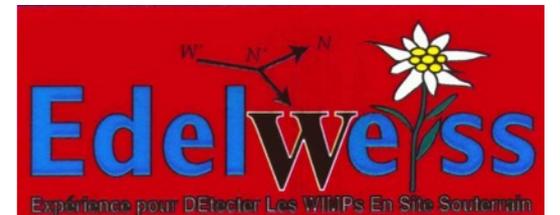


EDELWEISS et la matière noire

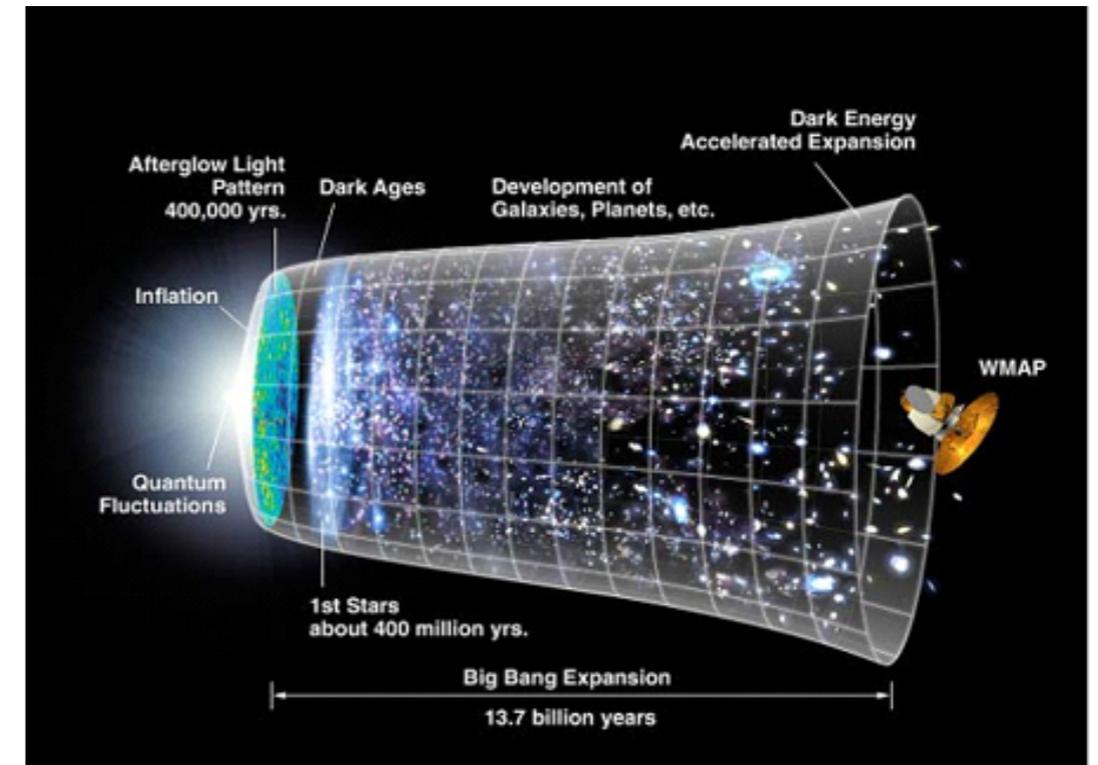
Eric Armengaud
CSTS du SPP - 14 nov. 2014

- **Projet EDELWEISS-III** : situation et objectifs à court terme
- Détection directe de matière noire à l'IRFU : **prospectives**



La matière noire et les WIMPs

- **La matière noire : ingrédient *majeur* de la cosmologie moderne**
- BBN, CMB, formation des structures, dynamique des amas et des galaxies...
- Matière noire : **froide, non baryonique**, interagissant (très) faiblement.
- Physique observée mais non comprise ! Très nombreuses hypothèses



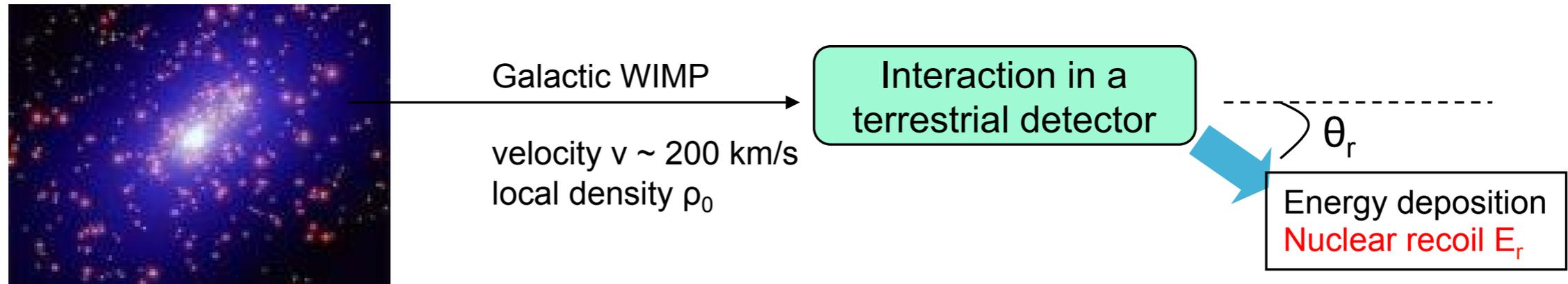
Modèle privilégié par la communauté : les WIMPs (thermiques)

- Interactions « faibles », masse $\sim 100 \text{ GeV} = (m_W + m_H)/2$
- Prédits par modèles BSM de la physique électrofaible (SUSY, dim. suppl., ...)
- Calcul de la densité relique thermique $\Omega_\chi \sim 1$: « miracle WIMP »

$$\Omega_\chi h^2 \simeq \frac{3 \times 10^{-27} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-1}}{\langle \sigma v \rangle}$$

Projet EDELWEISS-III

La détection directe des WIMPs et EDELWEISS



- **Détection directe des WIMPs :**

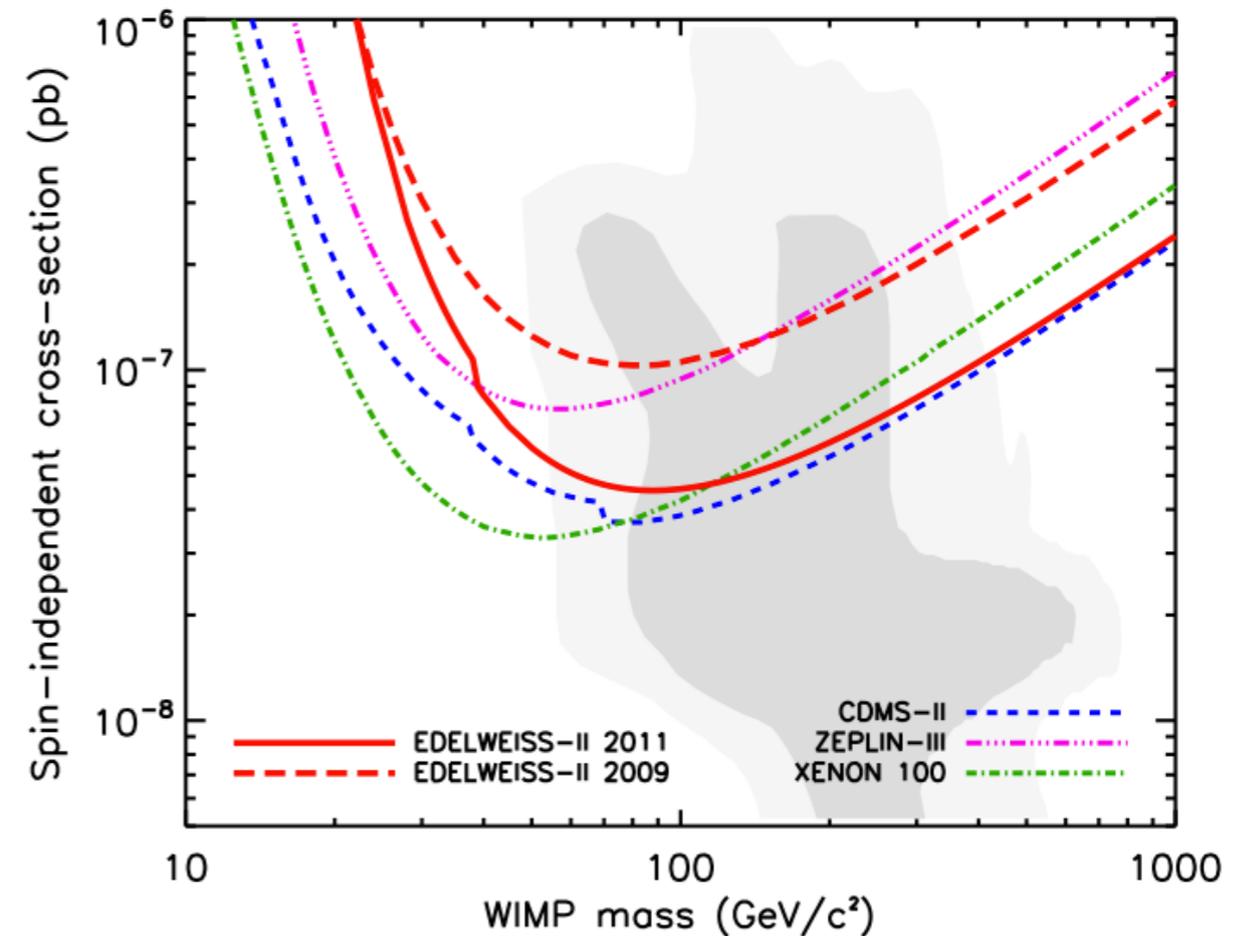
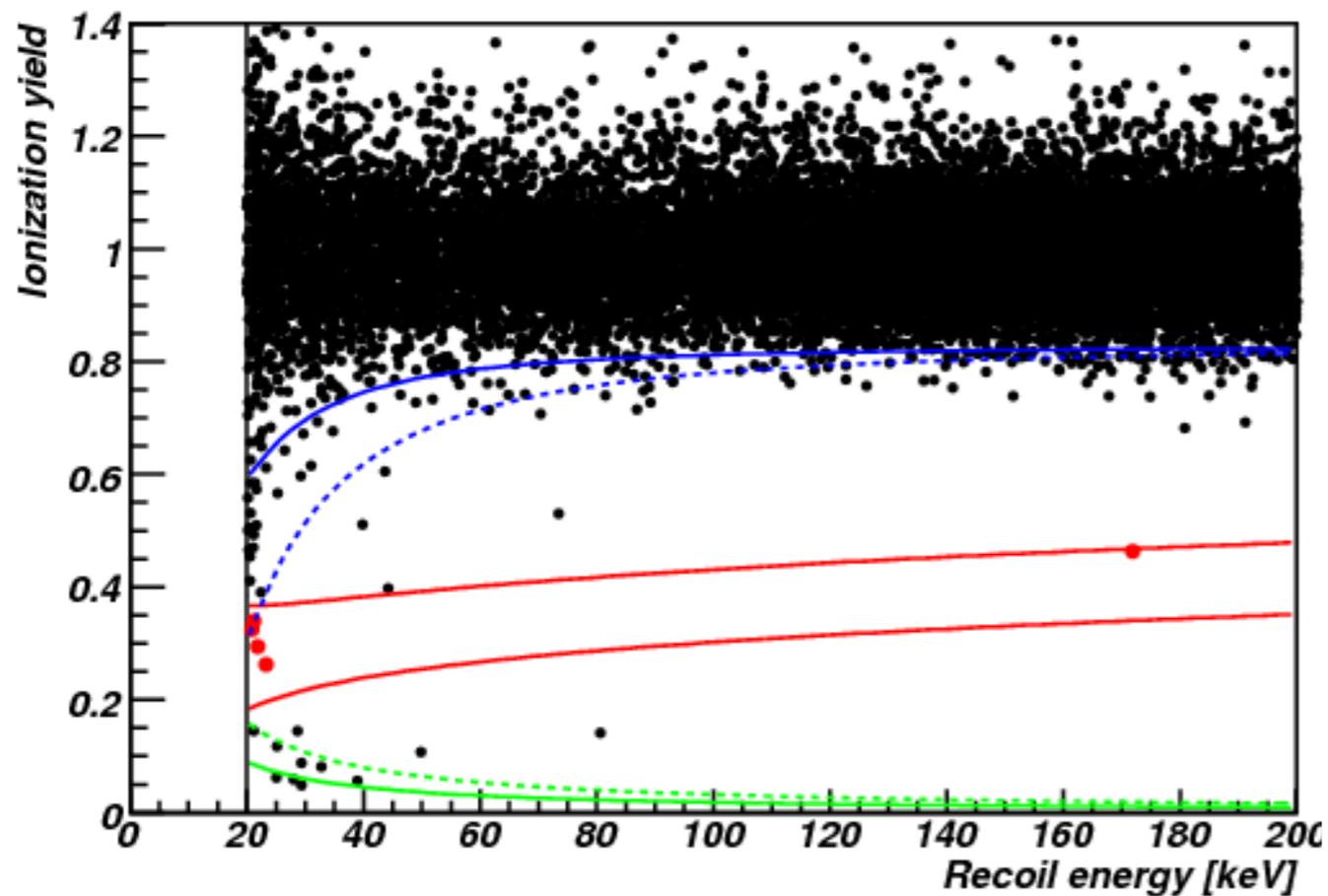
- Cible massive, bas seuil de détection $E_r \sim 10$ keV
- Réjection des bruits de fond : passive (installation blindée souterraine) + active (design du détecteur)
- Nombreuses technologies et expériences

- **EDELWEISS : bolomètres cryogéniques chaleur - ionisation**

- Détecteurs innovants, R&D depuis les années 90
- Réjection remarquable des bruits de fond (gammas, betas) avec l'ionisation
- Infrastructure au Laboratoire Souterrain de Modane

Bilan d'EDELWEISS-II

- Début difficiles : première génération de détecteurs aux capacités de réjection insuffisantes
- **10 détecteurs « ID »** (InterDigit) ~ 1.6 kg effectif
- **400 kg-jours** acquis en 2009-2010
- **Meilleure sensibilité mondiale** combinée avec CDMS en 2011

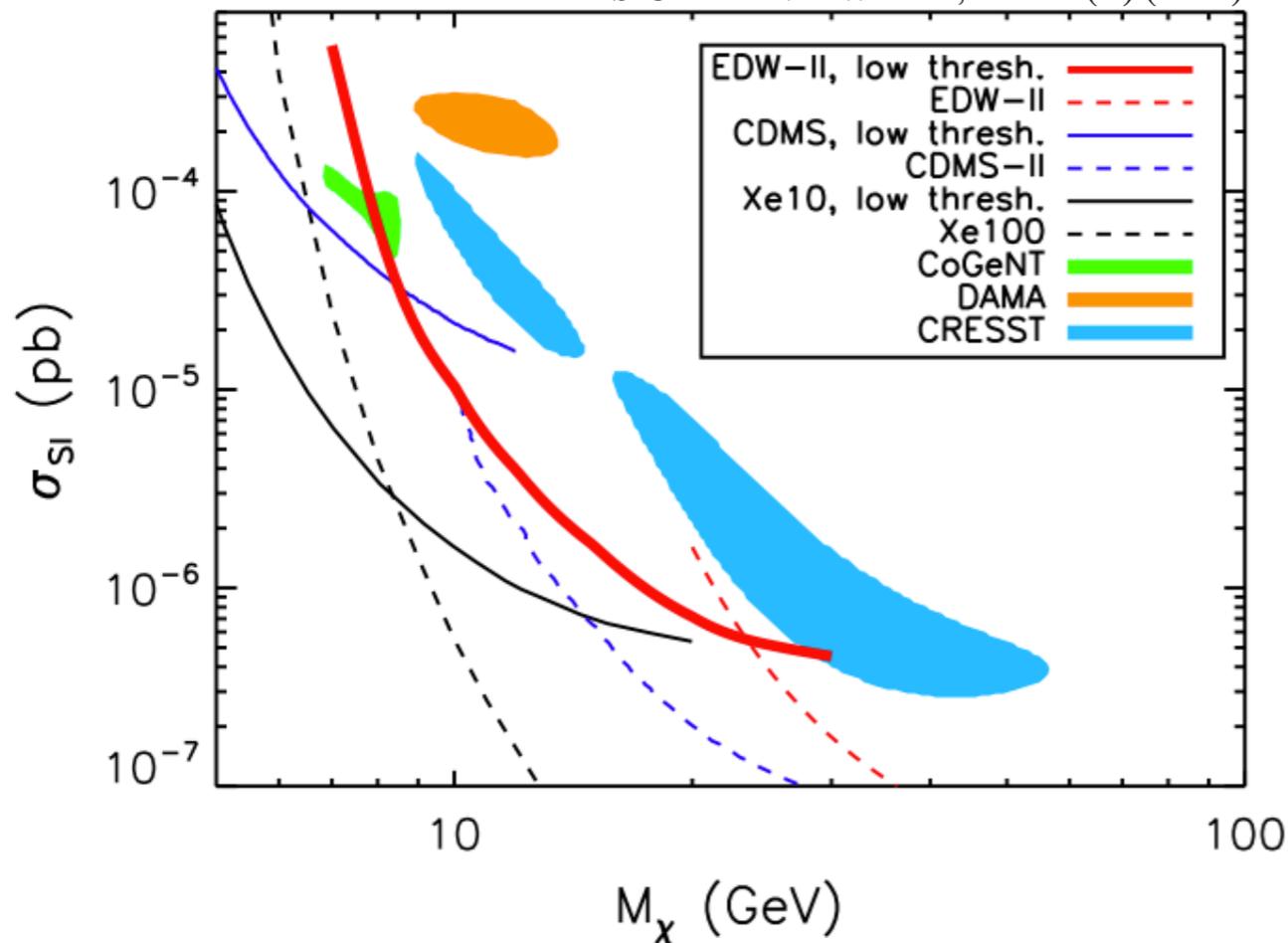


EDELWEISS-II : nouvelles analyses de physique (SPP)

WIMPs de basse masse

- Analyse optimisée bas seuils
- Limite robuste « background-free »

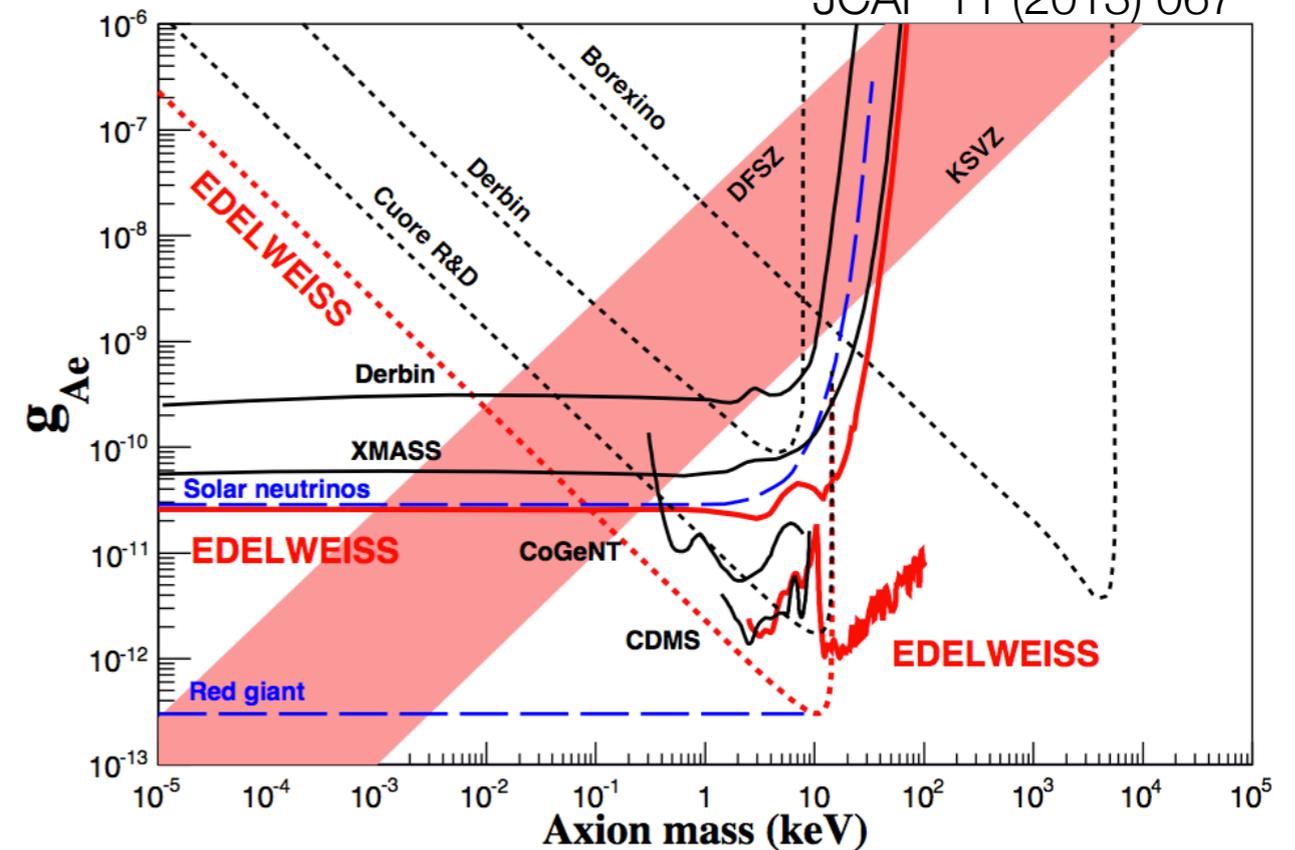
PHYSICAL REVIEW D 86, 051701(R) (2012)



Axions

- 4 canaux de détection explorés (axions solaires et matière noire)
- Largement complémentaire des autres recherches (CAST, XENON, ...)

JCAP 11 (2013) 067



Le projet EDELWEISS-III

Projet ANR 2010

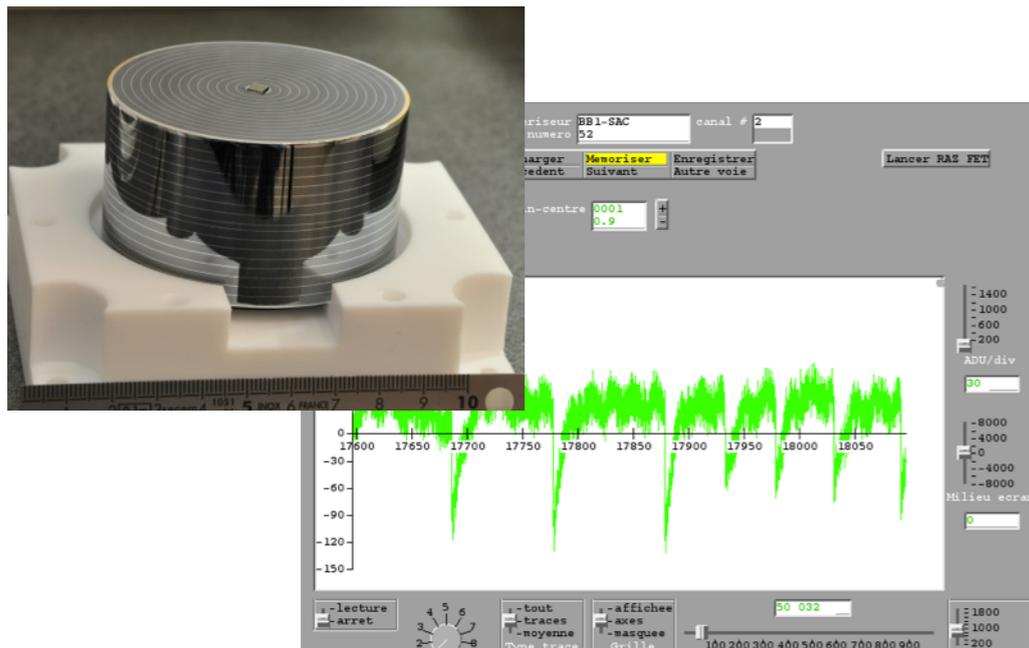
~ 40 détecteurs « FID800 » (Full InterDigit, 800g) : volume fiduciel augmenté, réjection gamma améliorée (absence de garde), 4 voies ionisation + 2 voies chaleur

Masse effective 24 kg ~ XENON100

Upgrades câblage, électronique, acquisition (nb de voies, résolution)

Upgrades cryostat, blindages (amélioration bruit de fond neutrons)

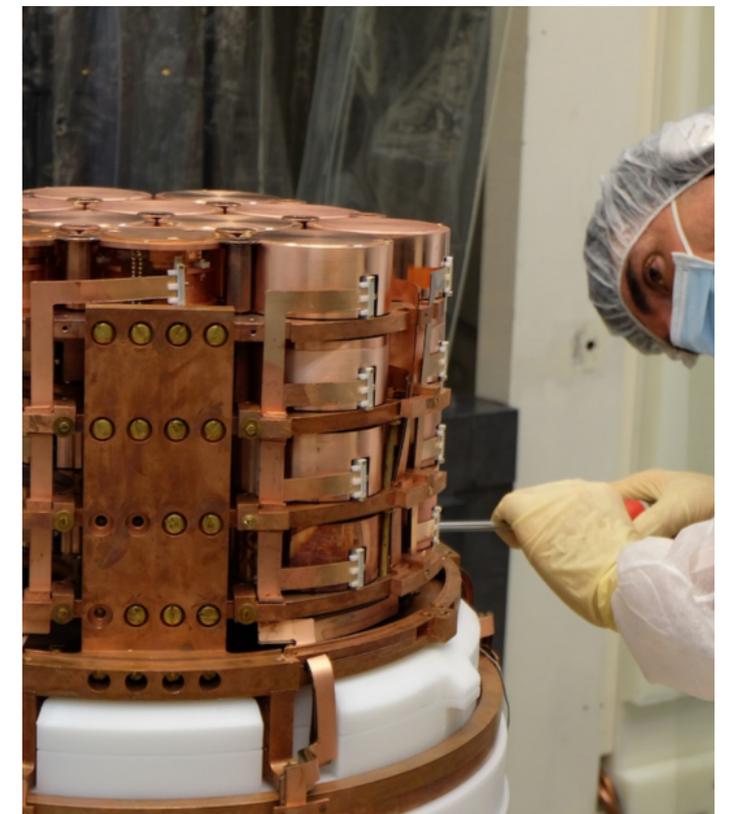
⇒ **3000 kg-jours en 2012, sensibilité ~ 5×10^{-9} pb @ 100 GeV ~ XENON100**



Difficultés principales :

- Courants de fuite entre électrodes des FID
→ R&D sur les traitements de surface 2011-2012
- Opération du cryostat à dilution au LSM
- Installation blindages, câblages, etc.

⇒ délai ~ 2 ans 1/2



Fabrication et installation des FID800

Printemps 2014



EDELWEISS-III : Situation actuelle

- **Run 308 : prise de données de physique depuis l'été 2014.**

24 détecteurs câblés / 36 installés, 20 détecteurs ok pour la physique.

Infrastructure fonctionnelle mais blindage PE partiel. Simus : bruit de fond neutrons reste ok.

Risque principal = panne cryogénie.

Données de fond prioritaires (WIMP), calibrations gamma, calibration neutrons faite.

→ Premiers résultats hiver 2015, ~ 3000 kg-jours vers l'été 2015

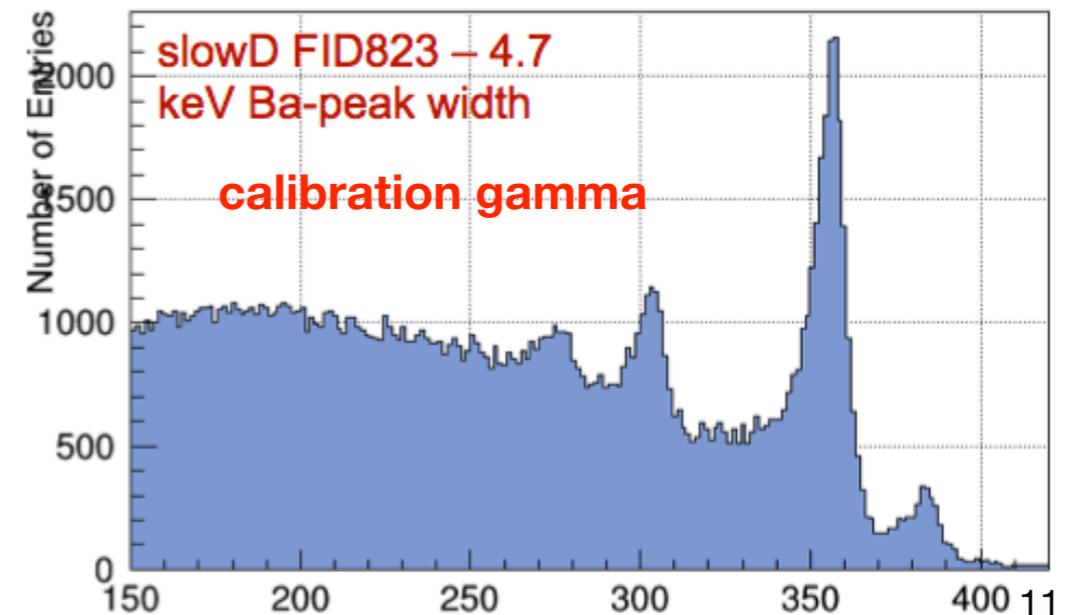
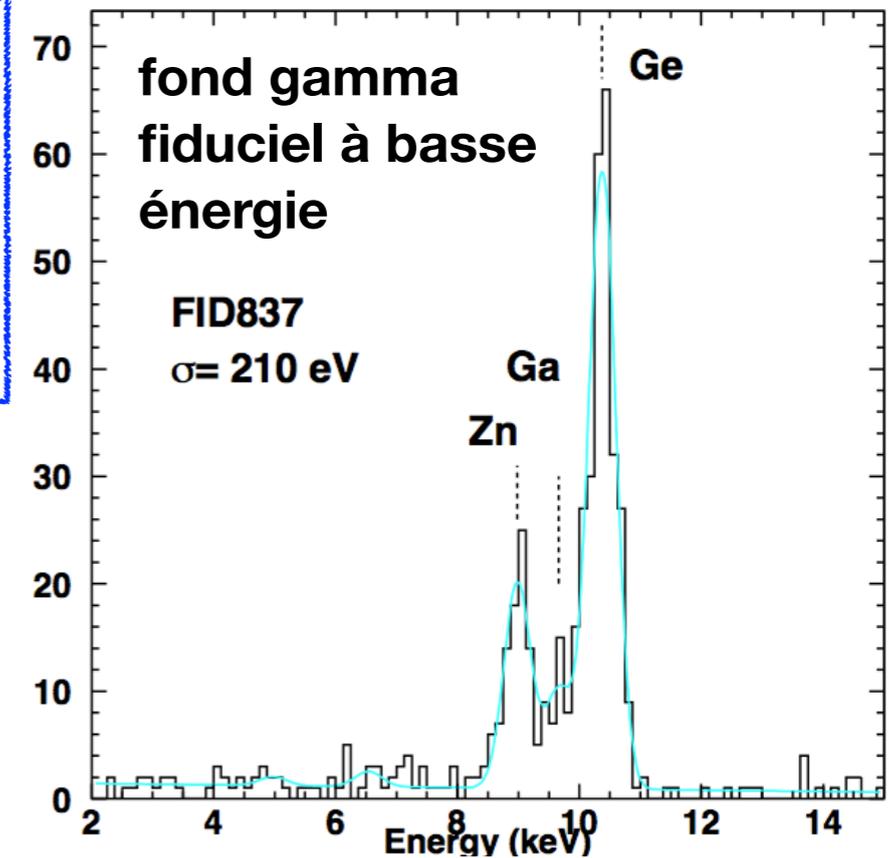
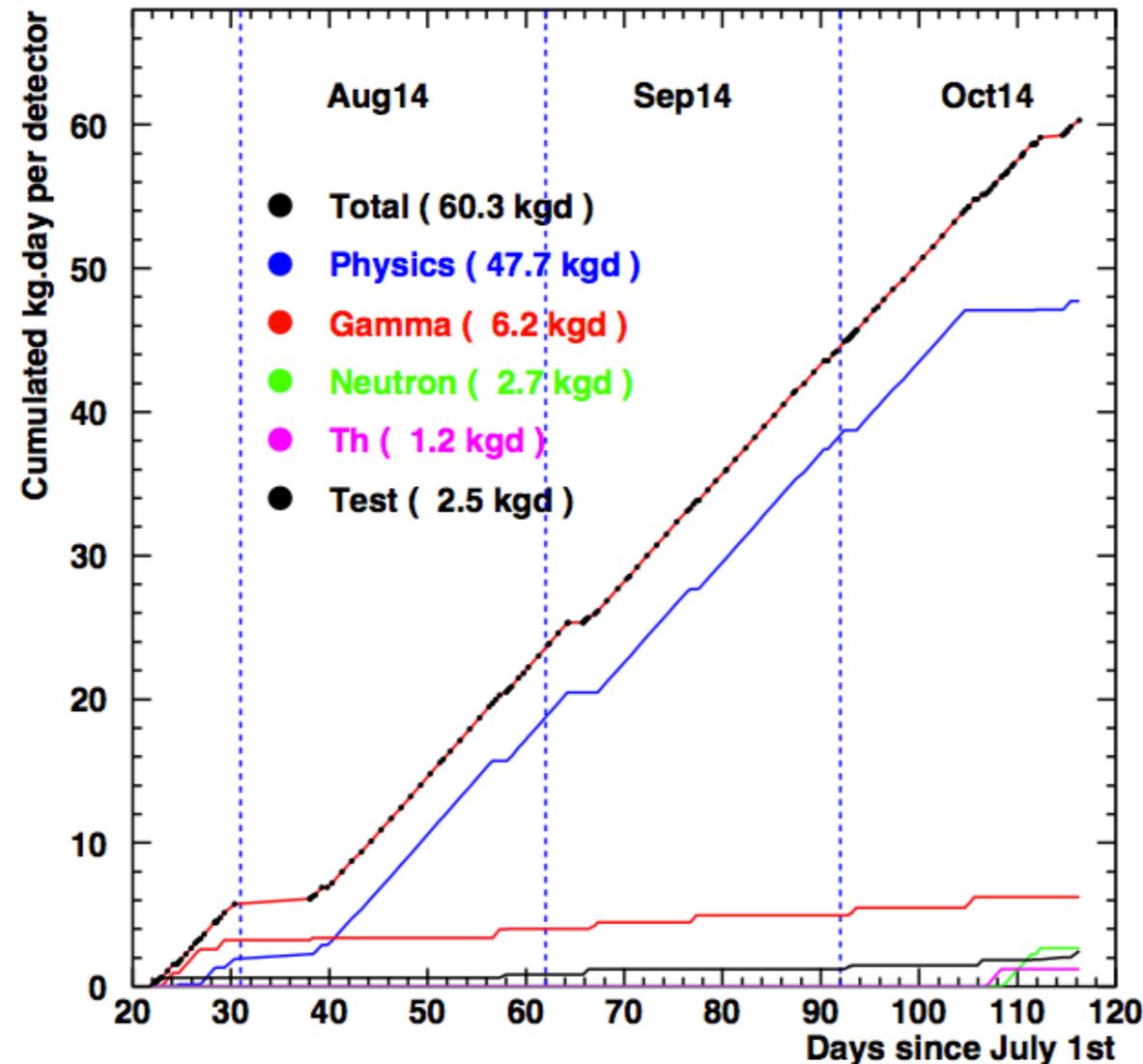
- **Objectifs après les résultats de XENON100 et LUX :**

1) Démontrer la sensibilité aux WIMPs « massifs » (100 GeV) : faisabilité de la technologie à l'échelle de la tonne, en cas de signal.

2) Recherche de WIMPs de « basse masse » (5-10 GeV). Fortes limitations du xénon pour ces masses. C'est aussi le but principal de SuperCDMS.

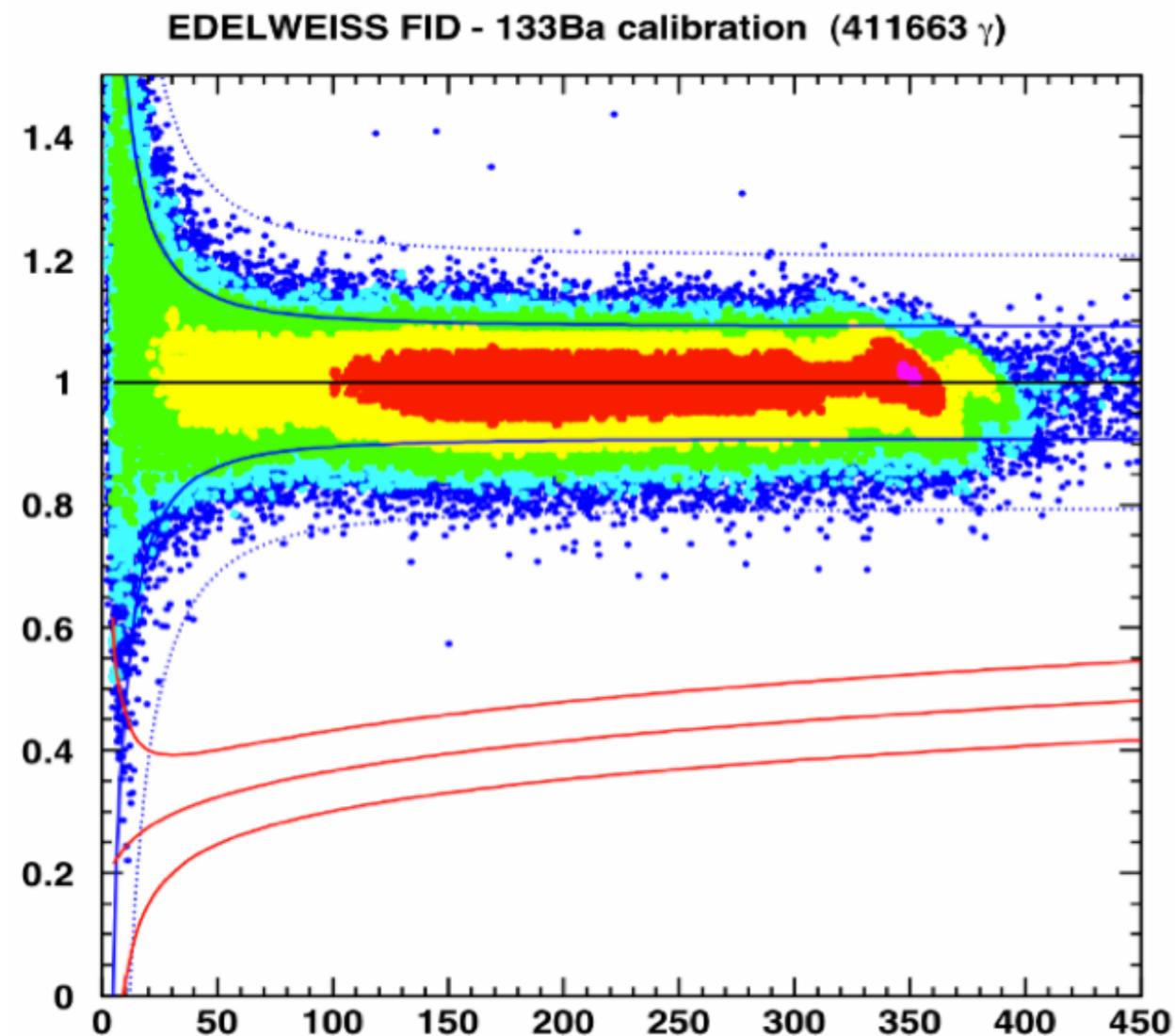
Run 308 : performances

- **Exposition WIMP se rapproche de la tonne-jour.**
- Performances des détecteurs ok, en particulier excellentes résolutions ionisation (→ WIMPs basse masse).
Résolutions ionisation ~ 500 eV, chaleur 300-1000 eV FWHM
- Bruits de fond gamma, beta au niveau attendu.
- *Analyses en cours...*

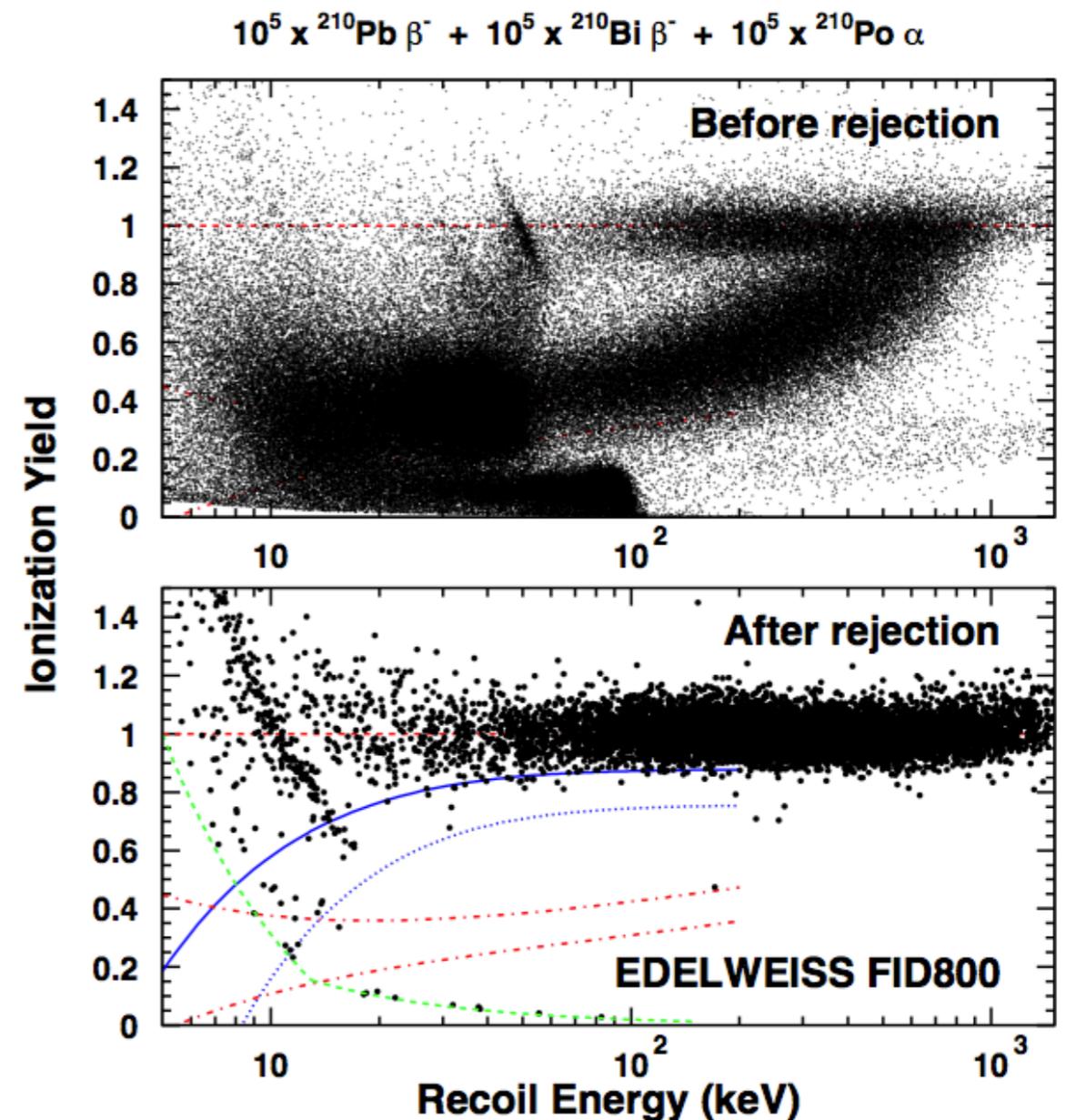


Rejet des bruits de fond : performances publiées

Rejet gammas (fiduciels) :
calibrations avec sources ^{133}Ba
confirmation en cours avec données Run 308

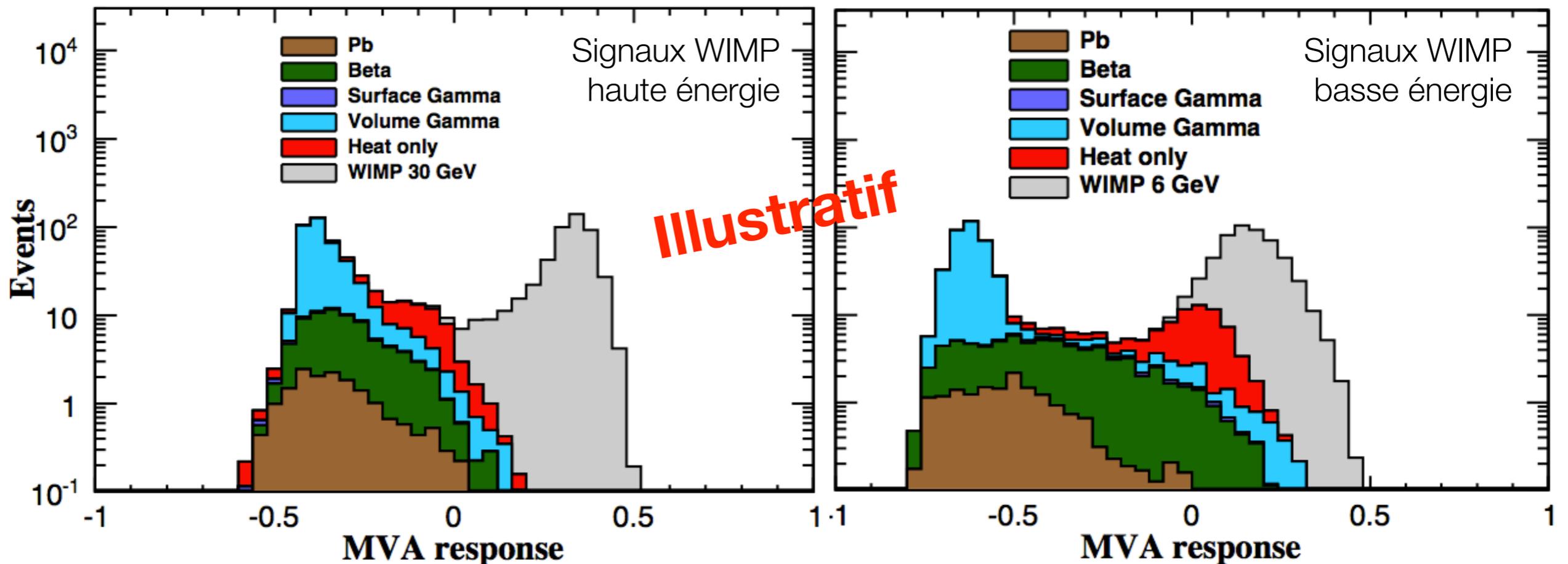


Rejet betas (événements de surface) :
« calibration » avec source ^{210}Pb



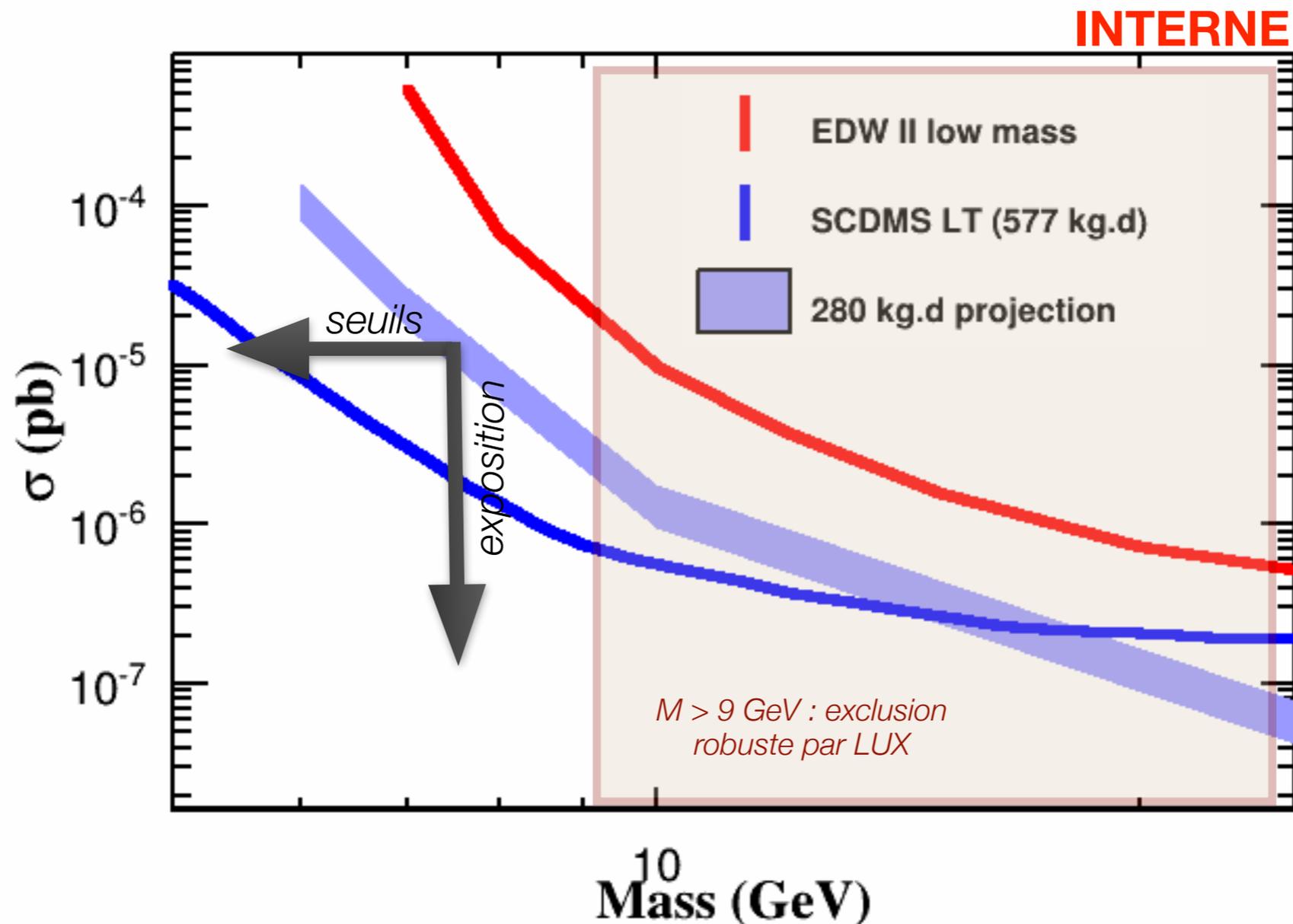
Vers les basses masses : analyses Run 308 (SPP)

- Analyse multivariée à partir des signaux des 4 ionisations + 2 chaleurs.
- Bruits de fond « data-driven » + simus.
- Bruit de fond important des événements chaleur seule.
- Systématiques à l'étude ...



Sensibilité projetée basses masses à court terme

- Analyse en cours SPP (systématiques pas encore prises en compte)
- Sensibilité estimée avec les données déjà acquises : entre EDELWEISS-II (2012) et SuperCDMS (2014).

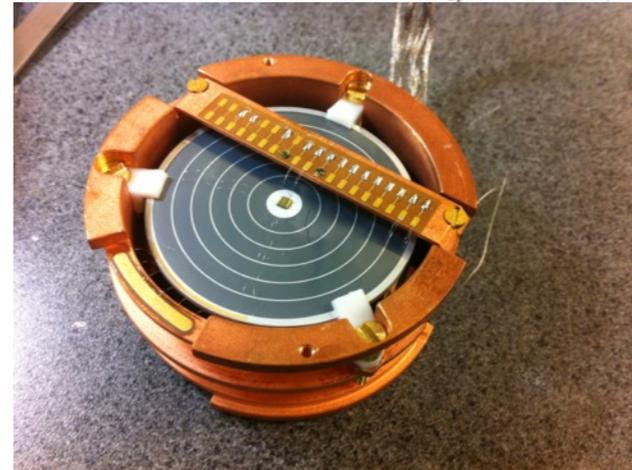
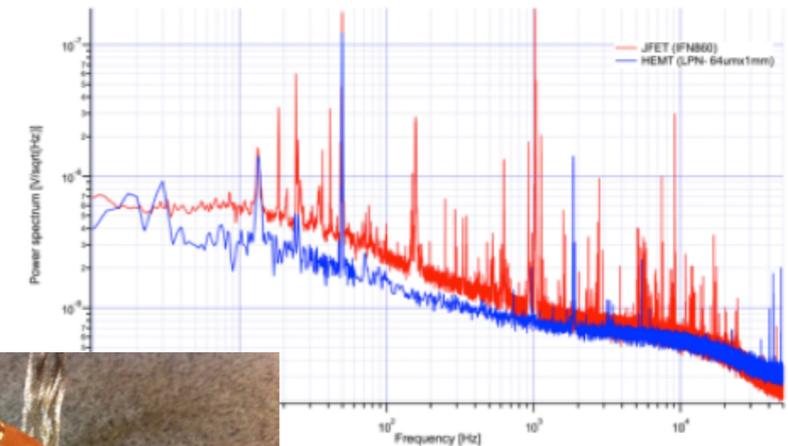


Vers les basses masses : R&D en cours

Objectif : baisser les seuils de détection et de réjection

- **Amélioration de la résolution ionisation avec amplificateurs HEMTs (P2IO) :** tests en cours, bruits des amplis « nus » ok.
- **Fonctionnement haute tension (≥ 100 V) :** « boost par effet Joule », baisse du seuil chaleur. Premiers résultats prometteurs.
- Autres études sur le fond « chaleurs seules » et les senseurs chaleurs : tests bolomètres dans autre cryostat, senseurs « méandres », MMC...

spectres de bruit HEMT vs JFET mesurés au CSNSM



Détecteur FID200 sous haute tension au CSNSM



détecteur ID installé pour test au LNGS

Perspectives pour l'expérience EDELWEISS

- **Options pour fin 2015 - 2016 :**
 - Accumuler 10 tonnes-jours avec les 35 détecteurs.
 - Équiper quelques détecteurs avec HEMTs / haute tension pour run rapide dédié « physique basses masses » en 2015-2016
- **L'infrastructure existante** : plateforme R&D avancée « bolomètres massifs » / recyclage pour double beta
- Collaboration EURECA (EDELWEISS+CRESST) : CDR rédigé
- **SuperCDMS @ SNOLab** : approuvé P5 pour début 2018
 - Physique : WIMPs basses masses, diffusion cohérente de neutrinos
 - Apports possibles d'EDELWEISS : masse de détecteurs, expertises cryogénie, basse radioactivité, R&D détecteurs, électronique froide
 - Importance des prochains résultats d'EDELWEISS
 - Groupes allemands EURECA : projet de tour de détecteurs EDW compatible avec SuperCDMS

IRFU : EDELWEISS 2015-2016

Rôle majeur de l'institut dans EDELWEISS-III :

- senseurs NTD
- écrans thermiques et de polyéthylène
- électronique et acquisition
- runs et analyses
- R&D basses masses

⇒ **Demandes pour 2015 et 2016 :**

- Suivi technique, prise de données et analyses pour le run en cours EDELWEISS-III
- Améliorations hardware pour les basses masses à court terme (HEMTs)

Prospective : détection directe de matière noire

Des années 1980 aux années 2020 ...

Années 1980

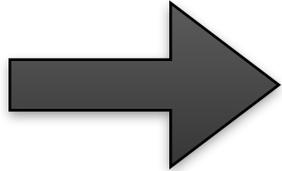
- Modèle standard peu contraint, physique électrofaible BSM attendue
- Indications de matière noire (courbes de rotation des galaxies), observables cosmologiques limitées

⇒ Scénario WIMP « privilégié » si la matière noire existe

2014

- Modèle standard testé remarquablement
- Cosmologie de précision : rôle clef de la matière noire froide non baryonique

⇒ Hypothèse WIMP pour la matière noire : toujours possible mais pas certain

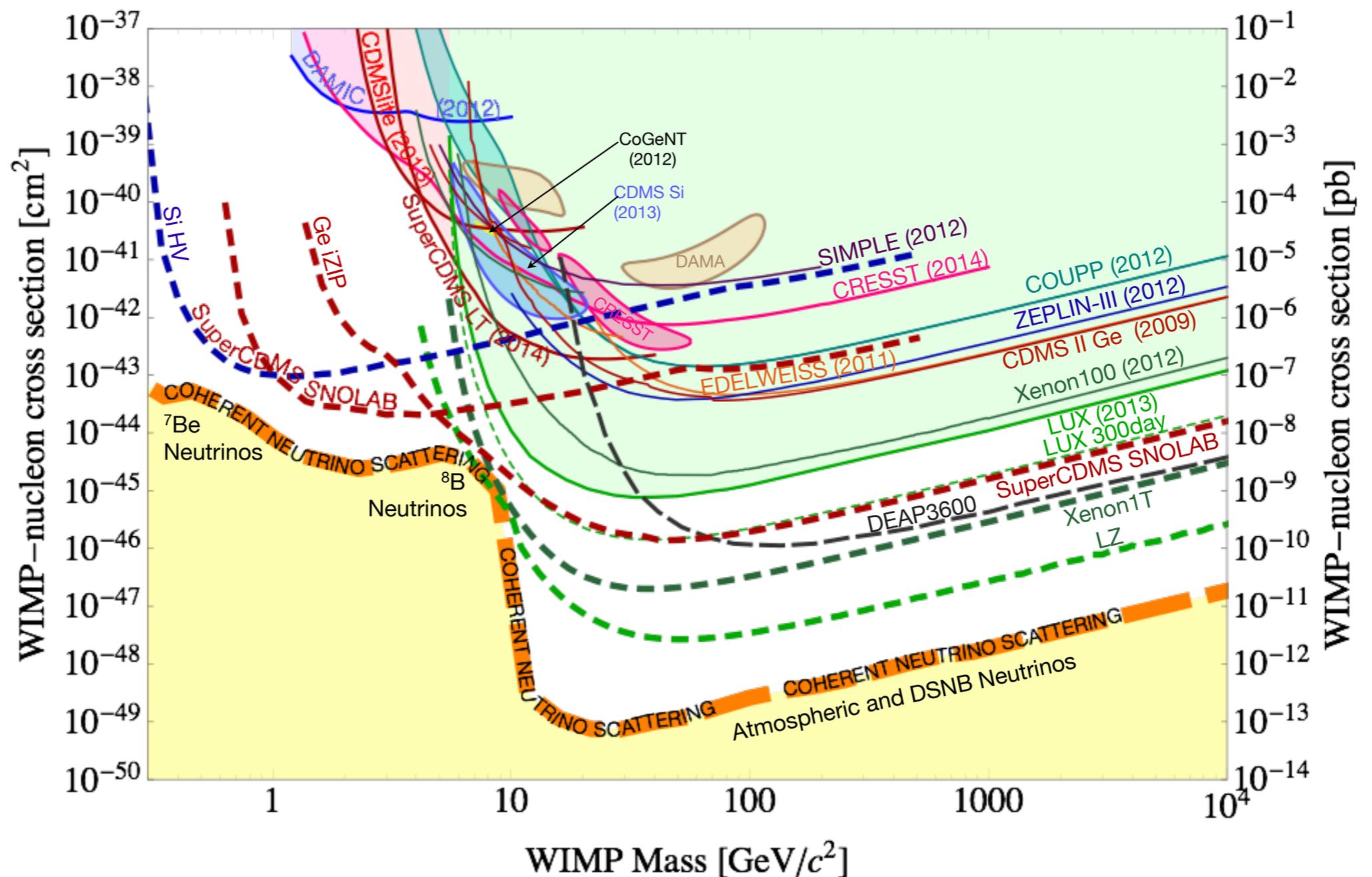
- 
- ***La nature de la matière noire : sujet plus chaud que jamais***
 - Il faut **continuer à chercher les WIMPs thermiques** en parallèle des expériences sur accélérateur et de la détection indirecte
 - Il faut aussi **tester d'autres modèles de matière noire.**
ex. particulièrement motivé: axions QCD au μeV

Détection directe des WIMPs : prospective

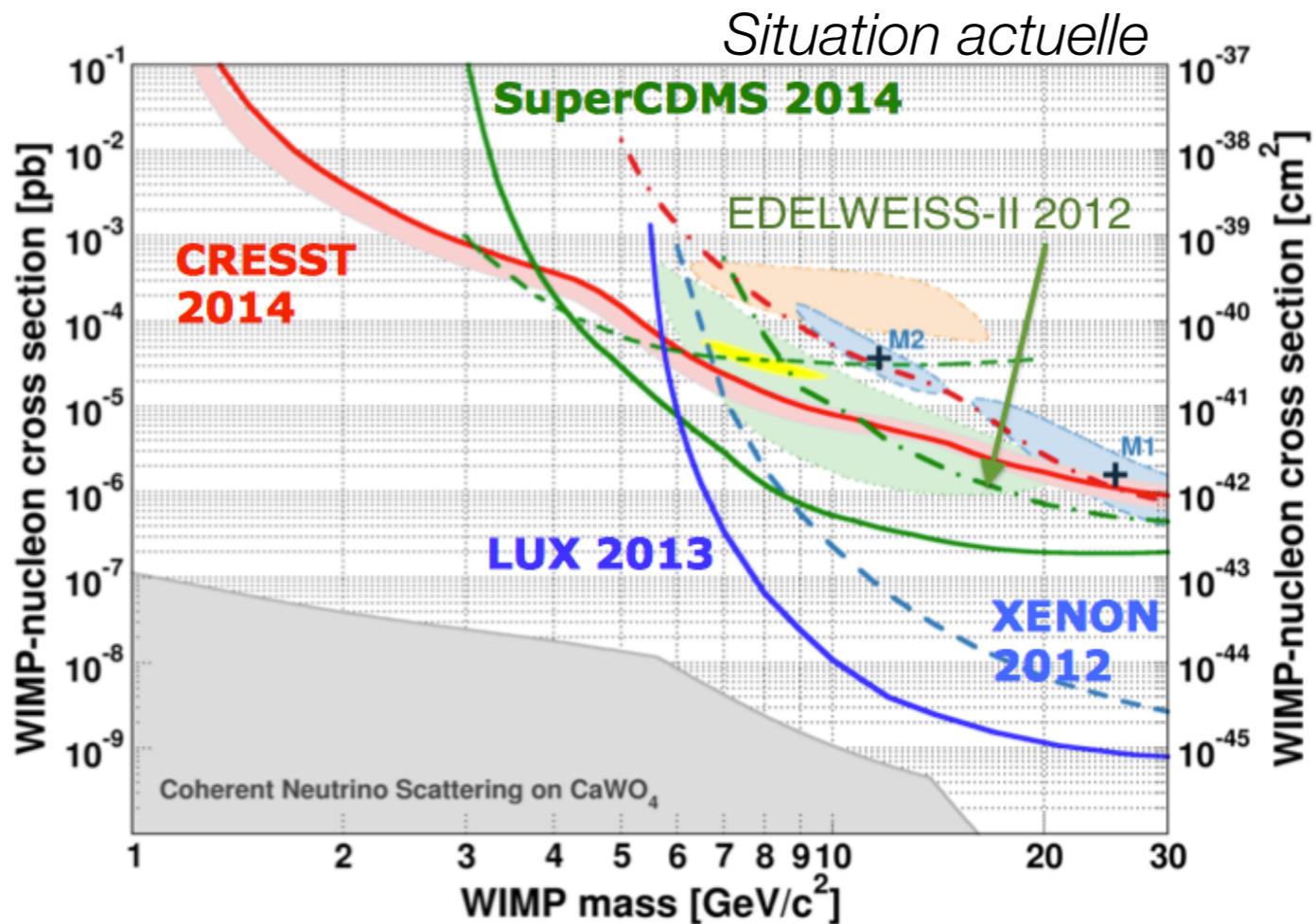
P5 - Projets US

financés : LZ, SuperCDMS, ADMX (axions)

« Hautes masses : xénon , basses masses : bolomètres » (+ neutrinos solaires)



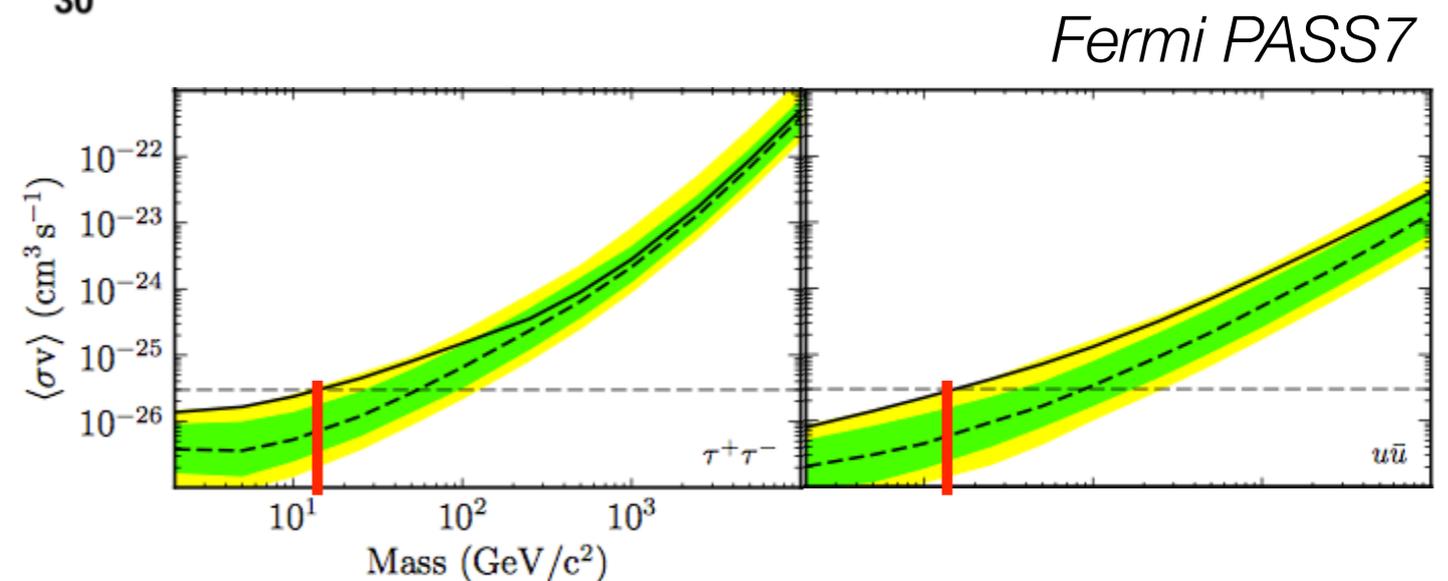
Plus sur les « WIMPs de basse masse » »



Technologie Xénon : potentiel limité

WIMPs thermiques : basses masses fortement contraintes (eg. Fermi, galaxies naines)

⇒ modèles « exotiques » par ex. matière noire asymétrique



Prospectives pour l'IRFU

- **Désengagement possible de la DSM du LSM** : sans influence sur nos activités présentes ou à venir (?)
- **Implication dans EURECA/SuperCDMS** : participation « de veille », attente résultats LHC-Run2 / XENON1t
- **XENON1(n)t** : un peu tard
- **R&D directionnalité** : MIMAC ; cristaux anisotropes
- **Détecteur sphérique gazeux** pour les basses masses
- **Axions matière noire** : dans IAXO (CDR) ?
- **Expertise « bolomètres cryogéniques massifs »** : filière double beta ; synergies R&D WIMPs / double beta