON100, 4-60 keVee
37 kg fiducial, 10 d



XENON100 : 11 jours-équivalents de fond « unblinded »

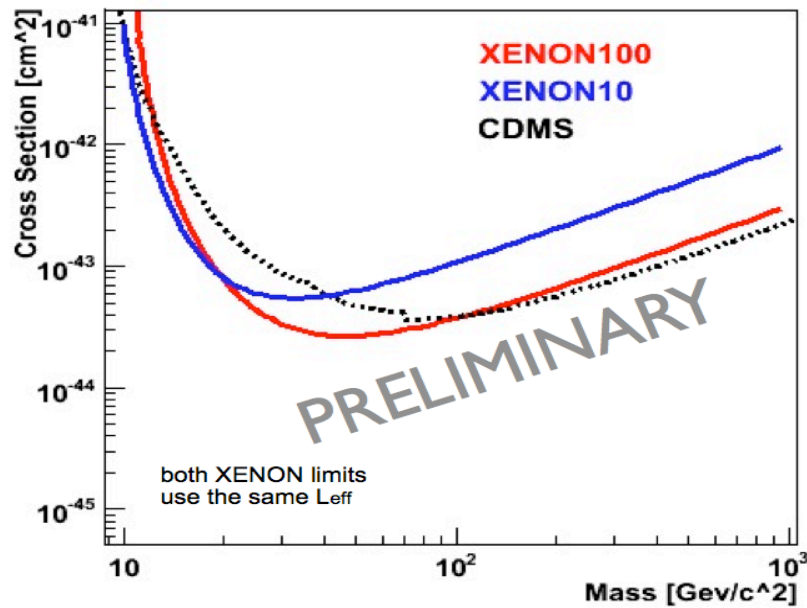
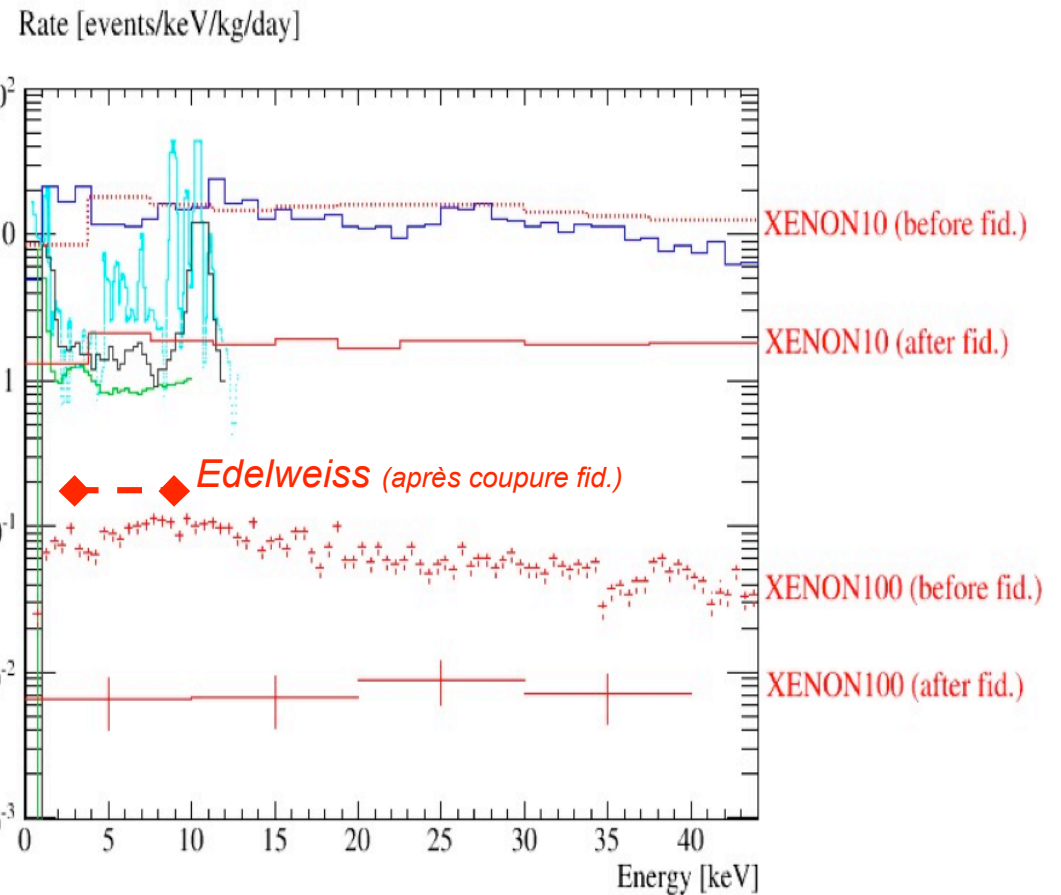


CRESST
arXiv:0809.1829

CoGeNT
arXiv:1002.4703

CDMS
arXiv:0912.3592

DAMA
arXiv:1002.1028



- Un bruit de fond gamma exceptionnel
- Résultats (très) attendus pour cet été

Xenon100

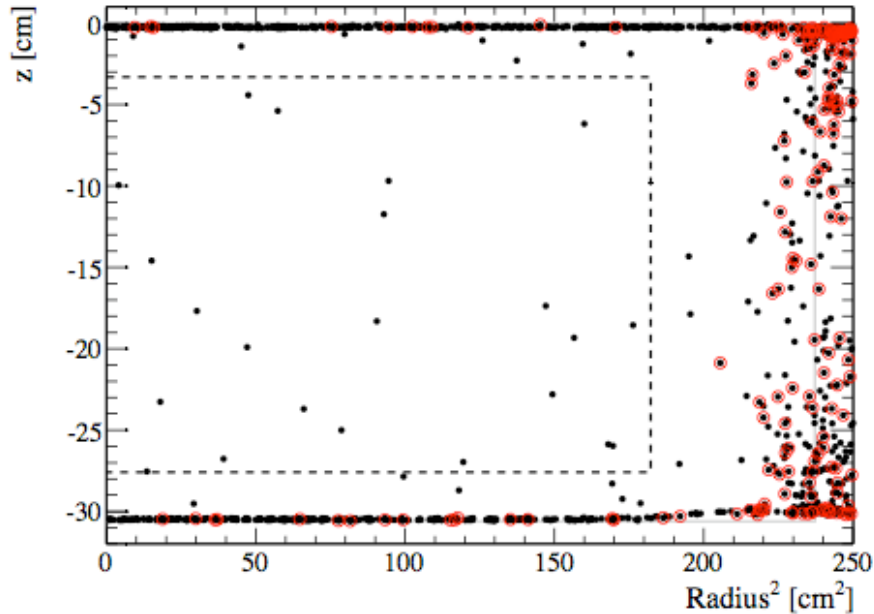


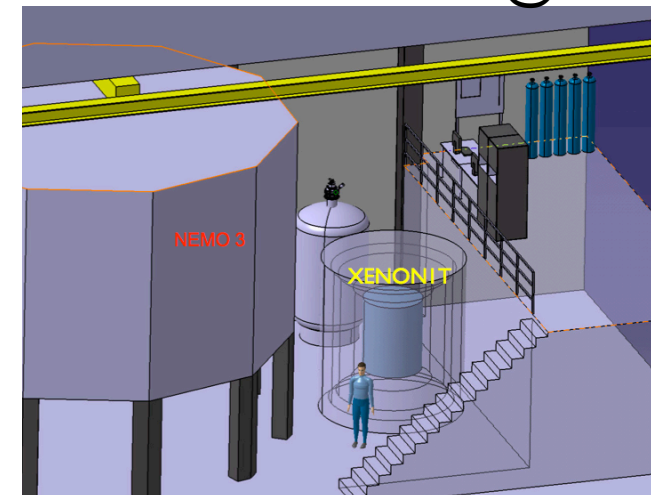
FIG. 4: Distribution of all events (dots) and events below the nuclear recoil median (red circles) in the TPC (grey line) observed in the $7.4 - 29.1 \text{ keV}_{\text{nr}}$ energy range during 11.17 live days. No events below the nuclear recoil median are observed within the 40 kg fiducial volume (dashed).

Distribution
apparemment
homogène du fond
gamma
- limitation bruit de
fond fin 2010?
- Kr ?
- perspectives pour
Xe1T ?

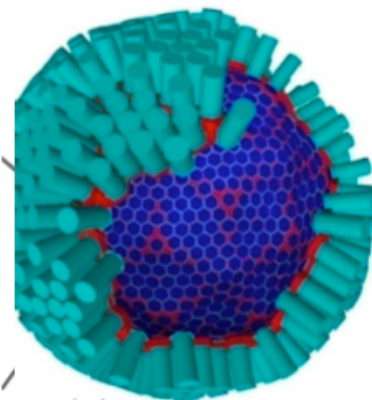
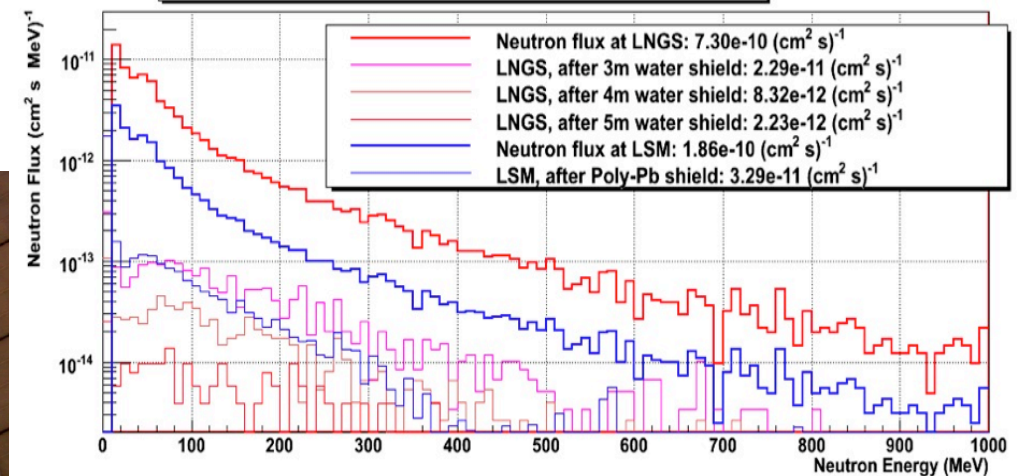
La suite : XENON-1T et autres

- À l'horizon 2015
- Site : LSM ou Gran Sasso
 - LSM plus profond : PE suffit
 - Gran Sasso : blindage eau
- Concurrent direct : LUX-ZEPLIN (US-UK ; entre Xe100 et Xe1T)
- Nombreux autres projets « lourds » en cours ou proposés :
 - Xenon ou Argon
 - A deux ou une seule phase (autoblindage)

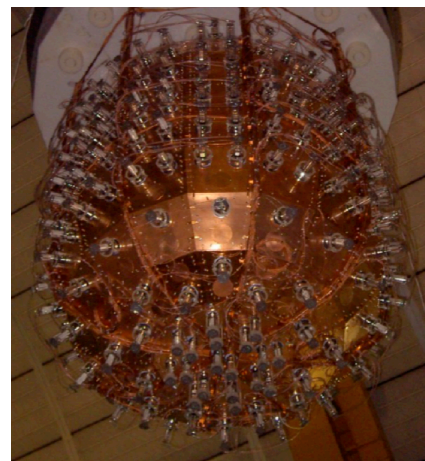
Xenon@LSM



Muon-induced neutrons in rock: at LNGS and LSM



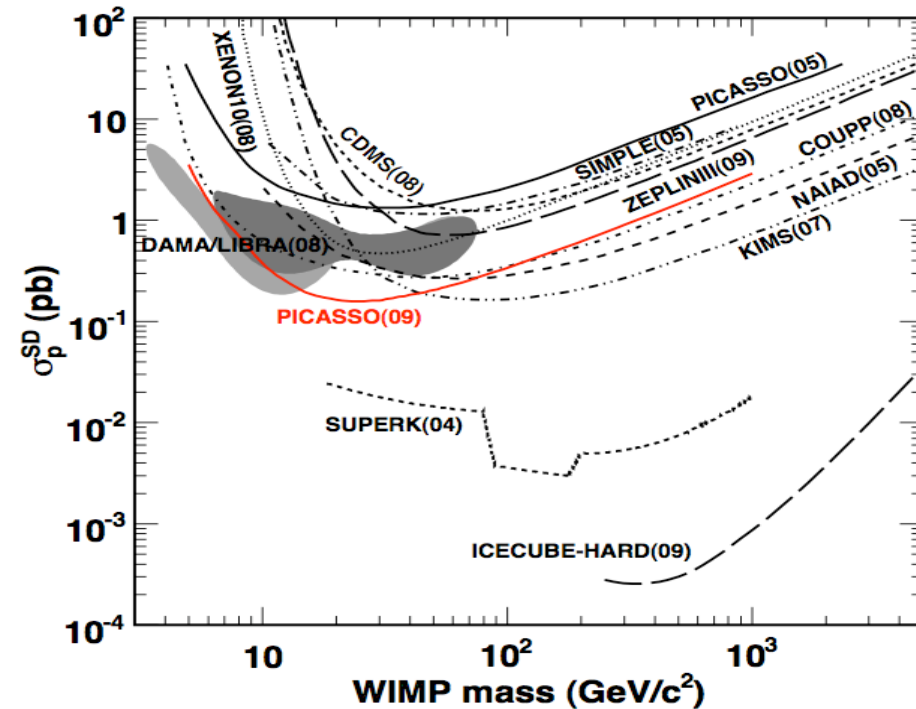
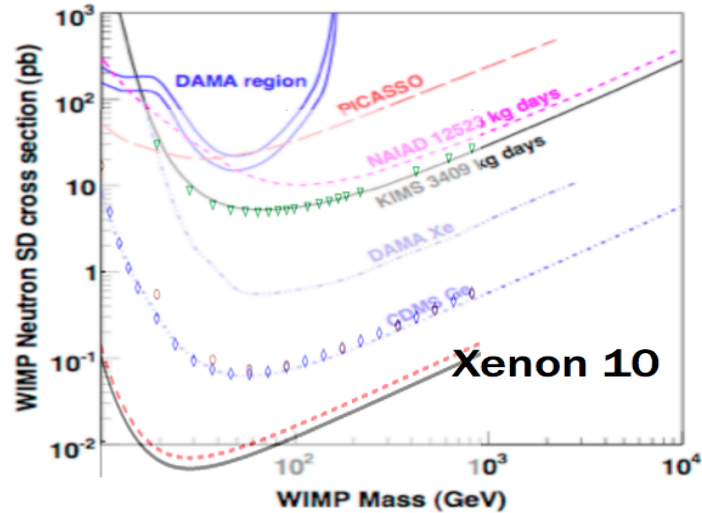
XMASS



WARP

Section efficace spin-dépendante

Couplage au neutron : XENON

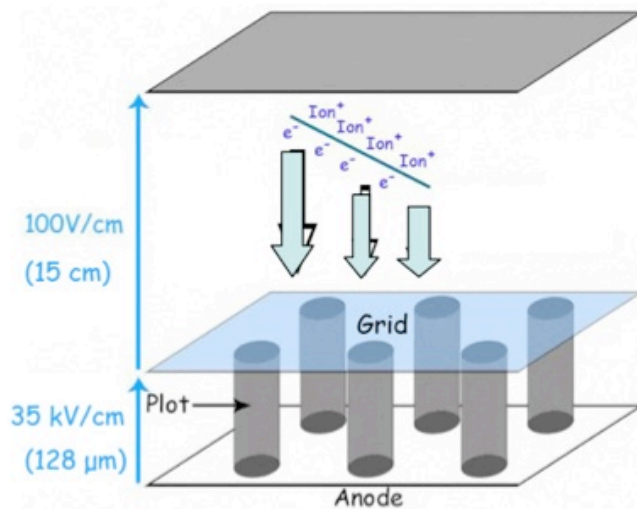
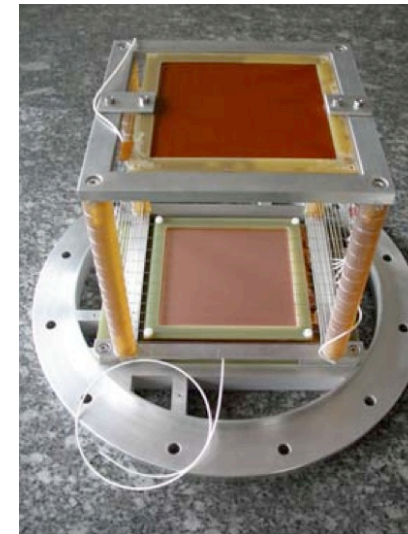


Couplage au proton :

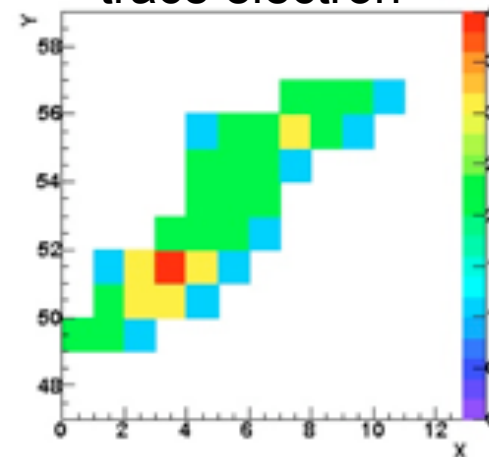
- scintillateurs solides (KIMS)
- chambres à bulles (PICASSO vs COUPP)
- comparaison directe possible avec les limites neutrinos solaires VHE

Directionnalité des reculs : recherche du « vent de WIMPs »

- Plusieurs groupes R&D dans le monde, activité en développement fort
- France : MIMAC = LPSC Grenoble + CEA/Irfu + IRSN
- Micro-TPCs
- Choix du gaz ^4He + C_4H_{10} , 300-350 mb (... ^3He , CF_4)
- Techno. micromegas pour mesure trace + énergie (pixels 0.3mm largeur)

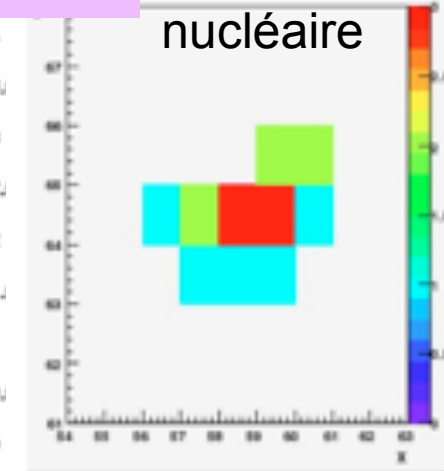


Track trace électron



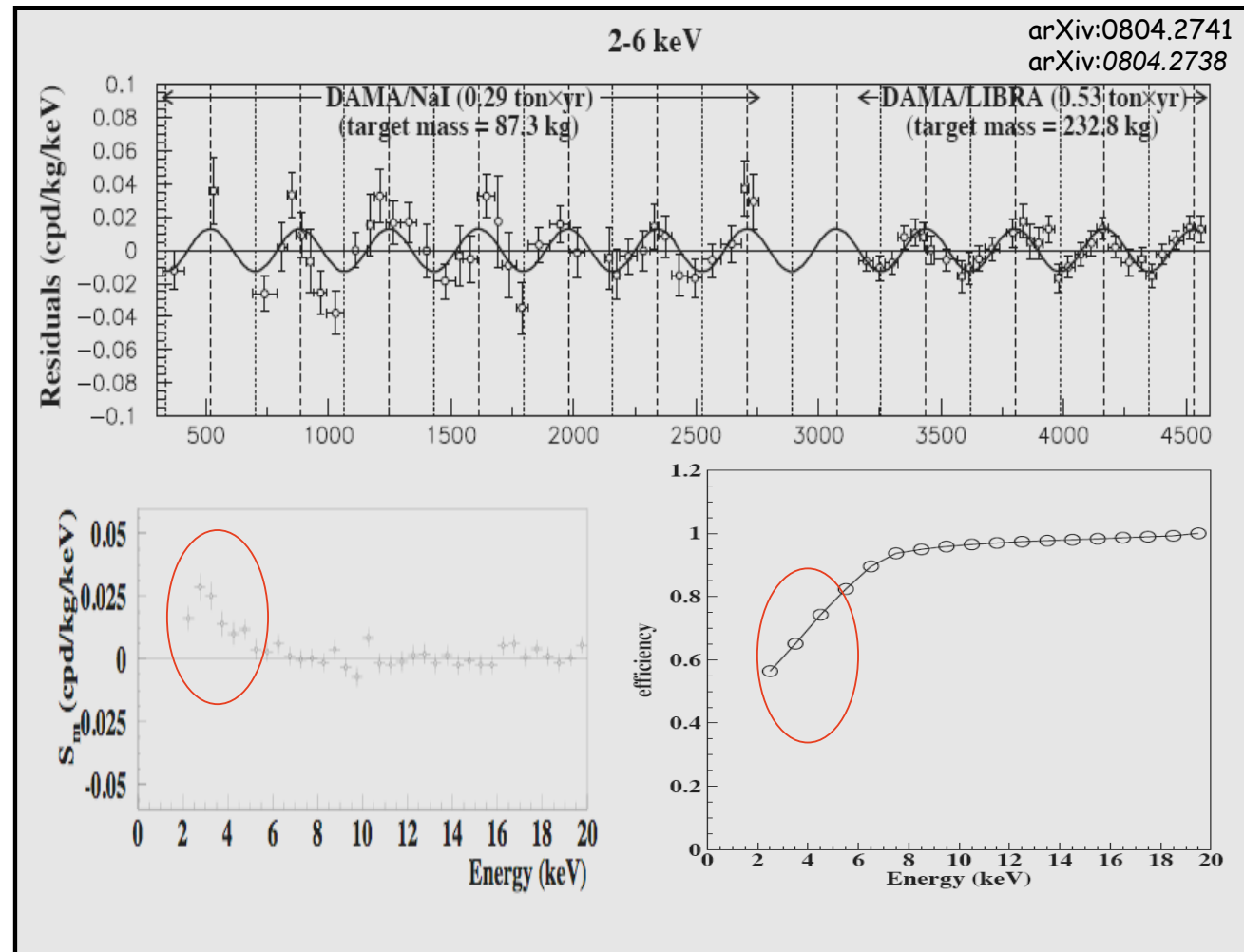
~ 6 keV

trace recul nucléaire



La modulation annuelle de DAMA/LIBRA

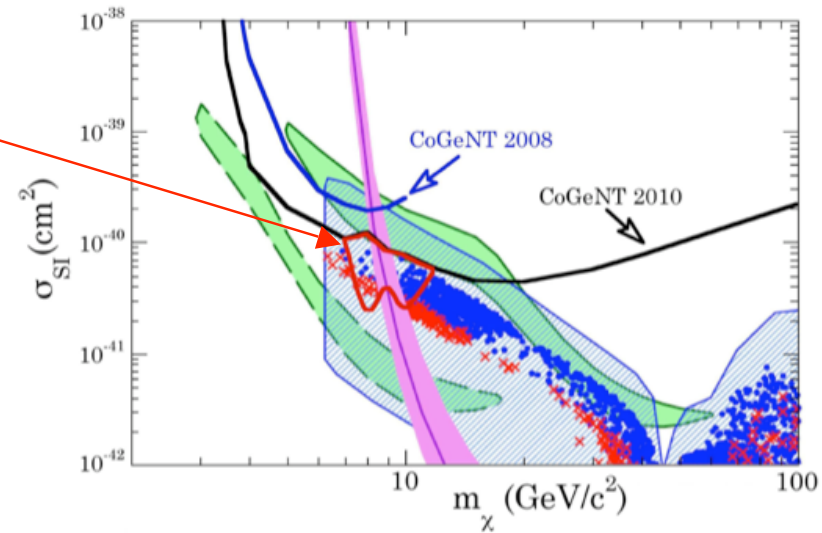
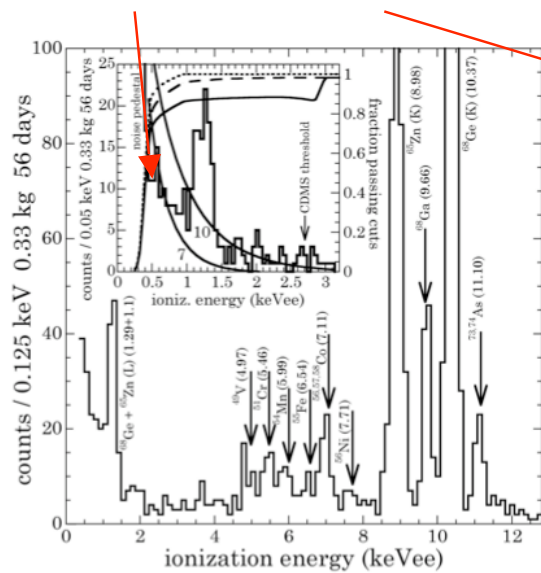
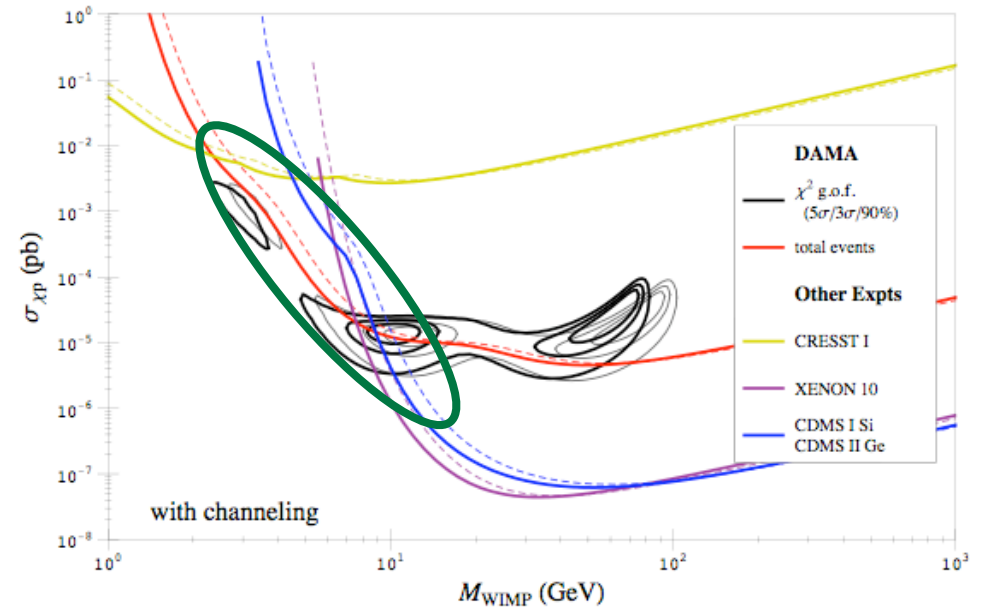
- Modulation du taux d'évts @ basse énergie à 8σ
- Phase correcte (début juin)
- Modulation observée seulement dans les *singles*
- Tout le signal modulé est vers 3keV:
 - pic du K
 - seuil d'acceptance



Résultat difficile à contrôler du point de vue des systématiques
En attente de résultats de KIMS (CsI)

DAMA : La fenêtre « basse masse »

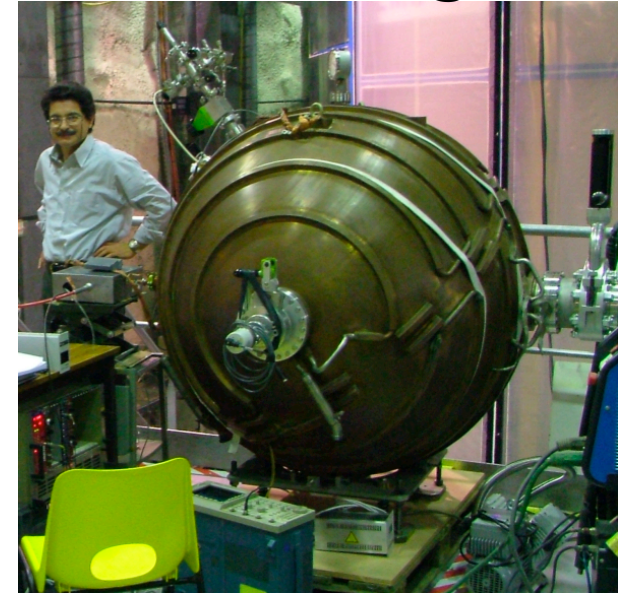
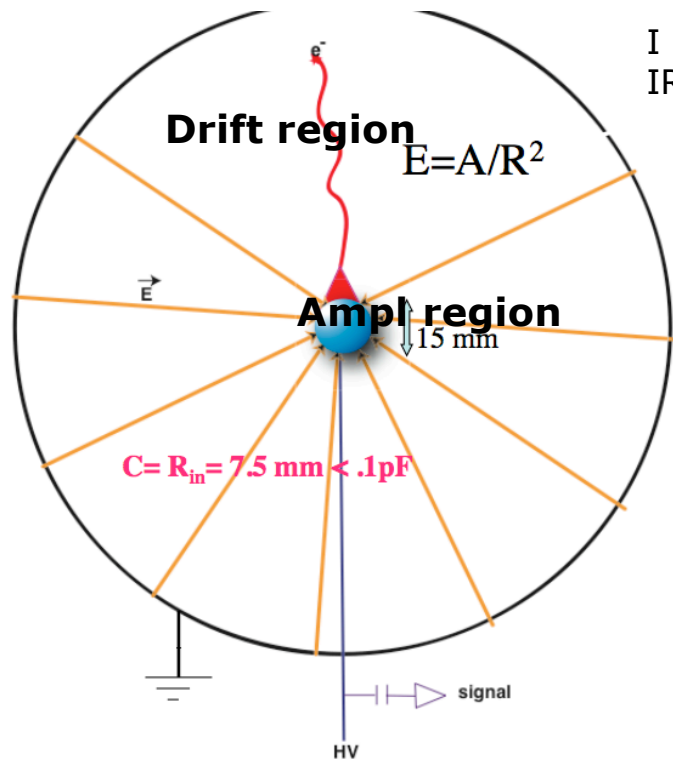
- Domaine de reculs nucléaires où DAMA est ~ compatible avec les autres expériences
- Nécessite excellent seuil mais faible masse suffisante (section efficace élevée)
- Résultats CoGeNT :
 - Détecteurs ionisation Germanium
 - Résolution optimisée
 - Une « queue de distribution du bruit » inexpliquée



➔ Test possible par EDW / CDMS ?

Exemple R&D : chambre proportionnelle sphérique

@ LSM



- Bas seuil (bas C) : 30 eV (CoGeNT = 500 eV)
- Sélection fiducielle (risetime)
- Flexible (P, gaz), robuste, simple..

Applications possibles :

- Haute énergie : neutrons thermiques, spectro neutrons rapides...
- Basse énergie : diffusion cohérente neutrinos
- **Basse énergie : WIMPs de basse masse ?**

(nécessite bas taux de comptage + discrimination des reculs nucléaires)