

# Premiers résultats de l'expérience de recherche directe de matière noire XENON1T

Julien Masbou  
Julien.masbou@subatech.in2p3.fr

# ***Ce que la matière noire n'est pas***

---



## *Ce que la matière noire n'est pas*

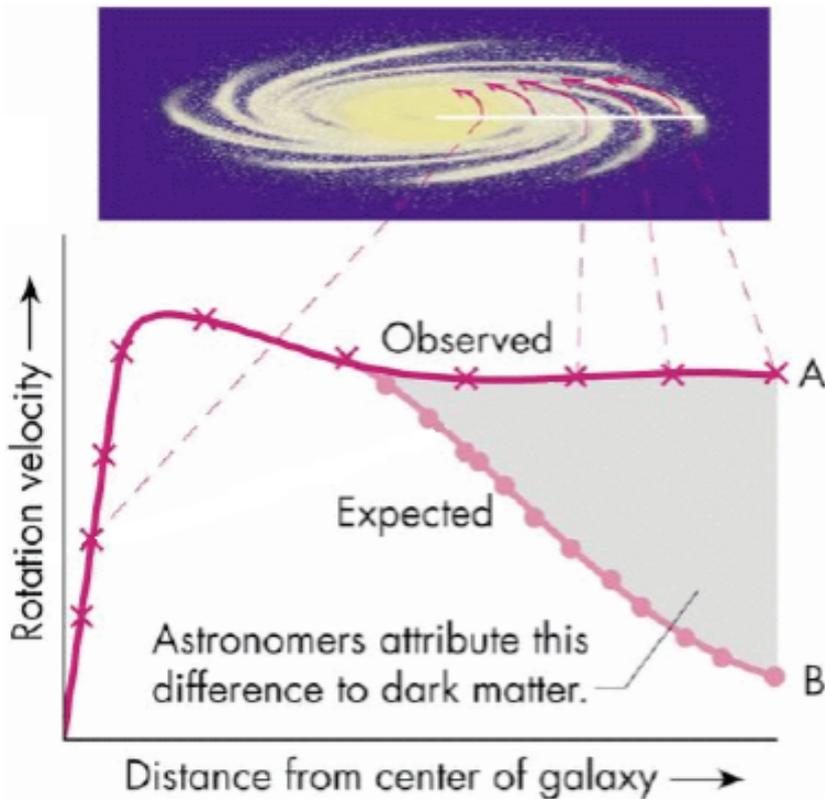
---



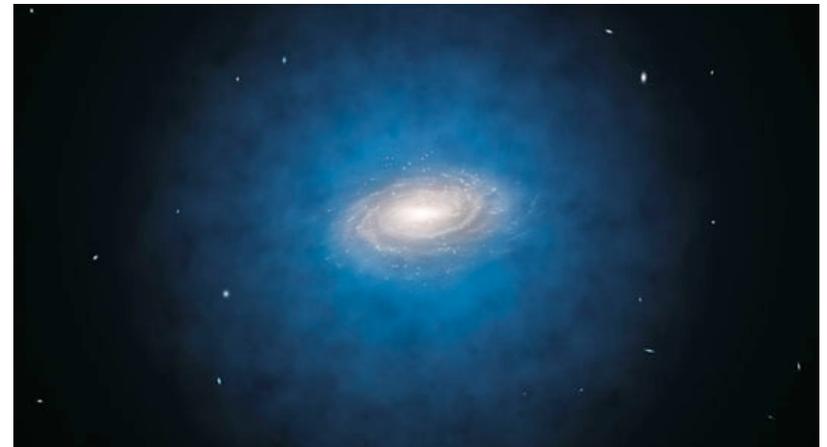
➔ Barnard 68 : nuage moléculaire très froid  $\sim 500$  a.l.  
Bien plus transparent en infrarouge

# Définition

On entend par « **matière noire** » (ou encore « **matière sombre** » ou « **masse manquante** ») de la matière qui serait non visible, c'est-à-dire sans émission lumineuse associée (visible, UV, IR, radio, etc...) ...mais dont on présume l'existence de part ses effets gravitationnels :

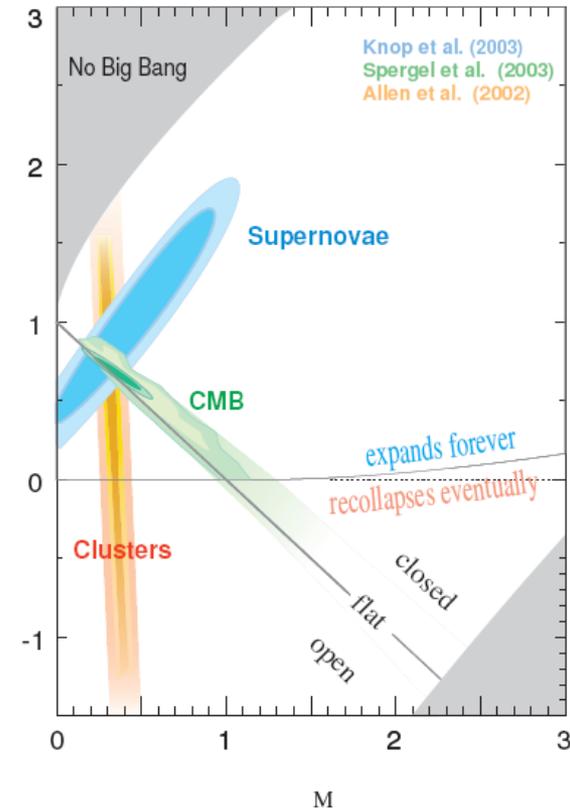
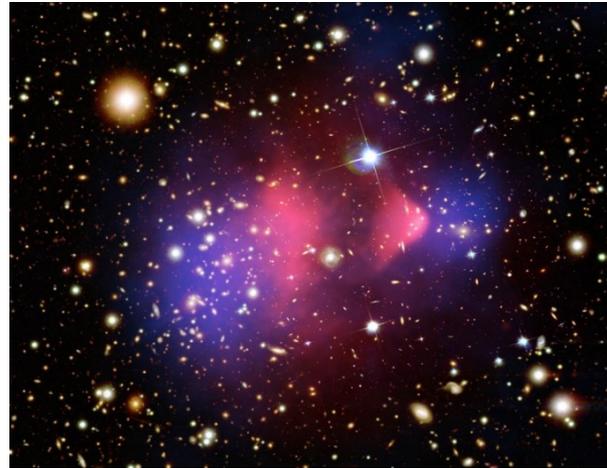
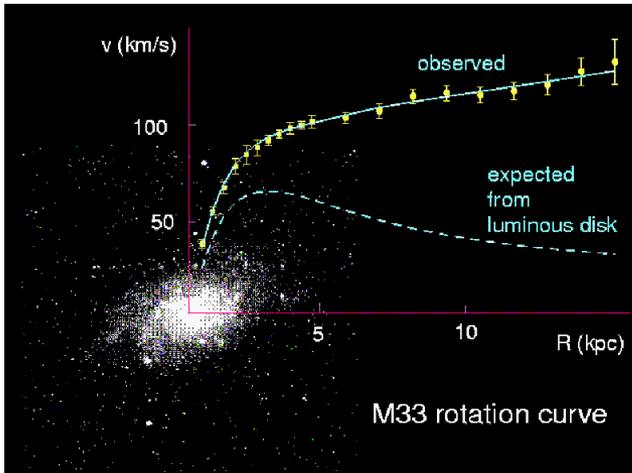


➔ Présence d'un halo de matière invisible 5-10 fois plus massif que la matière visible



*Travaux Vera Rubin ~1970*

# Matière noire à toutes les grandes échelles



Indices en faveur de la matière noire :

- Galaxies
- Amas de galaxies
- Mesures cosmologiques

Matière d'origine inconnue

80 % de la matière est de nature non baryonique

# Nature de la matière noire

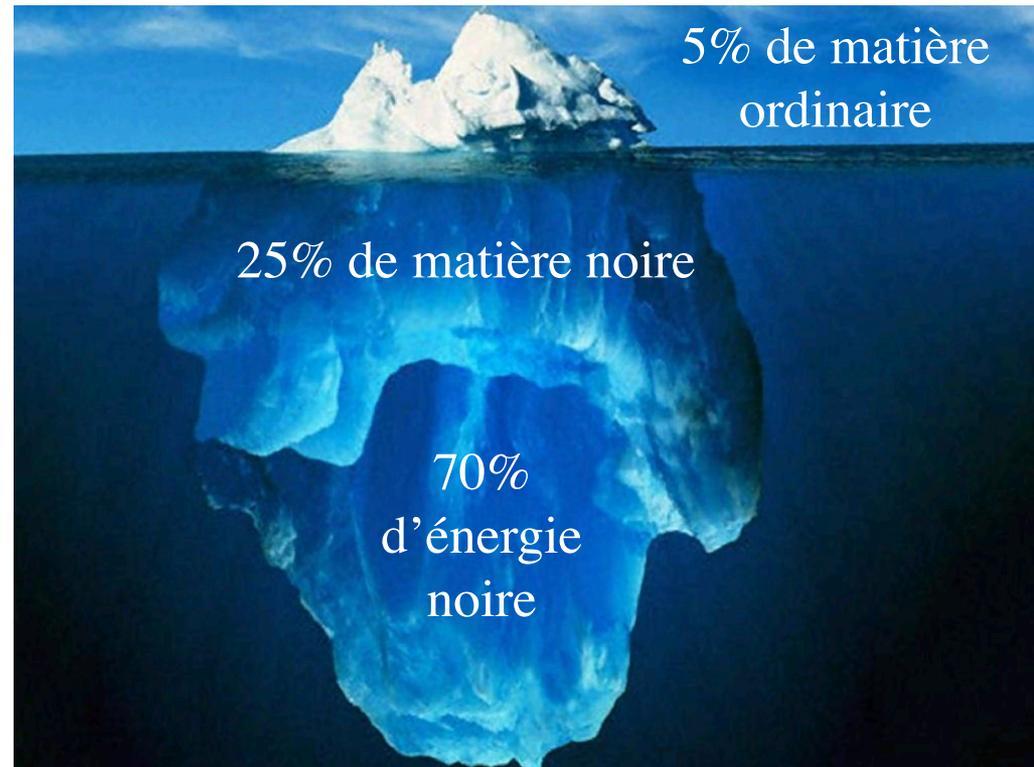
Nous recherchons des particules :

- Non relativistes
- Neutres
- Faible section efficace,  $\langle \sigma v \rangle \sim$  interaction faible

WIMP

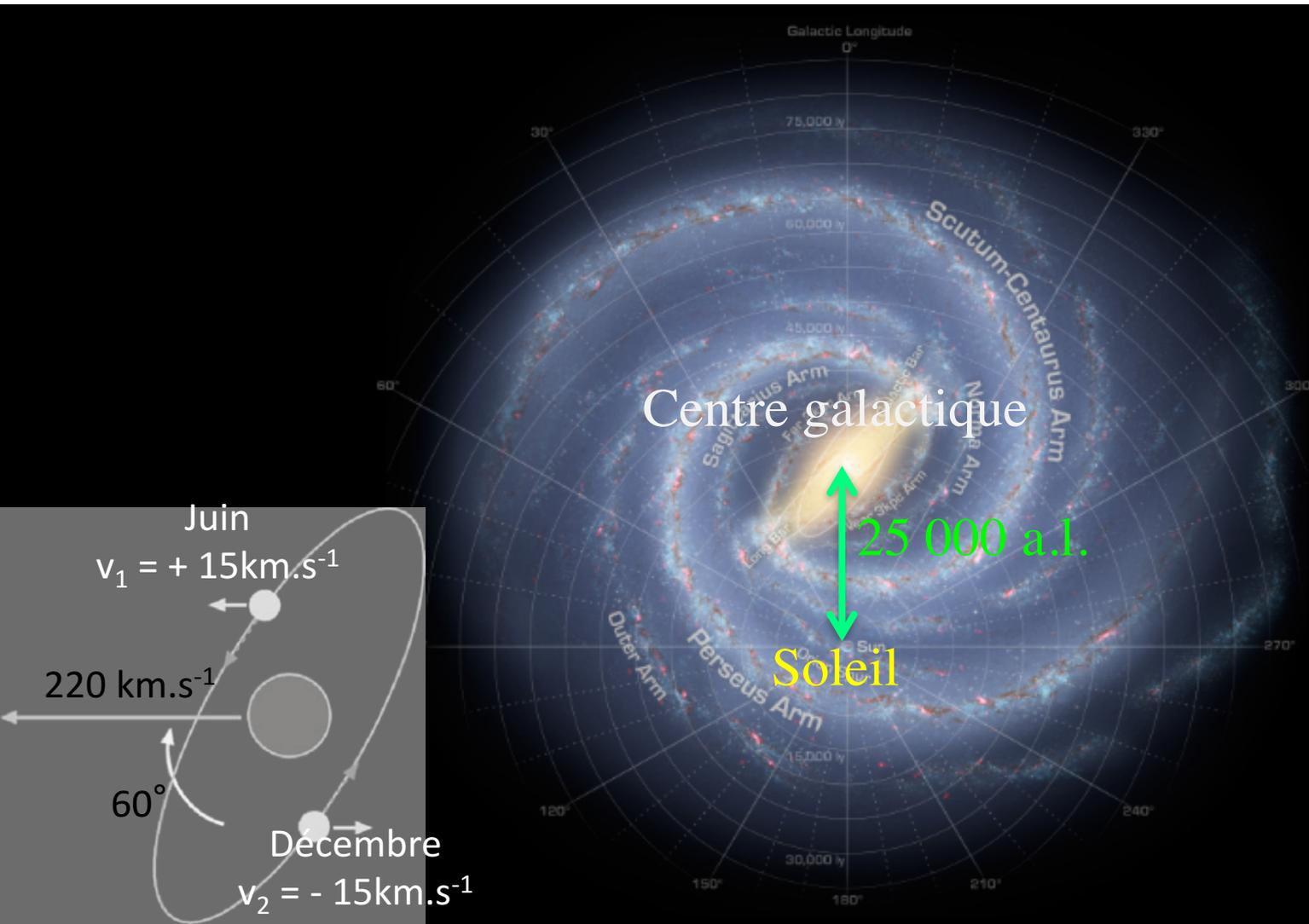
Candidats :

- Extension supersymétrique (SUSY) du Modèle Standard
- Modèles à dimensions supplémentaires universelles (UED)
  - $\text{GeV} < m_{\text{DM}} < \text{TeV}$



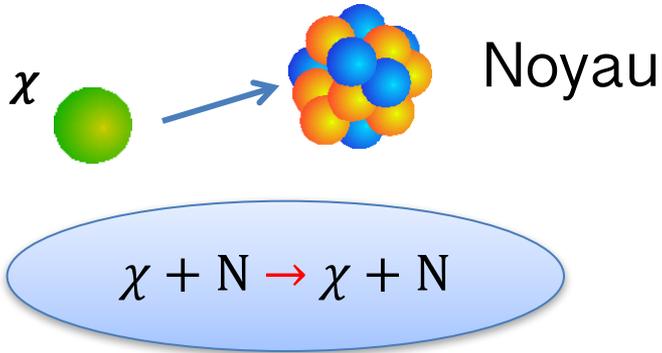
# Caractéristiques de la particule de matière noire

- Taux d'interaction faible
- Stable
- Matière non baryonique
- Non relativiste



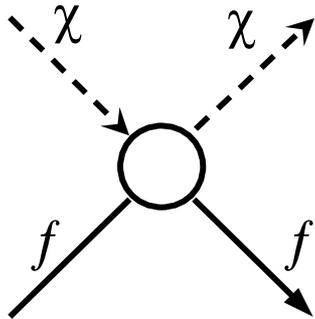
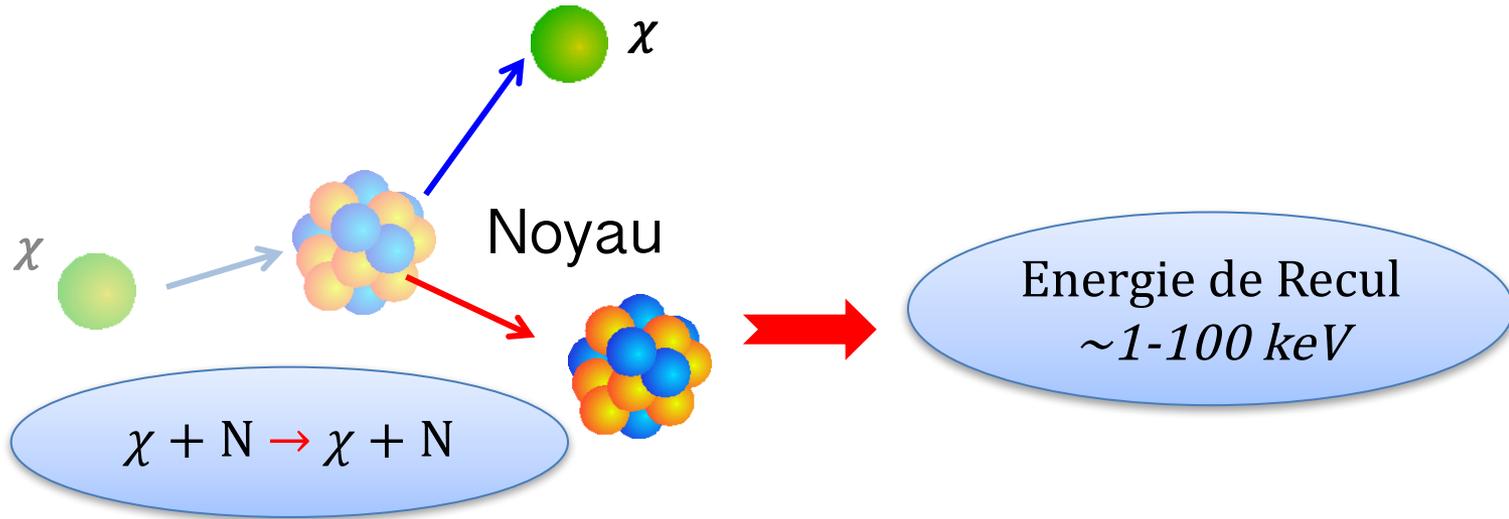
# Principe de la détection directe

Recul  
Nucléaire  
(NR)



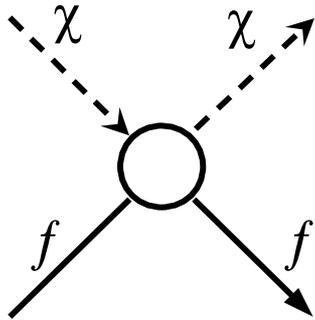
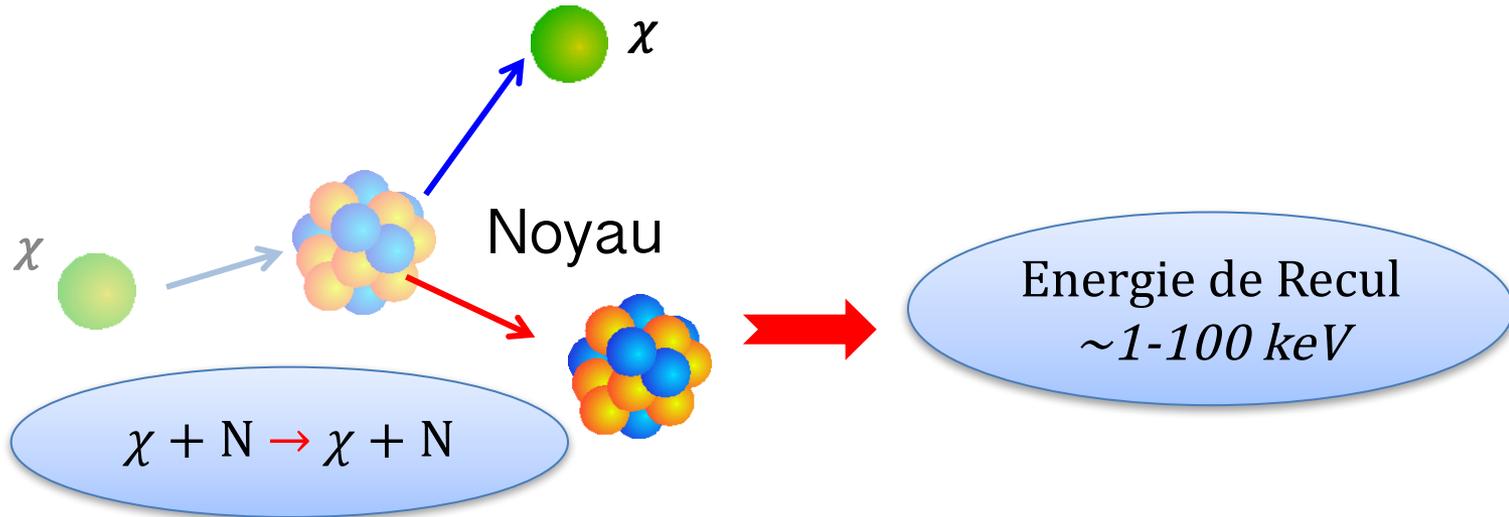
# Principe de la détection directe

Recul  
Nucléaire  
(NR)



# Principe de la détection directe

Recul  
Nucléaire  
(NR)

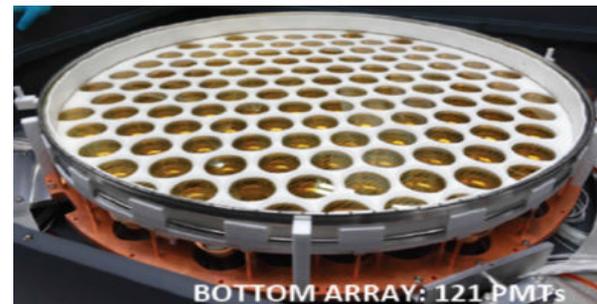
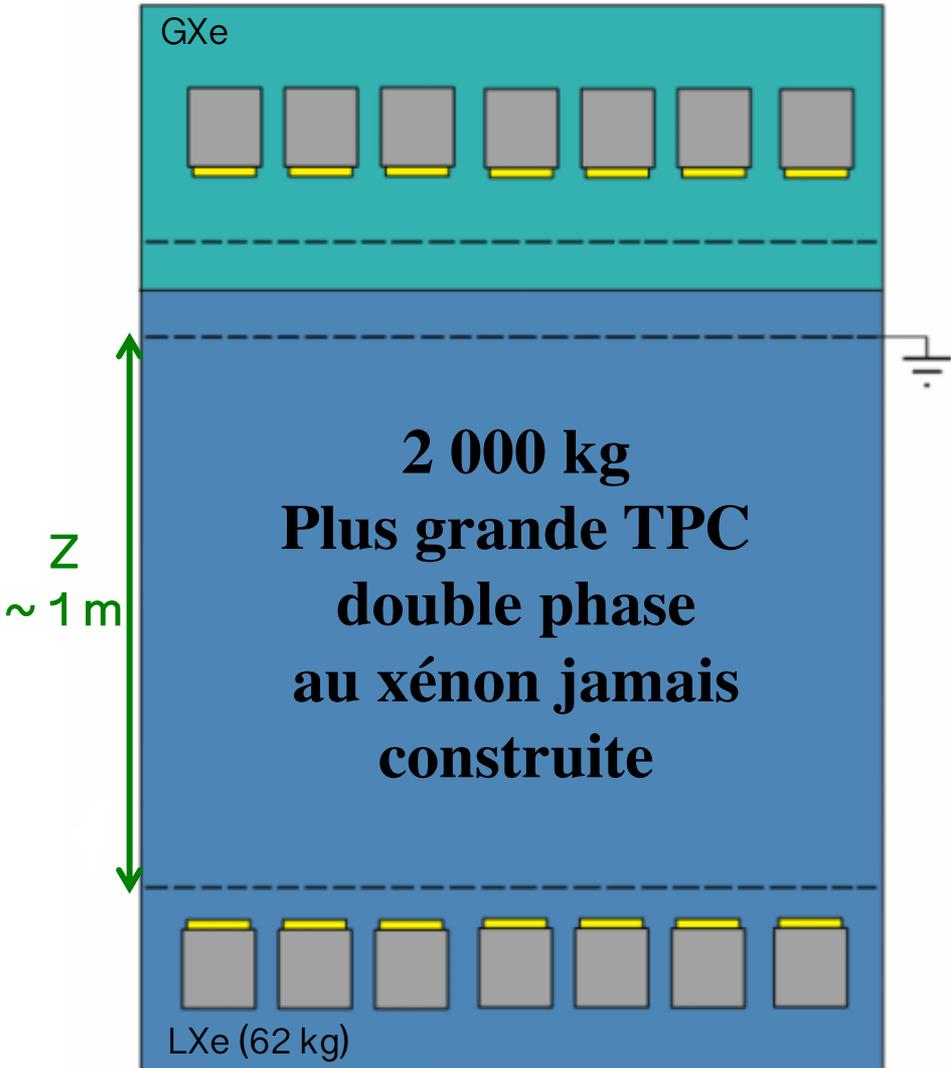


Recul  
Electronique  
(ER)

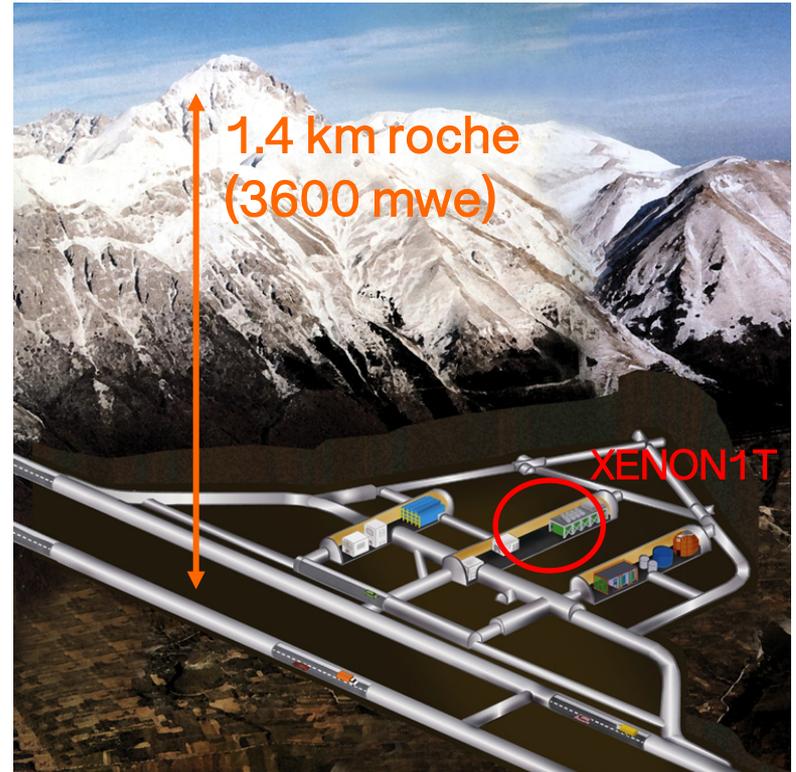
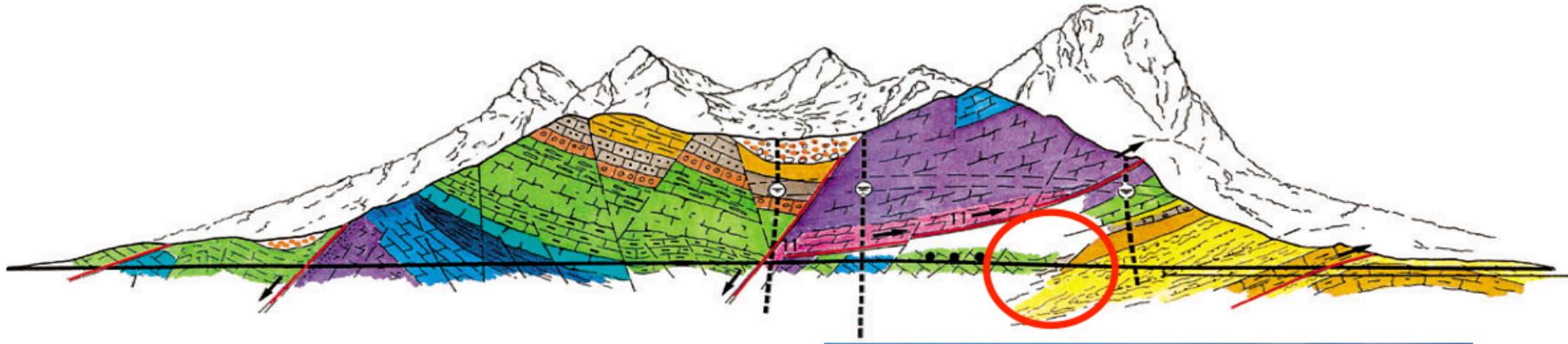
$\gamma$  et  $e^-$  interagissent  
avec les électrons de l'atome  
→ Bruit de fond

# XENON1T : Chambre à Projection Temporelle (TPC)

$R \sim 1 \text{ m}$

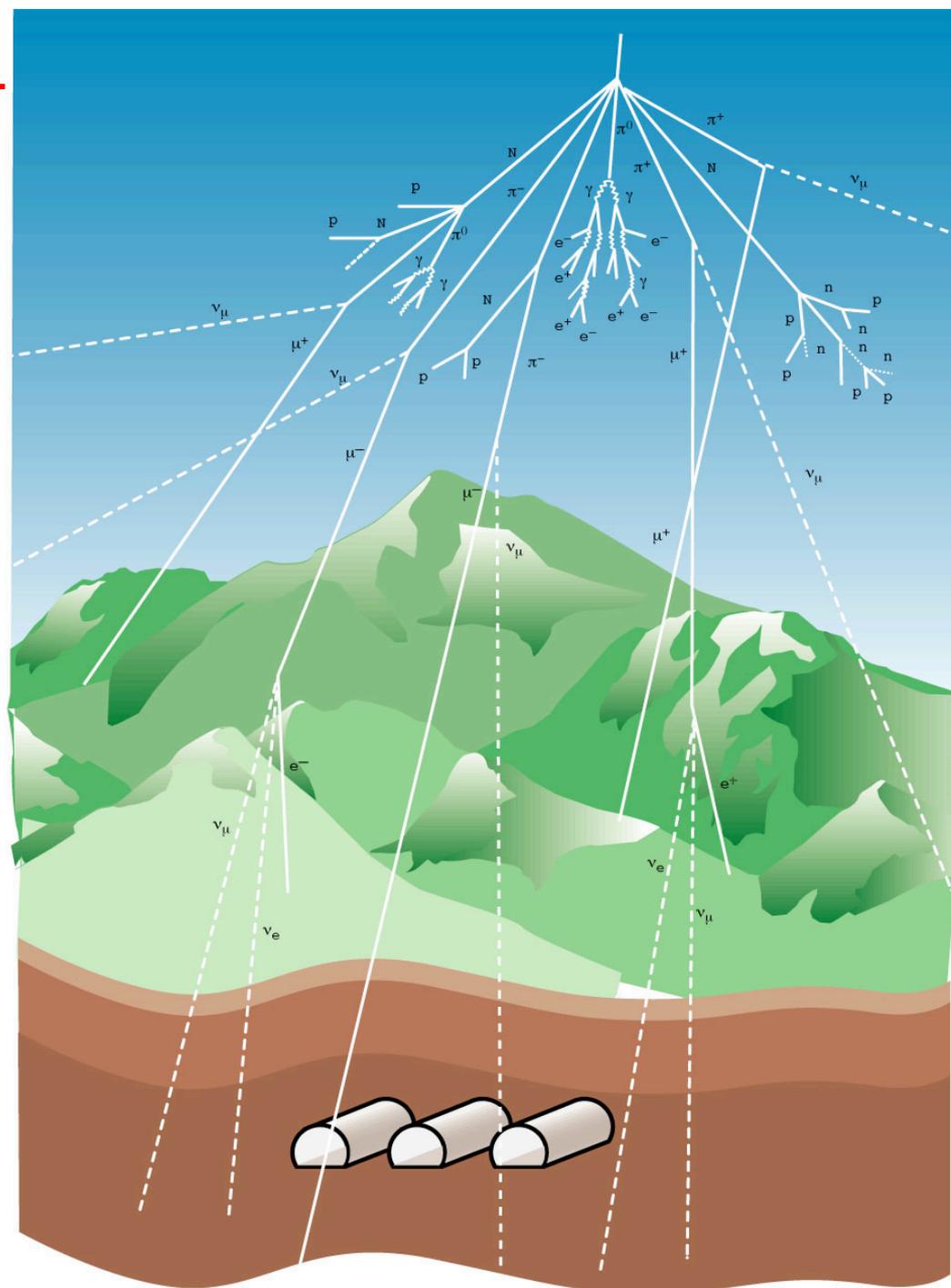


# Site de l'expérience XENON1T

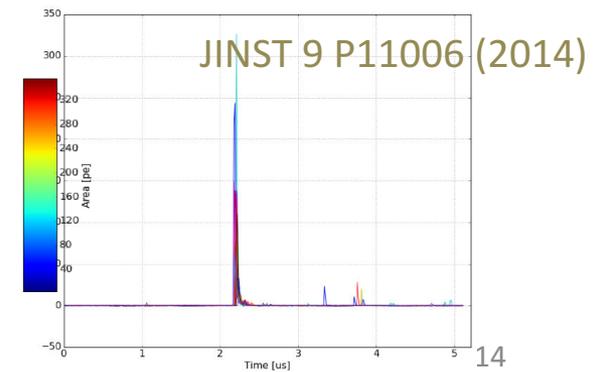
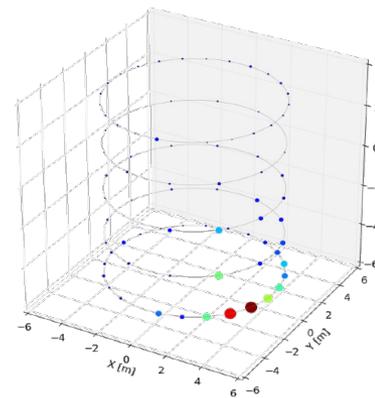
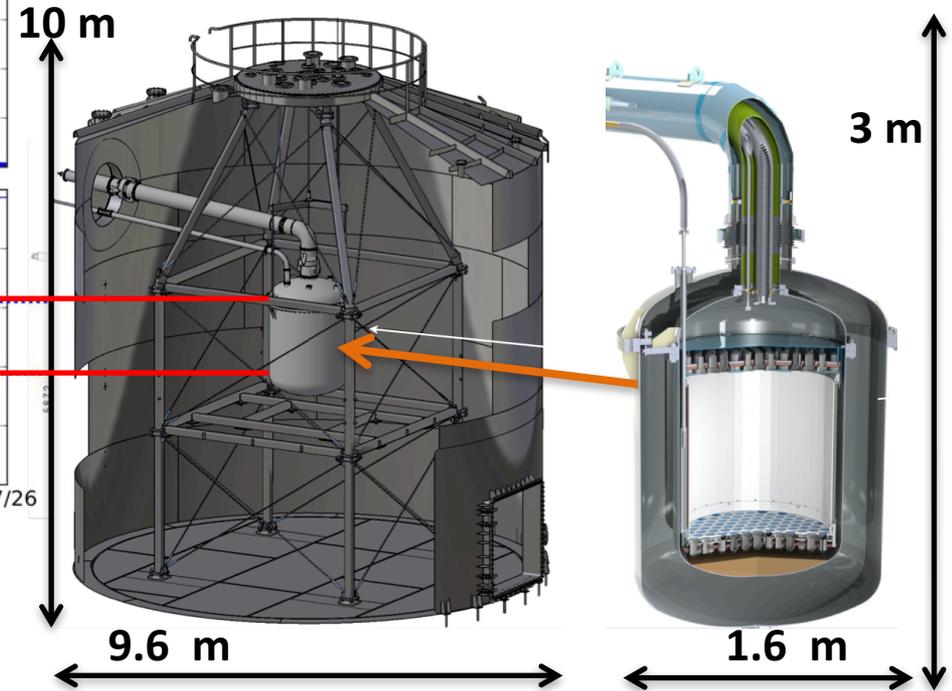
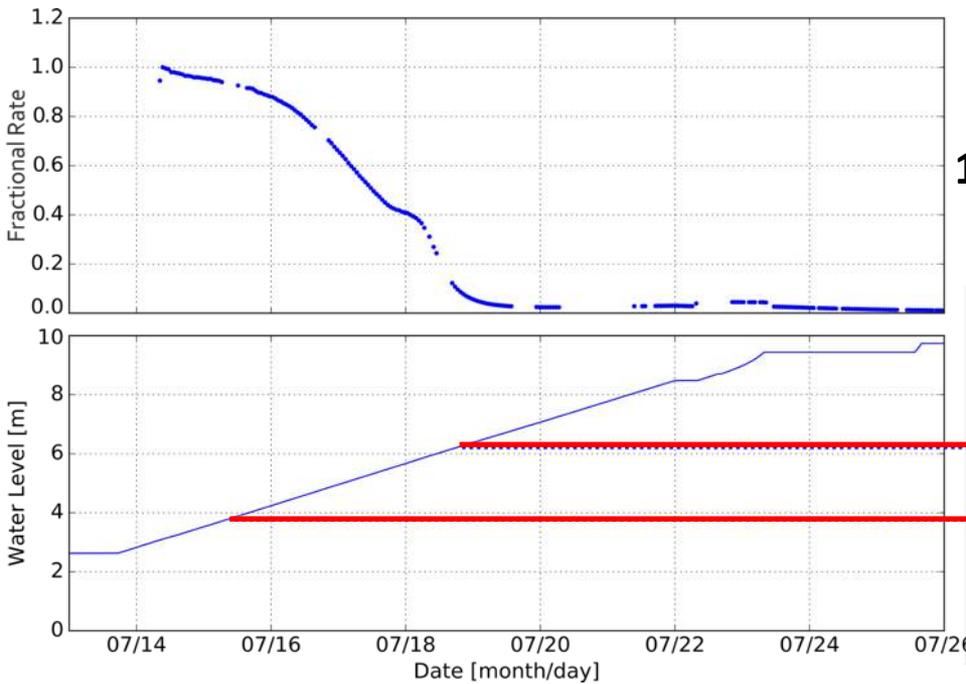


# Les Rayons Cosmiques

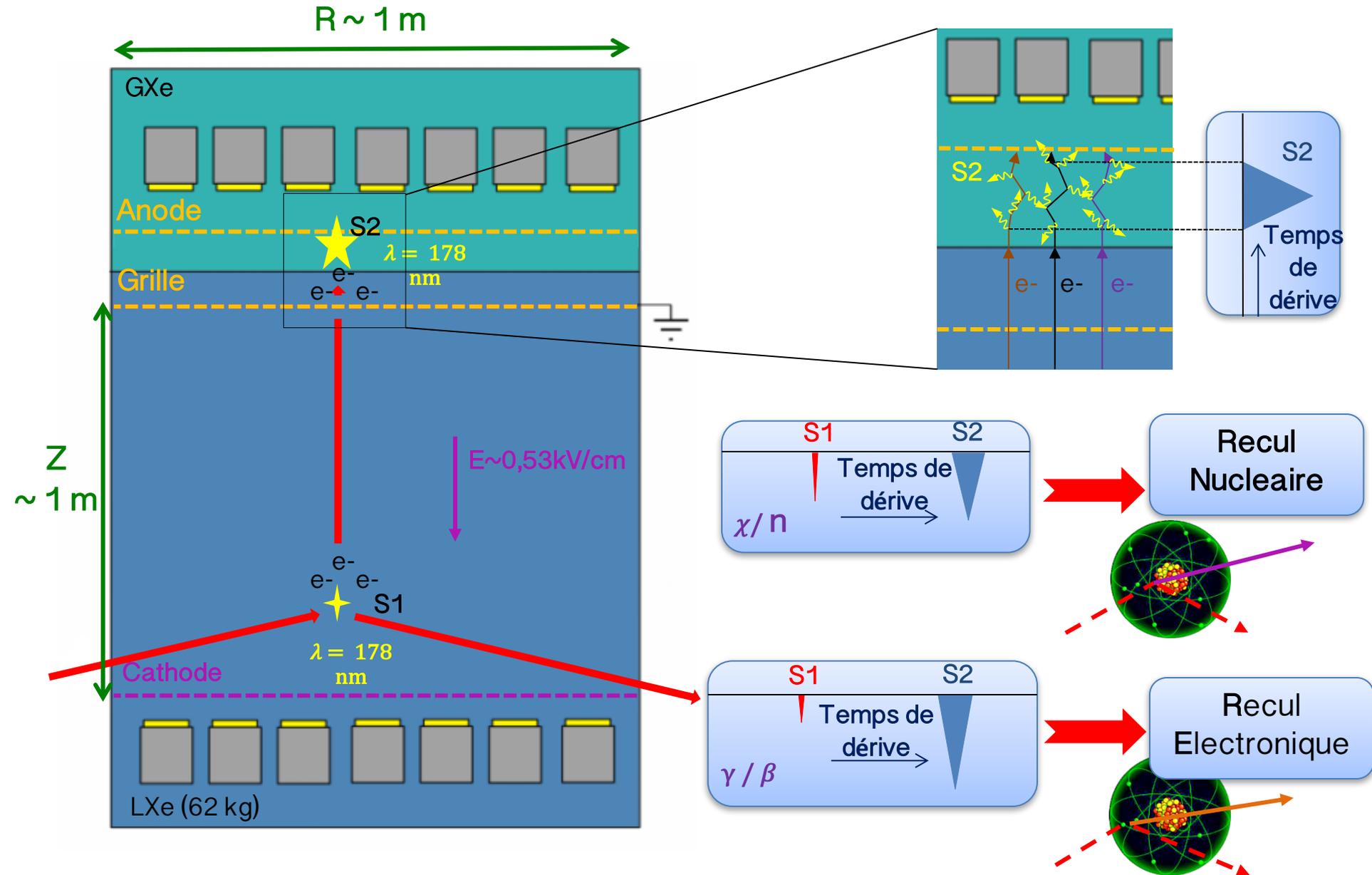
- Pour améliorer la sensibilité des expériences, il faut :
- se cacher sous une montagne pour se **protéger des rayons cosmiques** (100 par seconde traversent notre corps),
  - se protéger de la radioactivité naturelle des roches,
  - purifier les matériaux des détecteurs.



# XENON1T: Blindage externe et rejection des muons

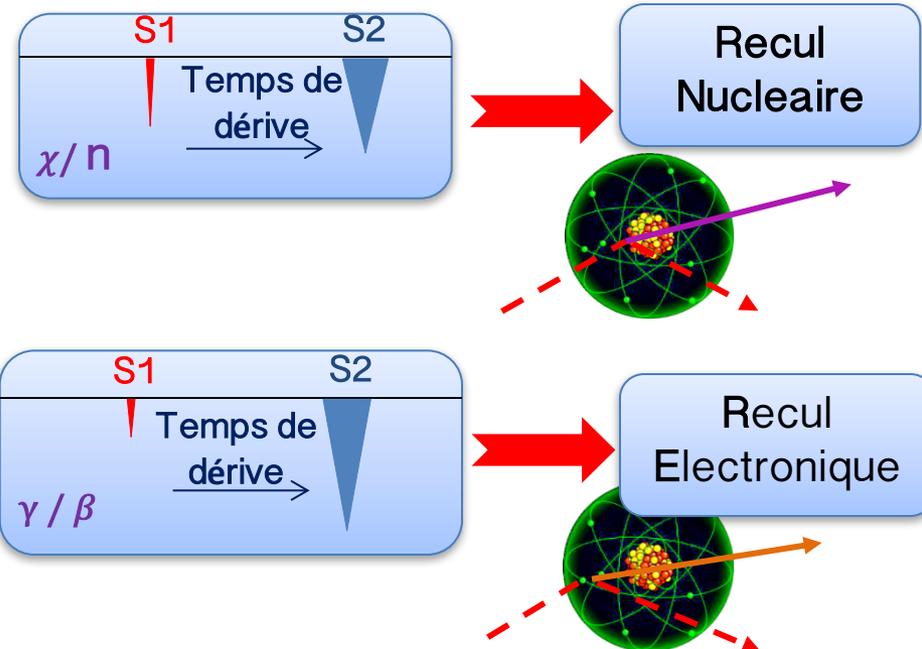
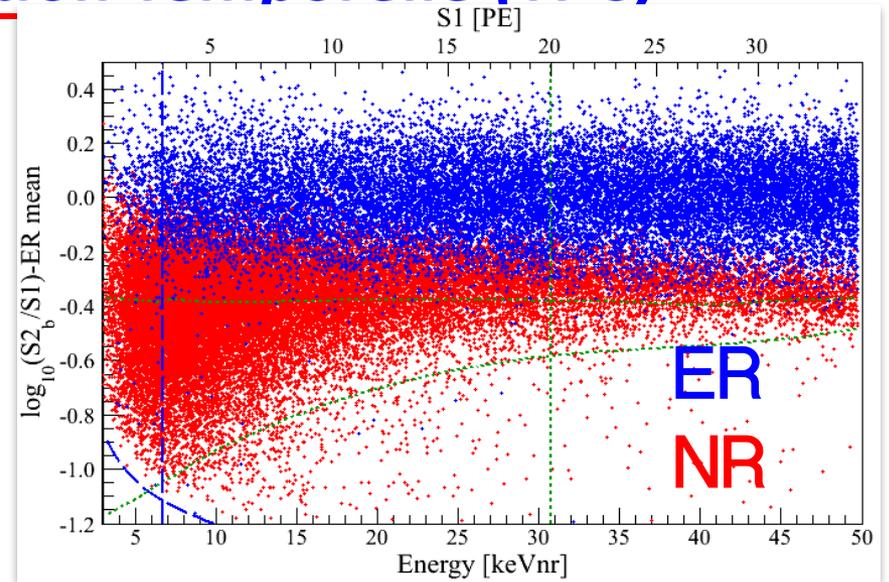
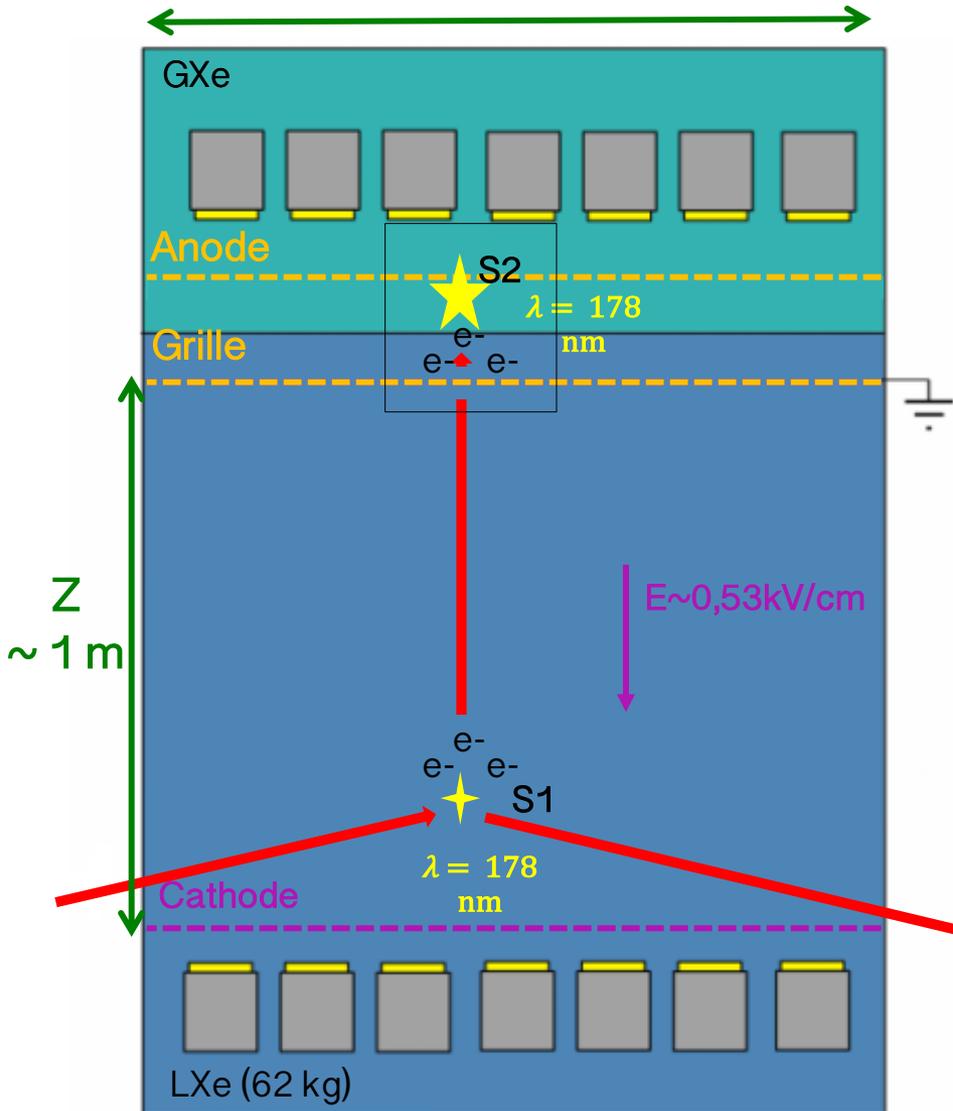


# XENON1T : Chambre à Projection Temporelle (TPC)



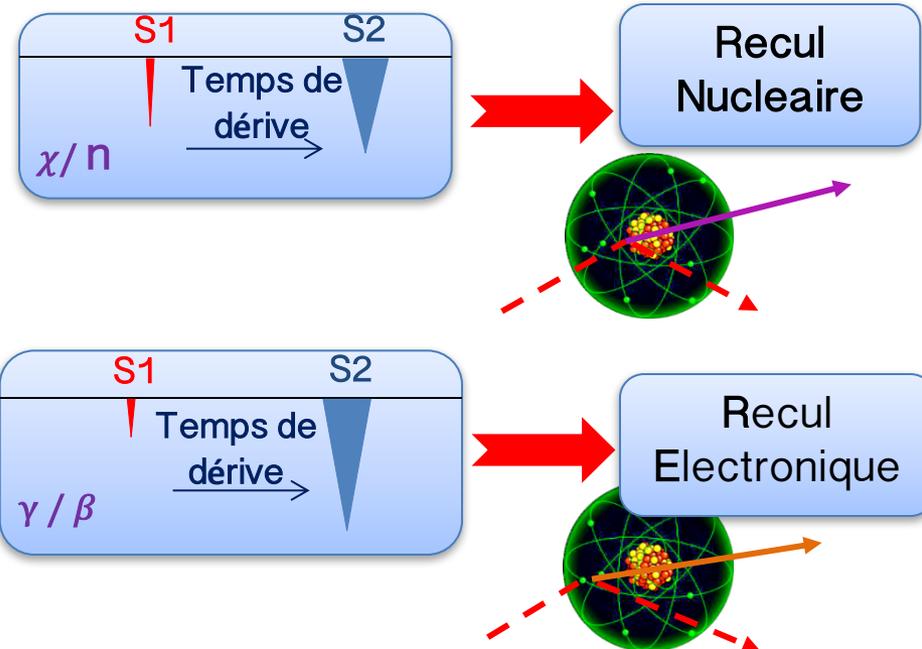
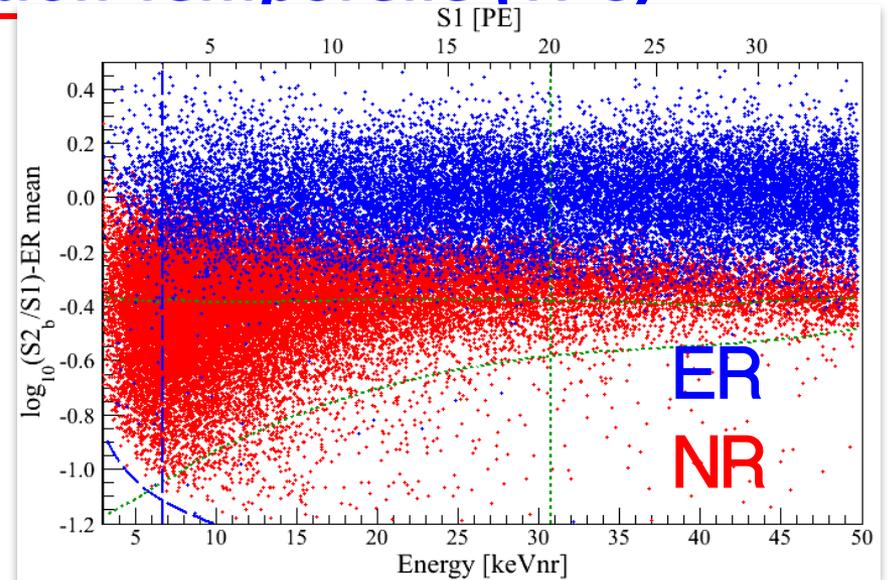
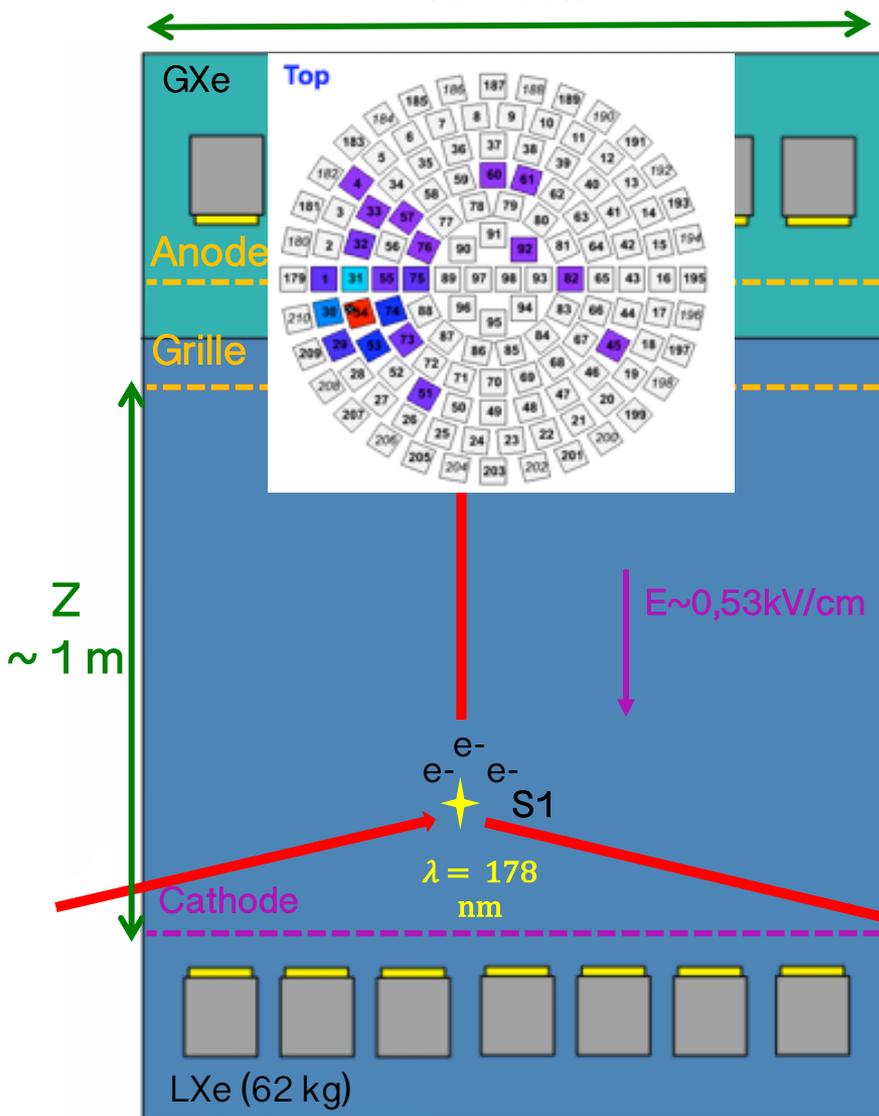
# XENON1T : Chambre à Projection Temporelle (TPC)

$R \sim 1 \text{ m}$



# XENON1T : Chambre à Projection Temporelle (TPC)

$R \sim 1 \text{ m}$



# XENON1T

**Blindage d'eau** : Eau déminéralisée pour blindage passif aux radiations

**Véto à muon** : Véto actif contre les neutrons produits par les muons (84 PMTs)

**Cryogénie** : Conditions stables (3.2t LXe)

**Purification** : Circulation permanentes pour réduire les impuretés

**DAQ** : Détection autonome pour chaque voie et algorithme de déclenchement flexible

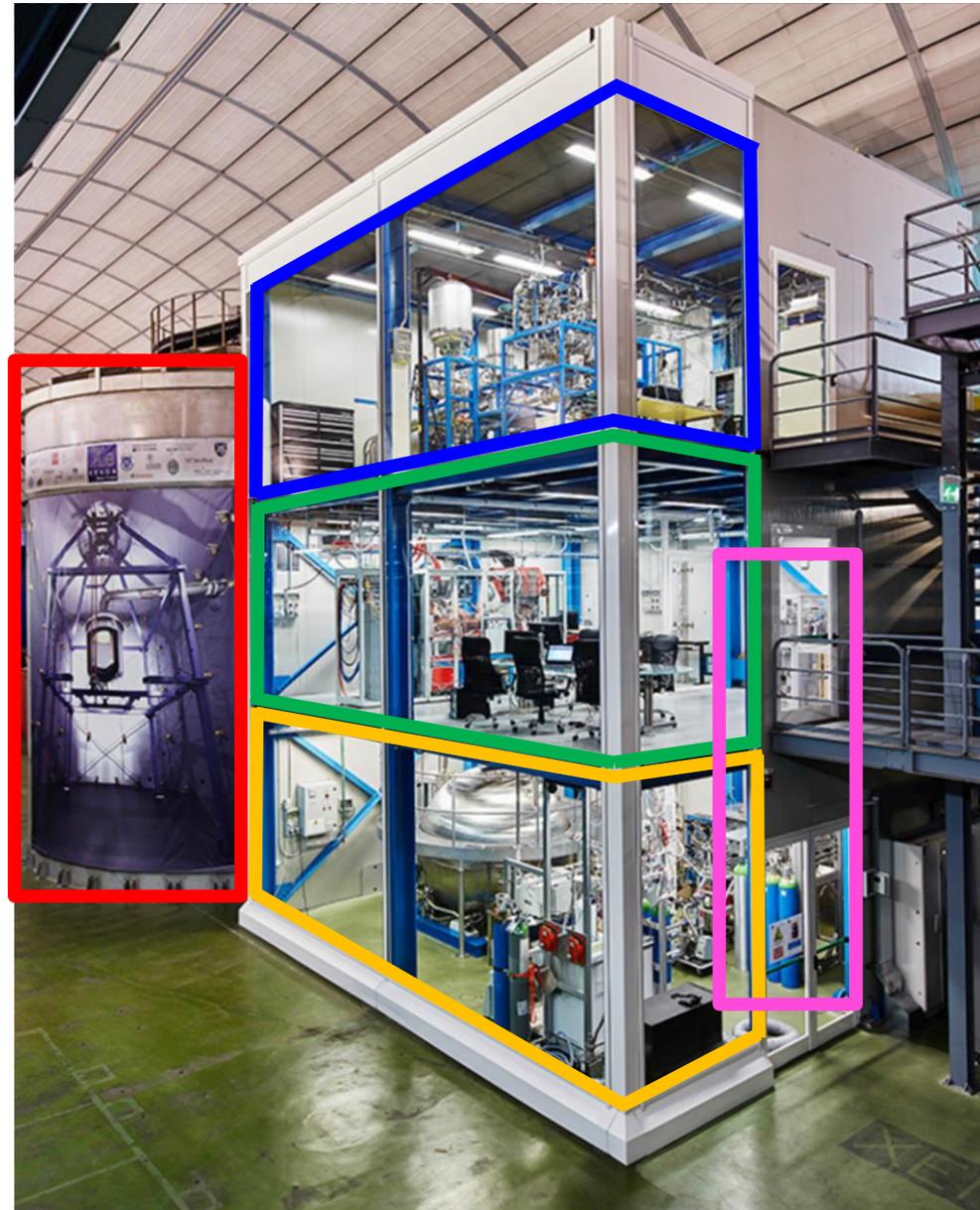
**Lecture** : Jusqu'à 300MB/s pour les calibrations à grande intensité

**ReStoX** : Stockage et récupération dans toute les conditions, jusqu'à 7.6 tonnes de LXe

**Passif** : Pas de refroidissement nécessaire pour conserver LXe

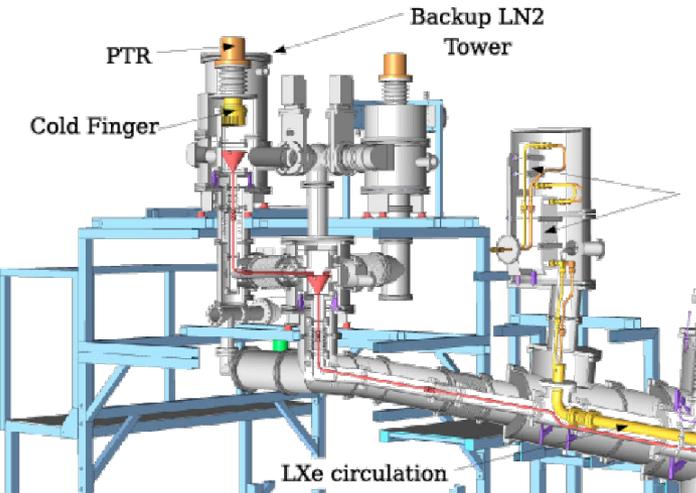
**Distillation du Kr** : Suppression du Kr lors du remplissage et pendant les prises de données

**Distillation du Rn** : Premiers tests prometteurs

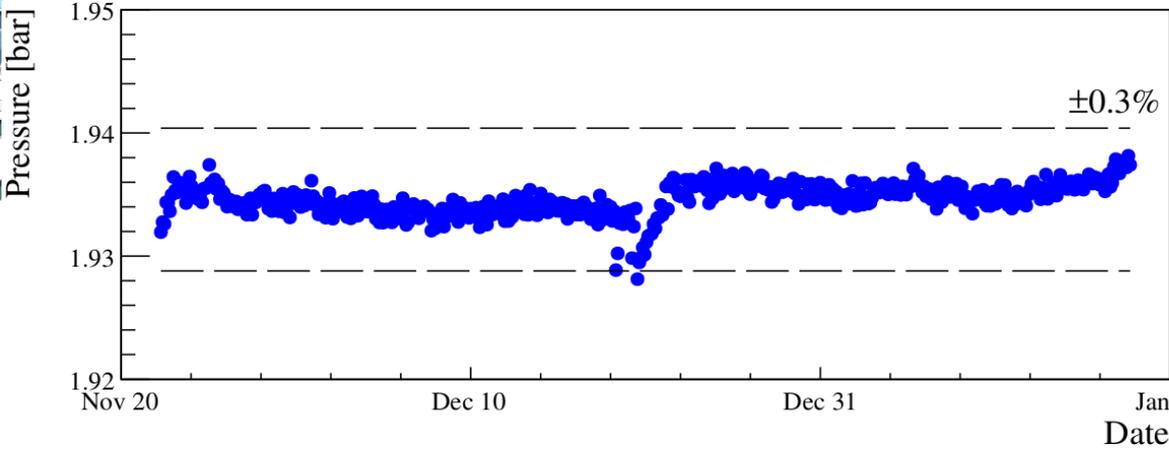
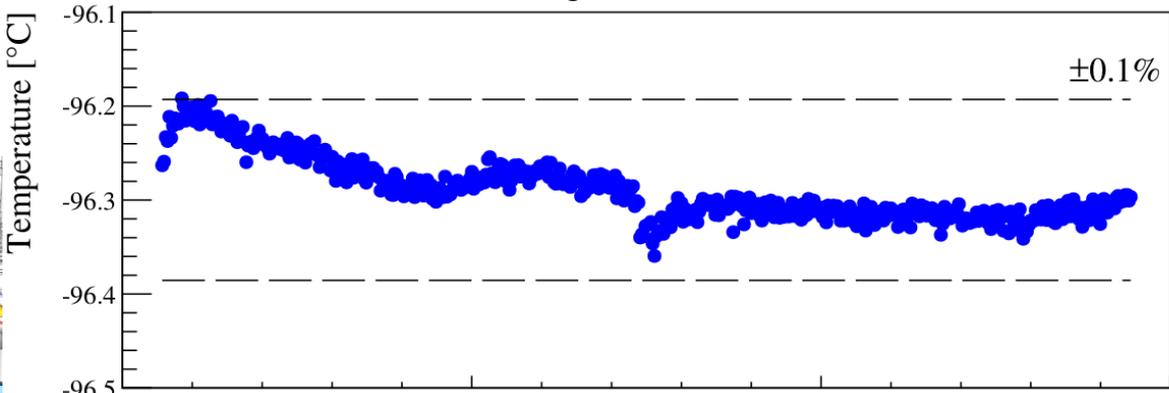


# Stabilité du détecteur

- LXe température stable à  $-96.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RMS  $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$
- GXe pression stable à  $1.934\text{ bar}$ , RMS  $0.001\text{ bar}$



Slow control monitoring



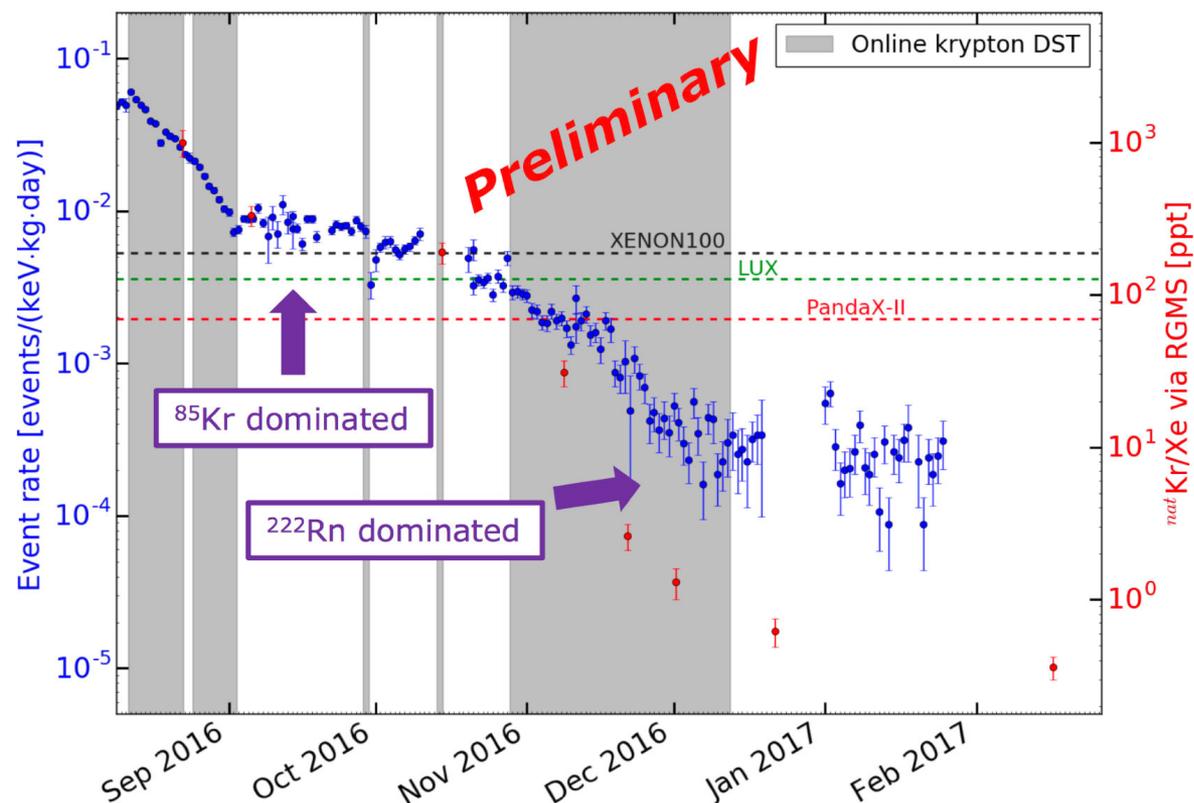
# Reduction bruit de fond interne : $^{85}\text{Kr}$



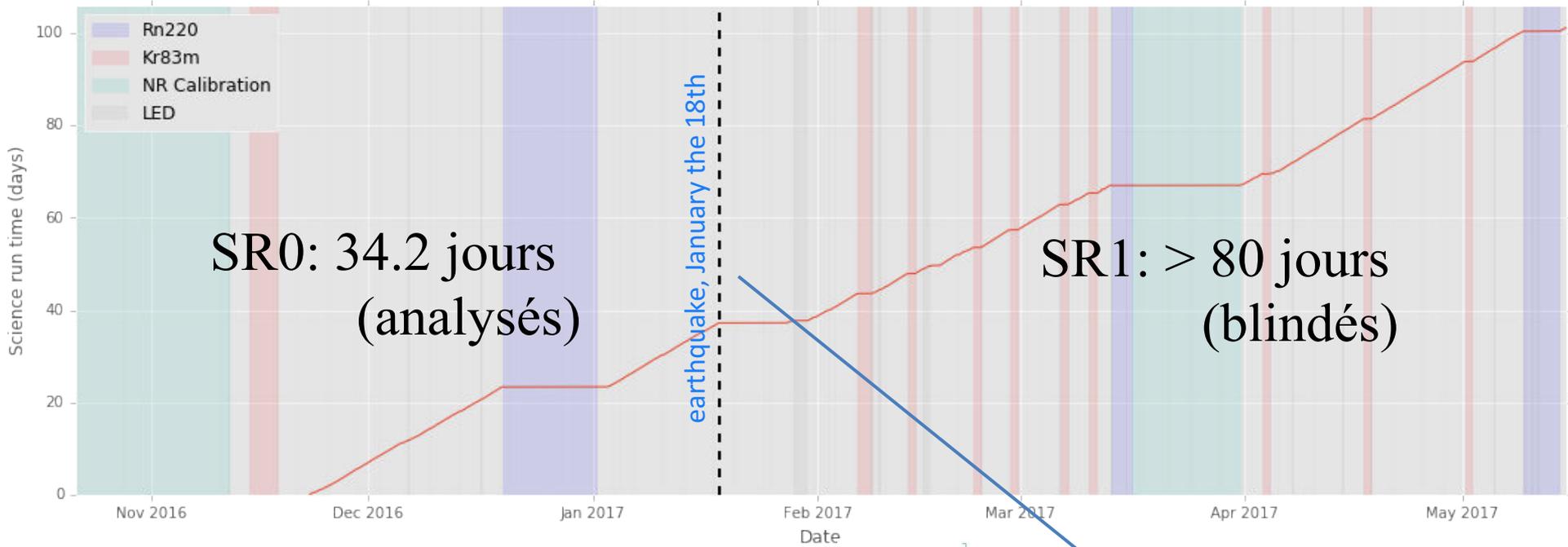
- LXe commercial contient Kr de l'ordre de  $10^{-9}$  mol/mol (ppb)
- Principe de la colonne : distillation cryogénique (les gaz ont différentes températures d'ébullition)
- Séparation  $>6.4 \times 10^5$ , concentration de sortie  $< 0.048$  ppt ( $10^{-12}$  mol/mol)
- 5.5 m colonne, 6.5 kg/hr,
- Bruit de fond principale actuel : Rn

*arXiv:1702.06942*

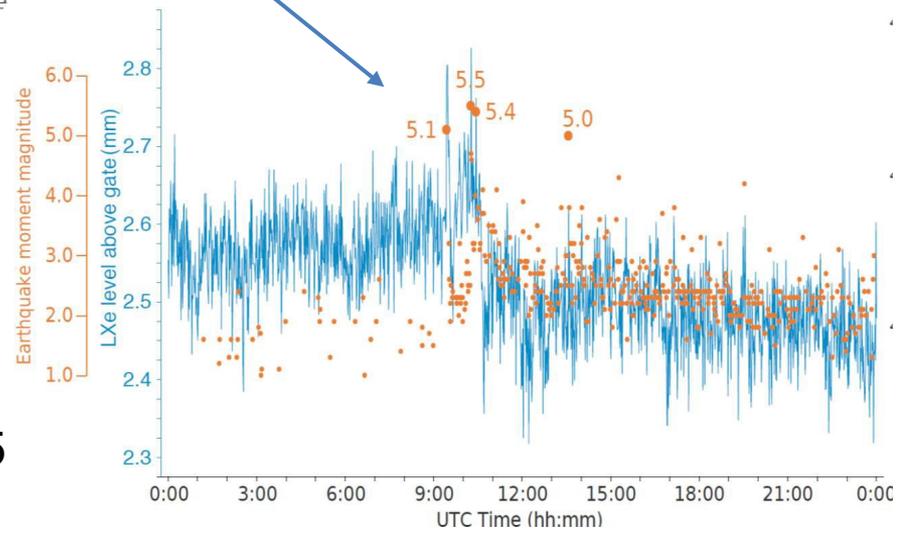
*Eur. Phys. J. C77 (2017) no.5, 275*



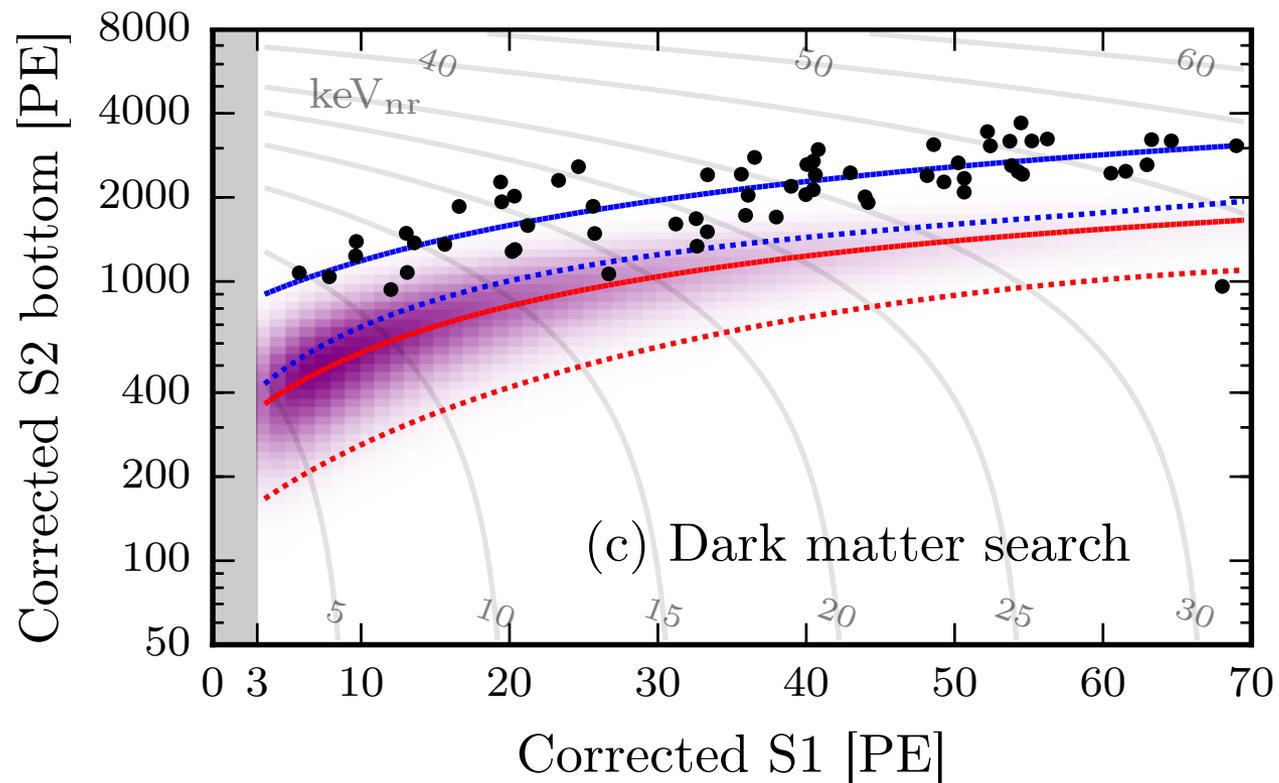
# Prise de données scientifiques



- Matière noire: 34.2 jours
- Données de Calibration :
  - $^{83m}\text{Kr}$  → Response Spaciale
  - $^{220}\text{Rn}$  → Recul électronique
  - $^{241}\text{AmBe}$  → Recul nucléaire
- Interrompu par un séisme de magnitude 5,5

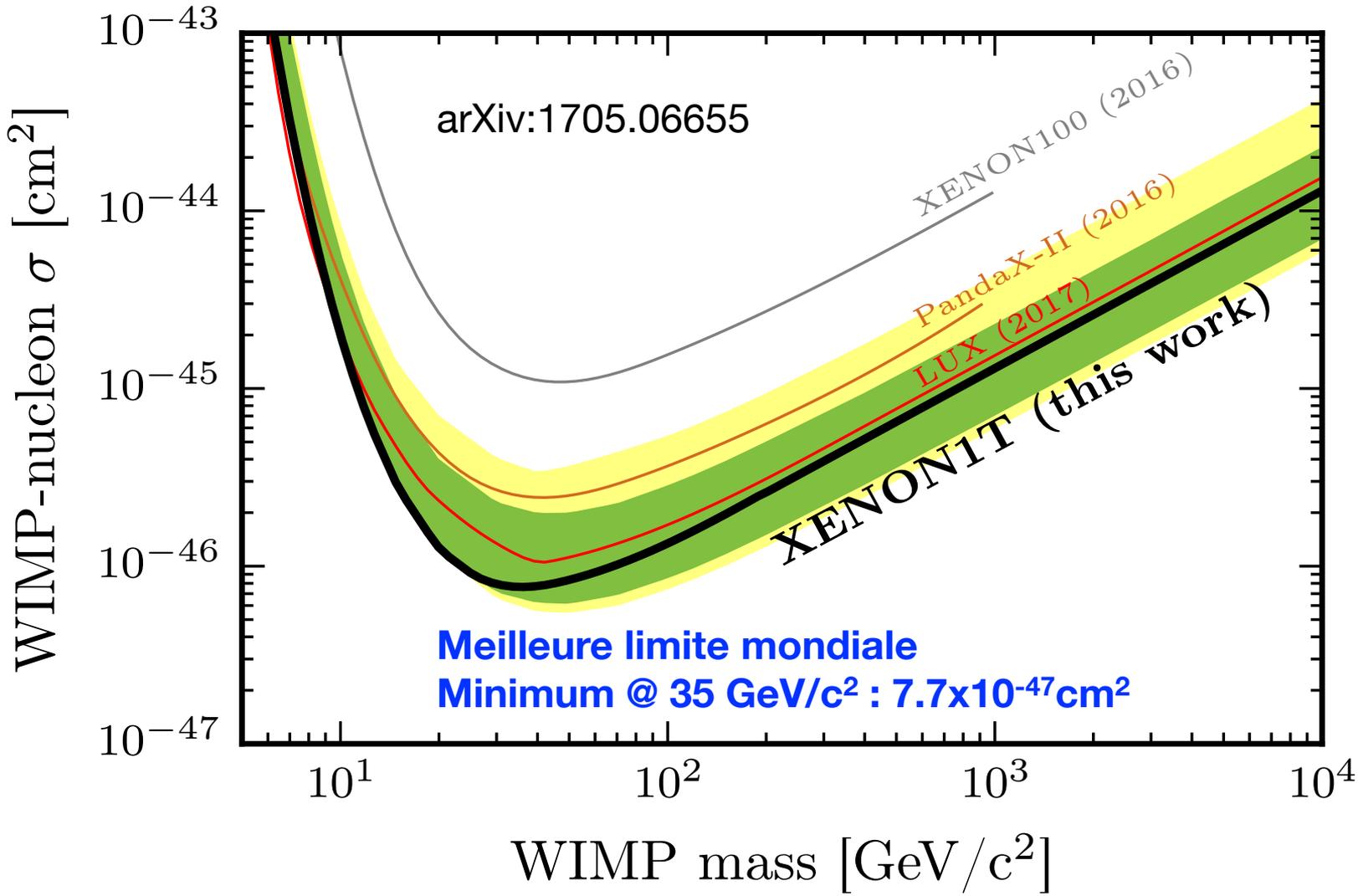


# Recherche de matière noire



- Analyse par profile de vraisemblance
- Spectre des recul ER & NR par ajustement de données de calibration
- Normalisation des incertitudes de tout les composants
- Garde-fou pour se protéger d'une modélisation imprécise

# Premiers résultats de XENON1T



# XENON World



Columbia



RPI



Nikhef



Stockholm



Muenster



Mainz



MPIK



Chicago



UCLA



UCSD



Rice



Purdue



Coimbra



Subatech



LPNHE



LAL



Bologna



LNGS Torino



Freiburg



University of Zurich

Zurich



NYUAD



Weizmann



23 Instituts  
10 Pays  
135 Scientifiques



# Phases du programme XENON



## **XENON10**

2005 – 2007  
15 cm drift TPC  
Total: 25 kg  
Target: **14** kg  
Fiducial: 5.4 kg

Achieved (2007)  
 $\sigma_{SI} = 8.8 \cdot 10^{-44} \text{ cm}^2$   
@ 100 GeV/c<sup>2</sup>



## **XENON100**

2008 – 2016  
30 cm drift TPC  
Total: 161 kg  
Target: **62** kg  
Fiducial: 34/48 kg

Achieved (2016)  
 $\sigma_{SI} = 1.1 \cdot 10^{-45} \text{ cm}^2$   
@ 55 GeV/c<sup>2</sup>

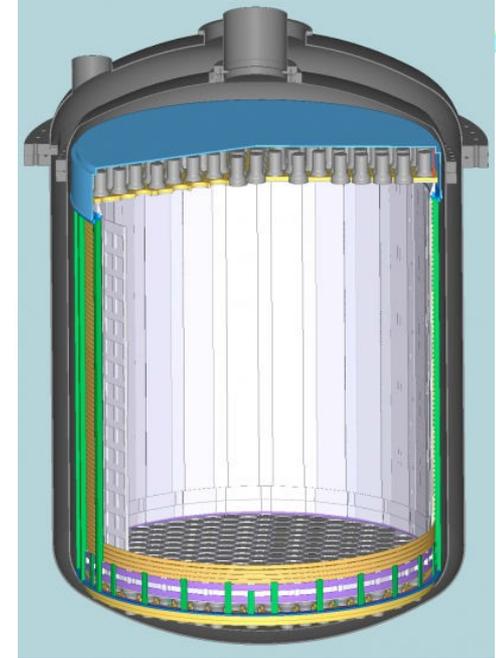


## **XENON1T**

2012 – 2019  
100 cm drift TPC  
Total: 3 200 kg  
Target: **2 000** kg  
Fiducial: 1 000 kg

First Results (2017)  
 $\sigma_{SI} = 7.7 \cdot 10^{-47} \text{ cm}^2$   
@ 35 GeV/c<sup>2</sup>

Projected (2018)  
 $\sigma_{SI} = 1.6 \cdot 10^{-47} \text{ cm}^2$   
@ 50 GeV/c<sup>2</sup>

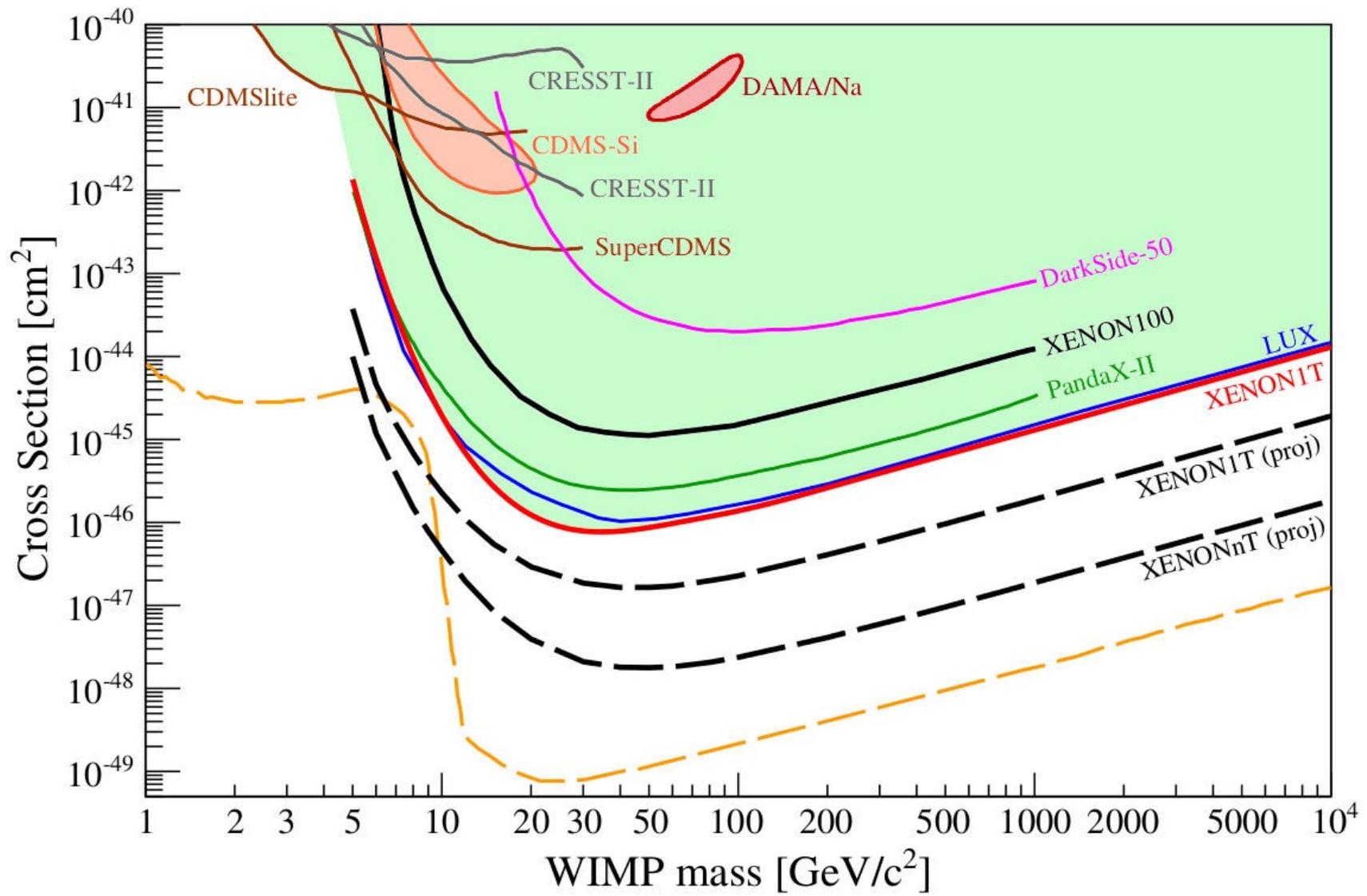


## **XENONnT**

2017 (R&D) – 2023  
144 cm drift TPC  
Total: 8 000 kg  
Target: **6 000** kg  
Fiducial: 4 500 kg

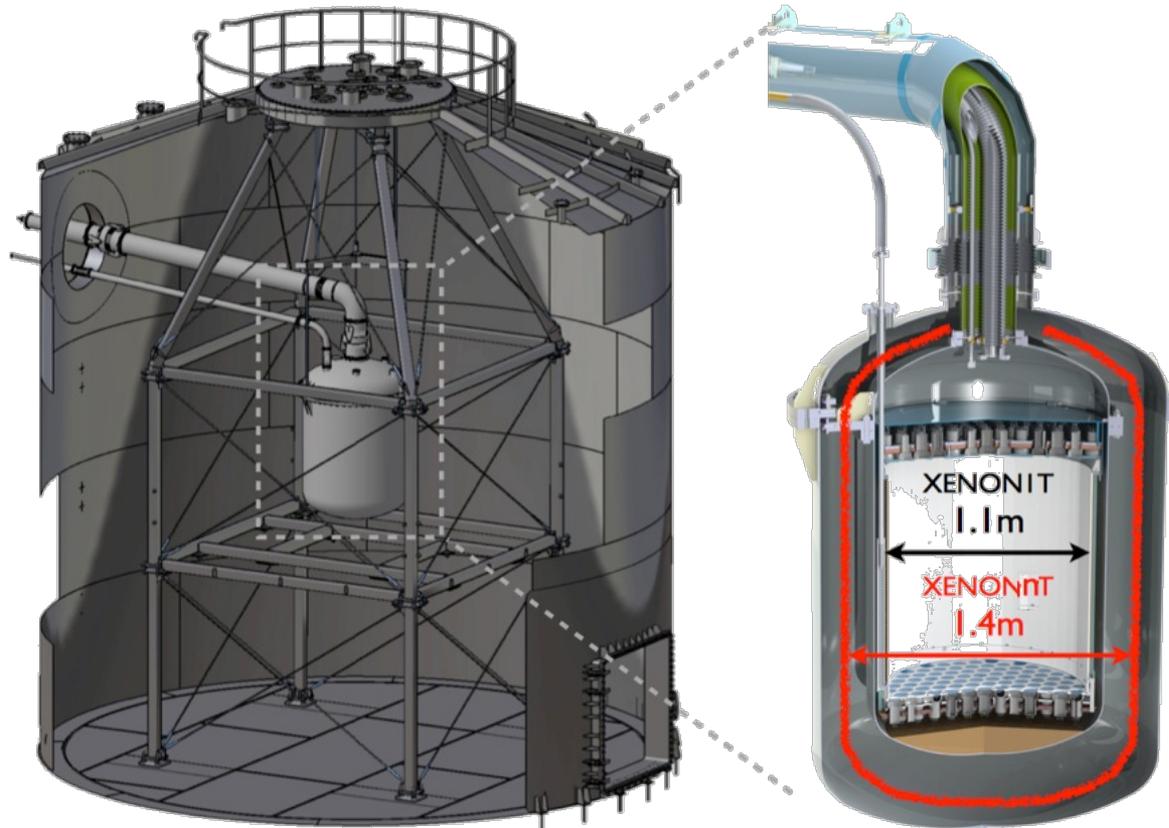
Projected (2022)  
 $\sigma_{SI} = 1.6 \times 10^{-48} \text{ cm}^2$   
@ 50 GeV/c<sup>2</sup>

# De XENON1T à XENONnT



# Upgrade: XENONnT

- Upgrade rapide de la TPC et du cryostat interne
- Tout les principaux systèmes restent inchangés
- Construction en parallèle des la prise de données de XENON1T
- Début de la construction pour 2018



# Conclusion

- Les premiers résultats de XENON1T démontrent que le détecteurs se comporte très bien
- Le bruit de donc mesuré est le plus bas jamais atteint par un détecteur de matière noire :  $(1.93 \pm 0.25) 10^{-4}$  events / (kg day keV)
- Avec seulement 34,2 jours de données, XENON1T présente la meilleurs limite d'exclusion mondiale :  $7.7 \times 10^{-47} \text{ cm}^2 @ 35 \text{ GeV}/c^2$
- Aujourd'hui, > 80 jours additionnels de données scientifiques ont été enregistrées et le détecteur est toujours en fonctionnement
- La sensibilité prévue pour **XENON1T** en 2 t y est  $1.6 \times 10^{-47} \text{ cm}^2$
- Un upgrade rapide à **XENONnT** planifié avec un gain supplémentaire d'un ordre de magnitude (20 t y pour  $1.6 \times 10^{-48} \text{ cm}^2$ )

