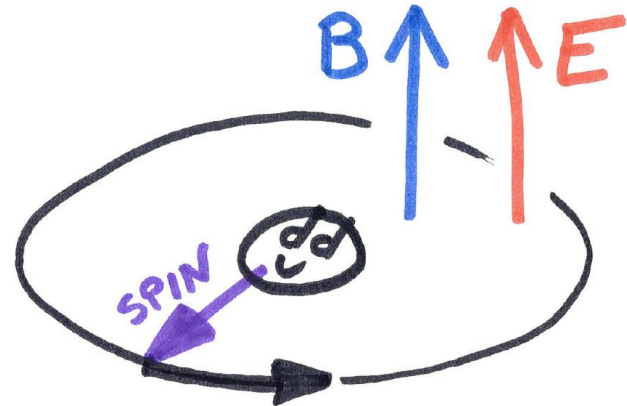
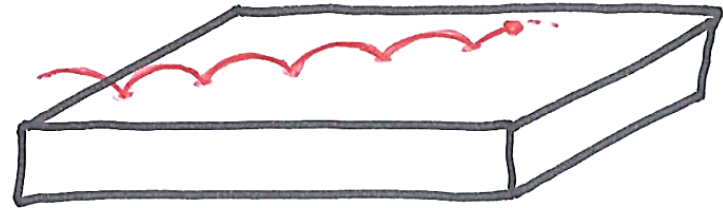
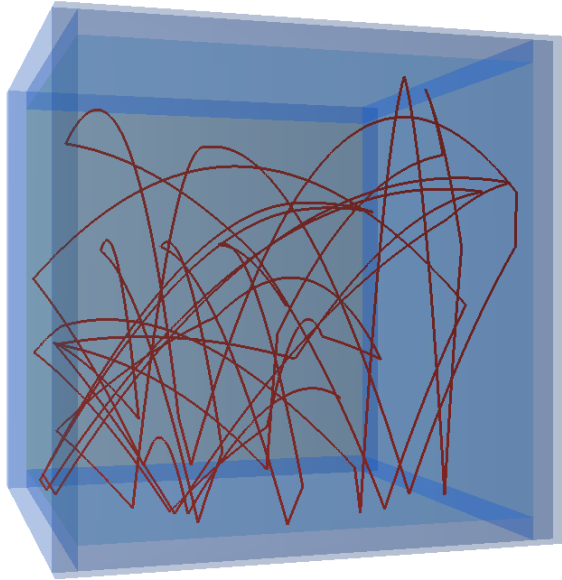


Equipe Neutrons Ultrafroids

tests de précision des symétries fondamentales



Visite HCERES session semi fermée
09/01/2020
Guillaume Pignol

Projets de l'équipe 1/2

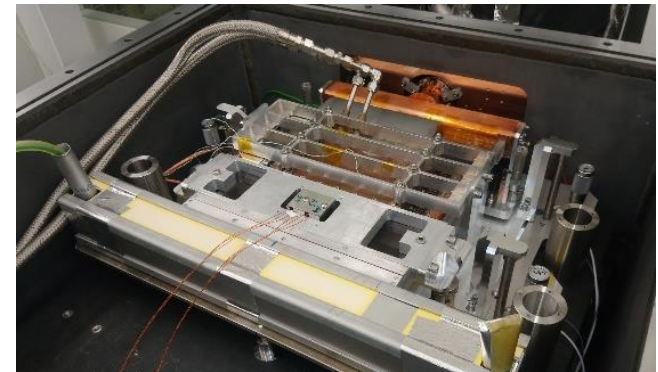
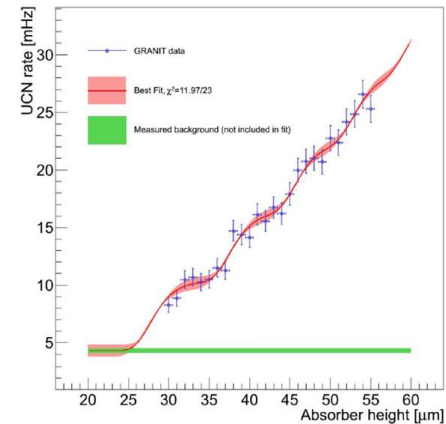
GRANIT (since 2006)

Resp. scientifique: **Benoit Clément**

+ D. Rebreyend, K. Protassov, G. Pignol

Resp. technique: **Francis Vezzu (mécanique)**

Lucie Vivargent, Patrick Boge, Eric Perbet + Atelier



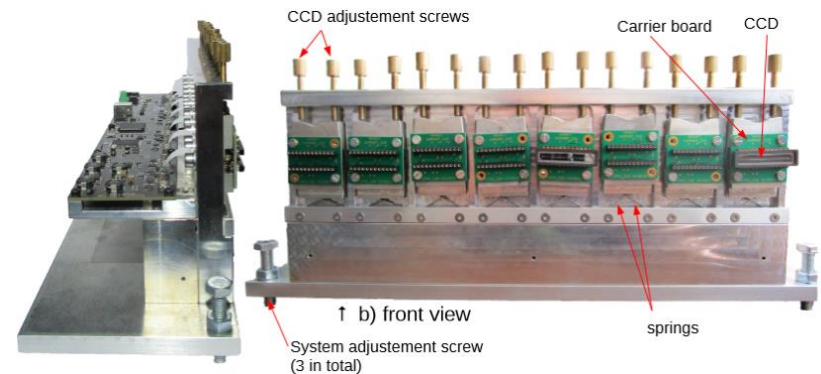
Détecteurs UCNs (since 2012)

Equipe UCN : **Benoit Clément**, **Yinghao Xi (thèse)**, D. Rebreyend, G. Pignol

Equipe Plasma : **Alexandre Bes**, Ana Lacoste

Service électronique : Olivier Bourrion, Damien Tourres, Jean-Pierre Scordilis

Service mécanique : **Cyrille Le Tulle** + Atelier



Projets de l'équipe 2/2

Analyse nEDM (2005–2020)

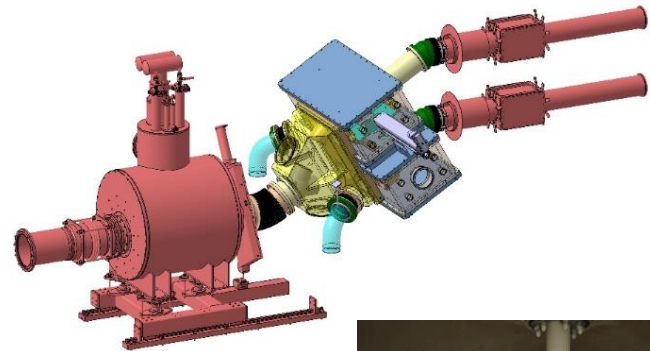
Guillaume Pignol, [Laura Ferraris-Bouchez \(thèse\)](#),
+ B. Clément, D. Rebreyend, [A. Leredde \(postdoc\)](#)

L4M (since 2016)

Resp. scientifique : Guillaume Pignol
+ D. Rebreyend, [A. Leredde \(postdoc\)](#)
Resp. technique : Clément Thomassé (SDI)
+ Julien Marpaud, Marc Marton

Construction n2EDM (since 2016)

Resp. scientifique : Dominique Rebreyend
+ [Romain Virod \(postdoc\)](#), G. Pignol
Resp. technique : Johann Menu
+ C. Thomassé, C. Vescovi, Atelier



Master projets IN2P3

Master projets actifs de Les tests de précision des interactions fondamentales ^

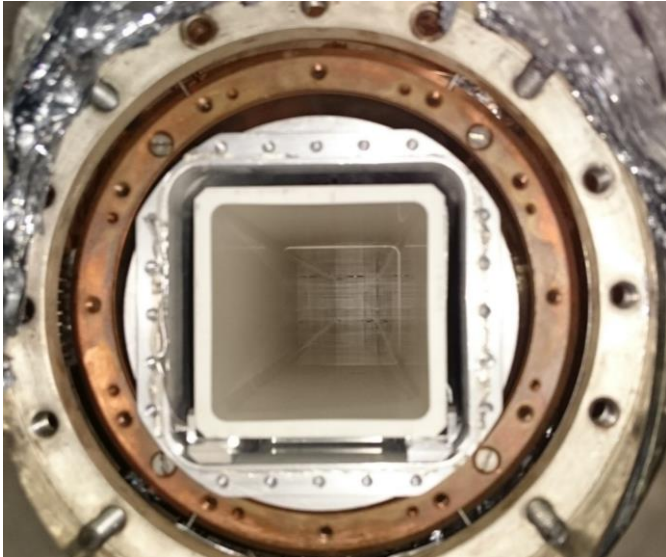
ACRONYME	↑↓	CODE	↑↓	DATE DE DÉBUT	↑↓
AEGIS		16-PH-144		01/01/2016	
COMET		16-PH-145		01/01/2016	
Few-body collisions for Gbar (Th)		16-PH-152		01/01/2016	
Gbar		16-PH-150		01/01/2016	
GRANIT		16-PH-146		01/01/2016	
Lepton flavours (Th)		16-PH-153		01/01/2016	
nEDM		16-PH-147		01/01/2016	

3 labos IN2P3 : LPCC, CSNSM, LPSC
Resp. national Thomas Lefort (LPCC)
1 DR, 2 PR, 3 MCF

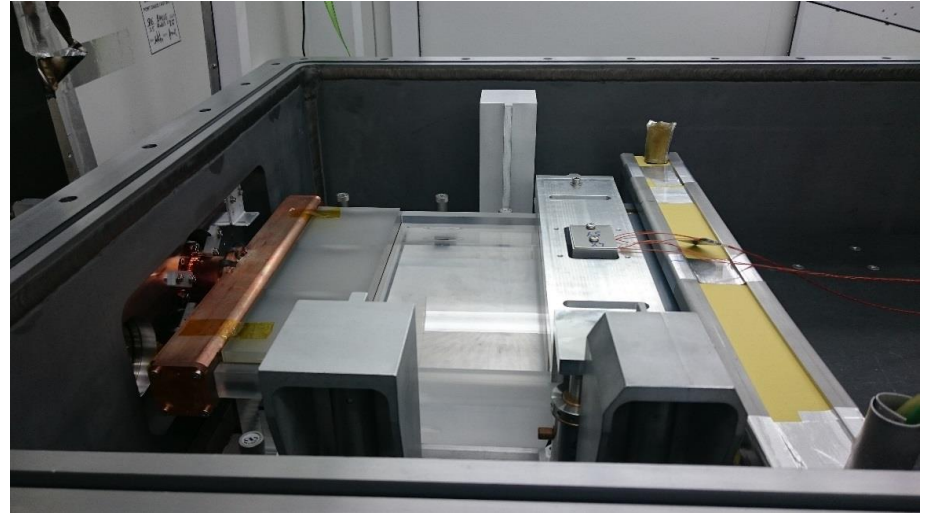
1 labo IN2P3 : LPSC
Resp. national Benoit Clément
1 DR, 1 PR, 2 MCF

Collaboration GRANIT

- Le projet GRANIT démarre en 2005 sous l'impulsion de Valery Nesvizhevsky (ILL).
- La collaboration implique l'ILL et le LPSC (+ LMA Lyon, Univ. Virginia, Dubna...) Financement initial ANR puis contrat ILL/IN2P3/UGA (révolu en 2019)
- C'est un *instrument* (parmi ~50) de l'ILL (resp. d'instruments actuels V. Nesvizhevsky et B. Clément)

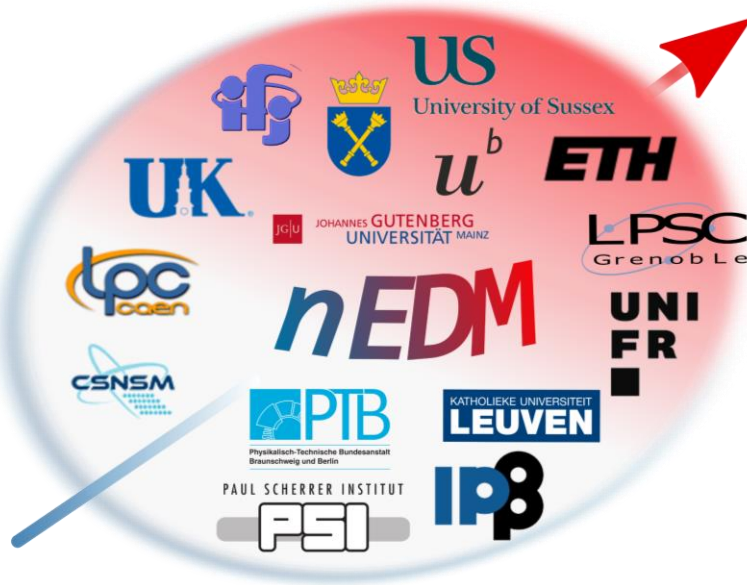


(i) Une source UCN superthermale remplie d'hélium superfluide (0.7 K) sous la responsabilité de l'ILL



(ii) Le spectromètre sous la responsabilité du LPSC

Collaboration nEDM



8 pays (Europe+US), 16 labos, 10 PhD

Spokespersons (2019-2021):

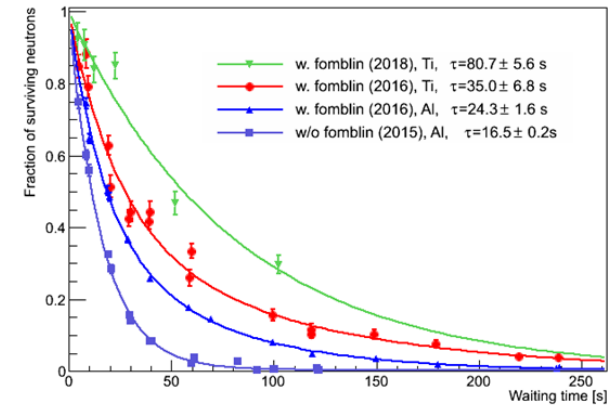
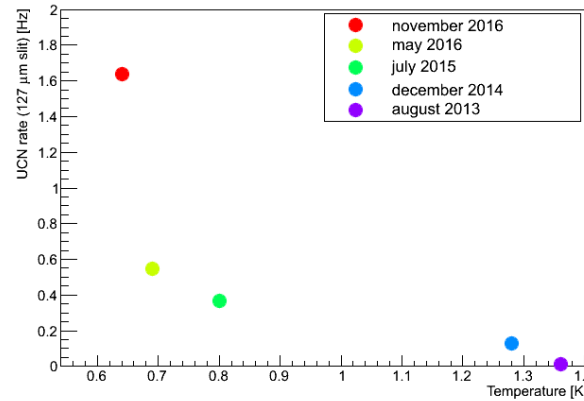
- Philipp Schmidt Wellenburg (PSI)
- Guillaume Pignol (LPSC)



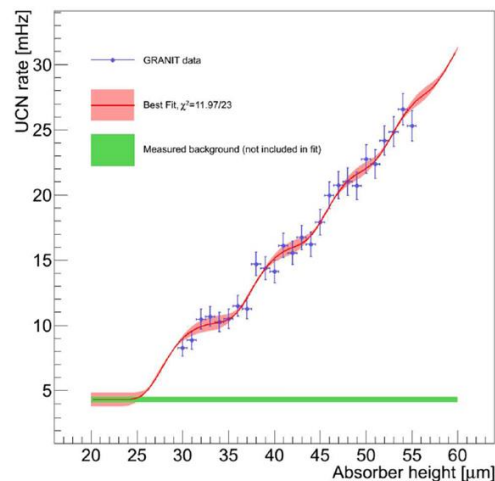
Backup

L'histoire de GRANIT

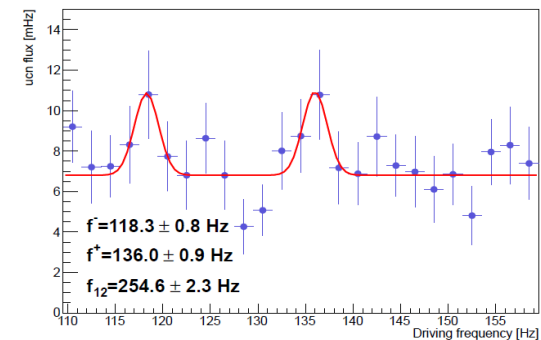
Comissioning source (2010-2018)
Amélioration des performances cryogéniques et neutroniques de la source.



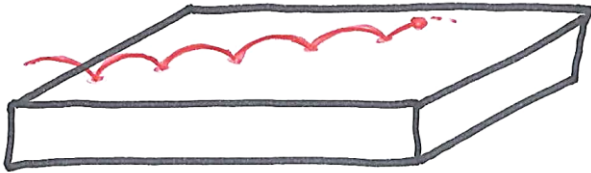
Commissioning spectro (2016-2018)
Sélection des états quantiques



Exploitation (2018-2020) :
recherche des transitions
résonantes induites par le coupleur
gravitomagnétique.



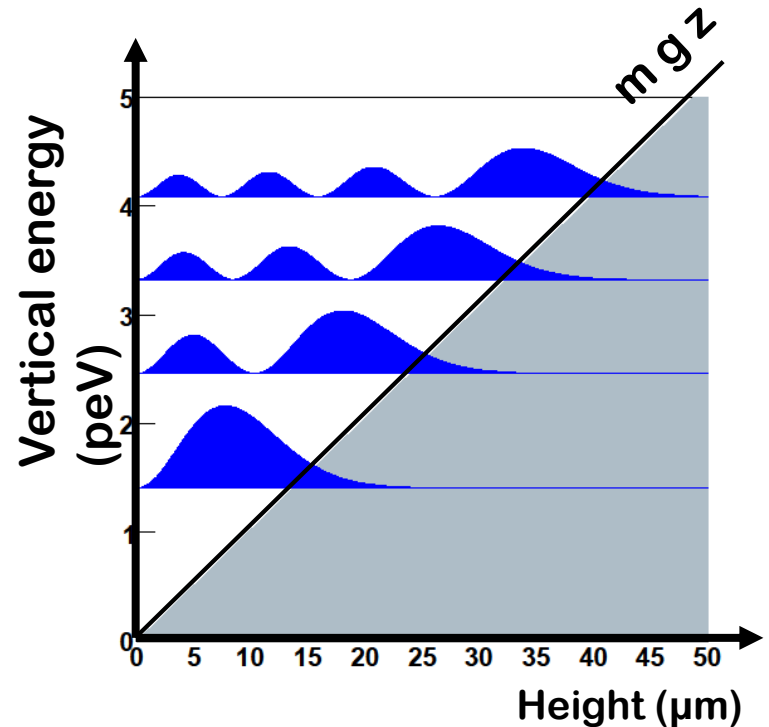
Bouncing neutrons: quantum states



The vertical motion is a simple quantum well problem

$$-\frac{\hbar^2}{2m_i} \frac{d^2\psi}{dz^2} + m_g g z \psi = E \psi$$

We want to test Einstein's equivalence principle for a quantum particle in a classical gravity field.



Visibilité et rayonnement

- *Présentations à des conférences et ws* (membres et **doctorants**):
 - 2016: DarkEnergy@UK (GP), HiseBSM@Vietnam (GP)
 - 2017: nEDMworld@Canada (GP), DarkEnergy@Orsay (GP), congrès SFP@Orsay (GP)
 - 2018: Spin@Ferrara (GP), ESS@Stokholm (GP), DarkEnergy@IAP (GP), GDR_INF (GP), GDR_INF (RV), PPNS@ILL (**YX, LF**)
 - 2019: IUPAP@London (GP), GDR_INF (**LF**)
- *Séminaires*
 - LAL en 2015 sur UCNs
 - IPNL en 2016 sur EDM
 - LKB en 2016 sur EDM
 - Observatoire de Paris en 2017 sur EDM
 - Université de Berne en 2018 sur EDM
 - LPC Clermont en 2018 sur GRANIT
 - LPNHE en 2019 sur EDM
- *Organisation de conférences et workshops*
 - Rencontres du Vietnam HiSeBSM2016
 - Workshop Axion2018 au LPSC
 - Conférence PPNS2018 à l'ILL

Responsabilités (2015-2019)

Responsabilités recherche

- Spokesperson collaboration nEDM : 17 labos europe + 1 labo US (G.P.)
- Responsable instrument GRANIT à l'ILL et du masterprojet à l'IN2P3 (B.C.)

Responsabilités pédagogique (3 enseignants chercheurs)

- responsabilité plate forme TP LPSC (B.C.)
- Responsabilité filières : L3 physique (B.C.), M2 sureté nucléaire (G.P.)
- Nombreux cours, TD et TP, essentiellement niveau L3, M1 et M2

Responsabilités collectives et administratives

- Implications dans la vie de l'Université
 - **Vice présidence université UGA (K. P. occupation >100%)**
 - Conseil du pole page (G.P.)
 - Coordination des plateforme de TP de l'UFR Phitem (B.C.)
 - Conseil de l'ED de physique (B.C.)
 - Paricipation aux comités de sélection McF (B.C.)
- Implications au niveau national
 - Comité national section 01 (G.P.)
 - CNU section 29 (B.C.)
- Implications dans la vie du laboratoire
 - Membres du conseil scientifique du LPSC (D.R. puis G.P. puis B.C.)

Auto analyse du groupe

Forces

- Expertise reconnue dans la thématique des neutrons ultrafroids
- Position de leadership dans la collaboration nEDM, elle-même en tête de la compétition internationale
- Moyens importants assurés par l'obtention de contrats ANR et ERC

Faiblesses

- La communauté française sur les mesures de précision des interactions fondamentales est très petite
- Faible effectif de chercheurs permanents dans l'équipe

Opportunités

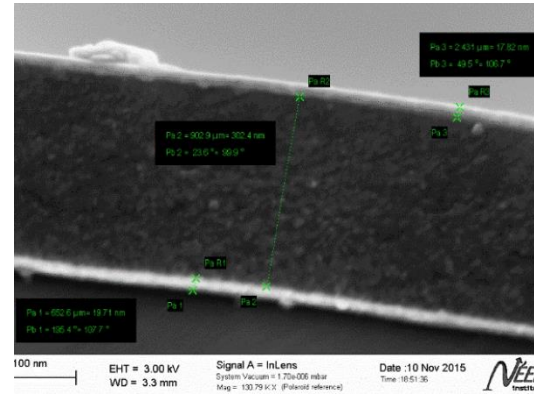
- Démarrage de l'expérience n2EDM
- Croissance de l'intérêt et de la pertinence des mesures de précision à la frontière de l'intensité

Menaces

- Fin des contrats ANR et ERC en 2020 et 2022
- Diminution du nombre de chercheurs permanents et non permanents de l'équipe

Fait marquant 1/3 : détecteur CCD GRANIT

Détecteur UCN sensible à la position :
CCD + couche de conversion en ^{10}B



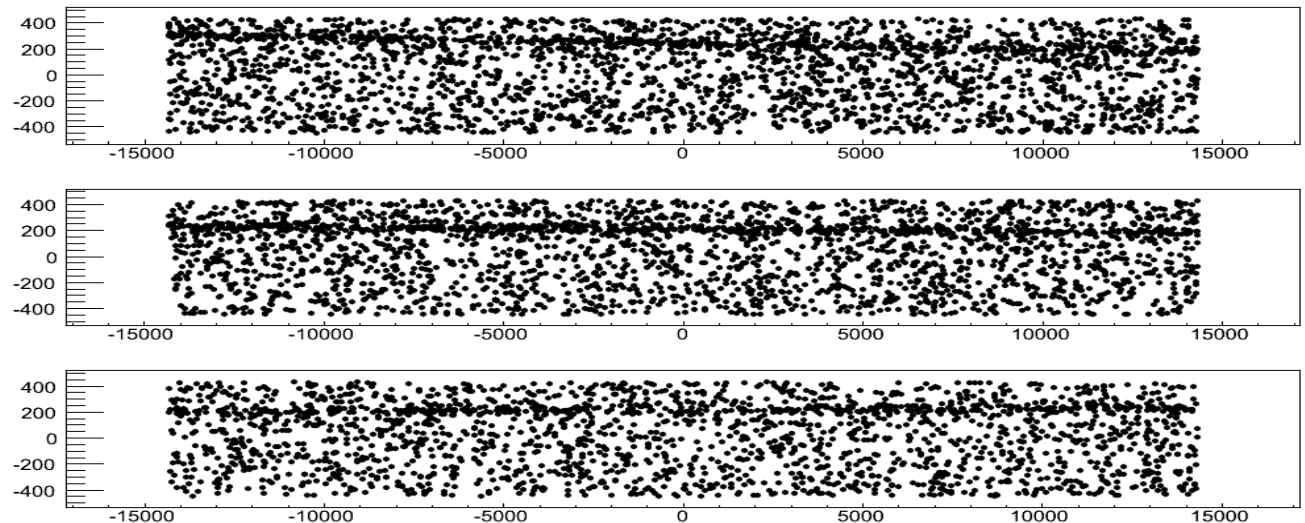
Dépôt plasma LPSC
20 nm titane
200 nm bore-10
20 nm nickel

Electronique et mécanique made in LPSC

Tests du détecteur complet (8 modules dont 1 inactif)

Cycle mars 2018 tests UCNs sur GRANIT: 18,000 UCNs en 1 nuit

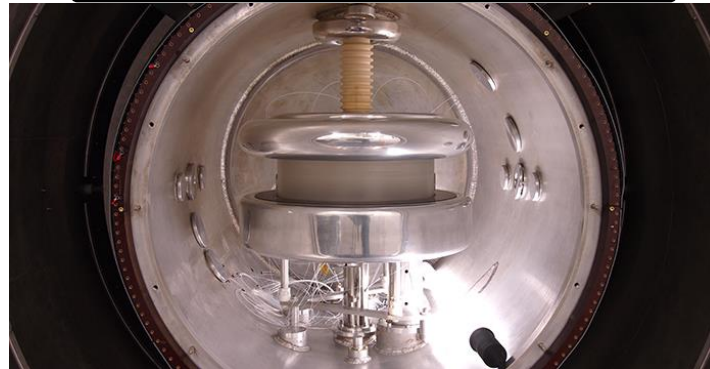
UCNs en sortie d'une fente de $\sim 40\mu\text{m}$ dans GRANIT vue sur trois capteurs



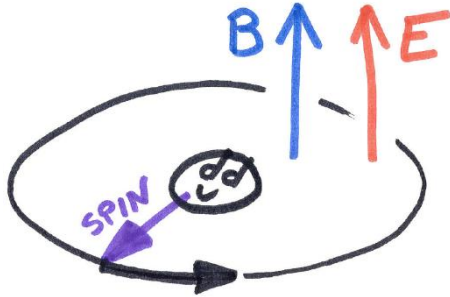
Expériences nEDM et n2EDM

1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008

ILL data production



Best limit: $d_n < 3 \times 10^{-26} e \text{ cm}$
 [Baker *et al*, PRL (2006)
 Pendlebury *et al*, PRD (2015)]



2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

PSI data

n2EDM data...

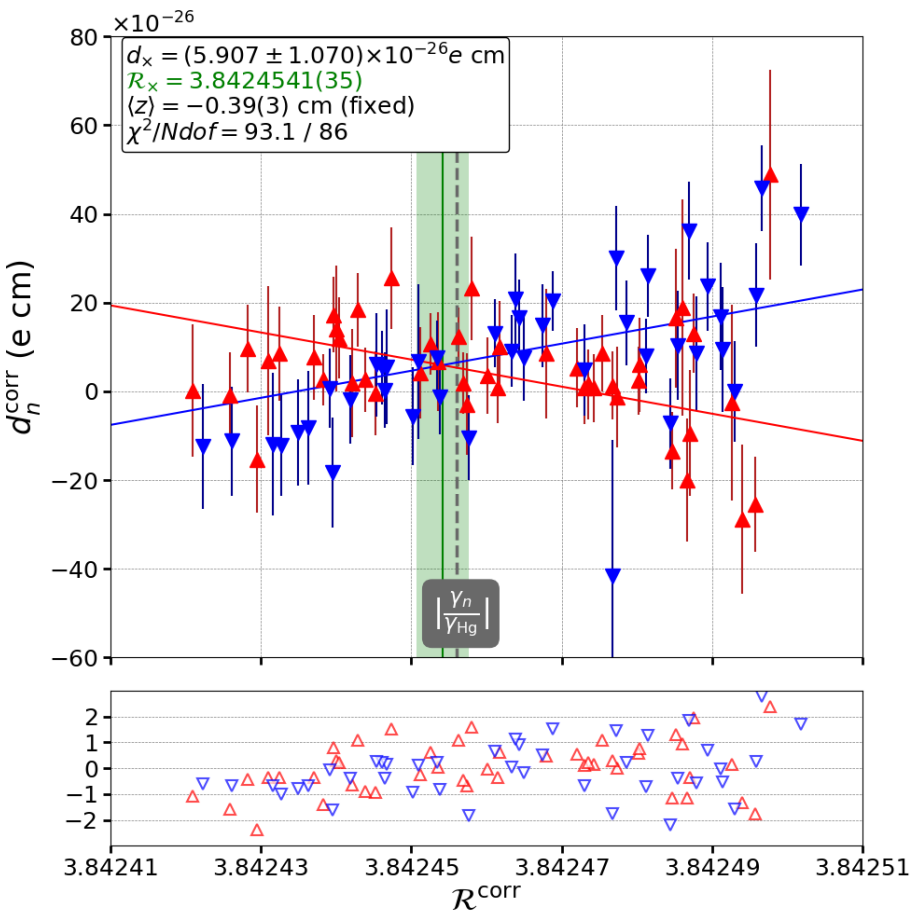


Move of the (upgraded) apparatus at PSI



Dismantling nEDM
 Starting n2EDM construction

Fait marquant 2/3 : résultat nEDM imminent



- Données nEDM 2015-2016
- Analyse statistique :
thèse Y. Kermaidic
postdoc A. Leredde
- Correction systématique :
thèse L. Ferraris-Bouchez

« double-blind analysis »

- Deux groupes optimisent séparément leurs analyses stat. et syst. (2014-2019)
→ comparaison des erreurs et corrections
- Octobre 2019 : levée du premier blinding
→ Résultats en accord à 0.2σ
- Fin novembre 2019 : unblinding final

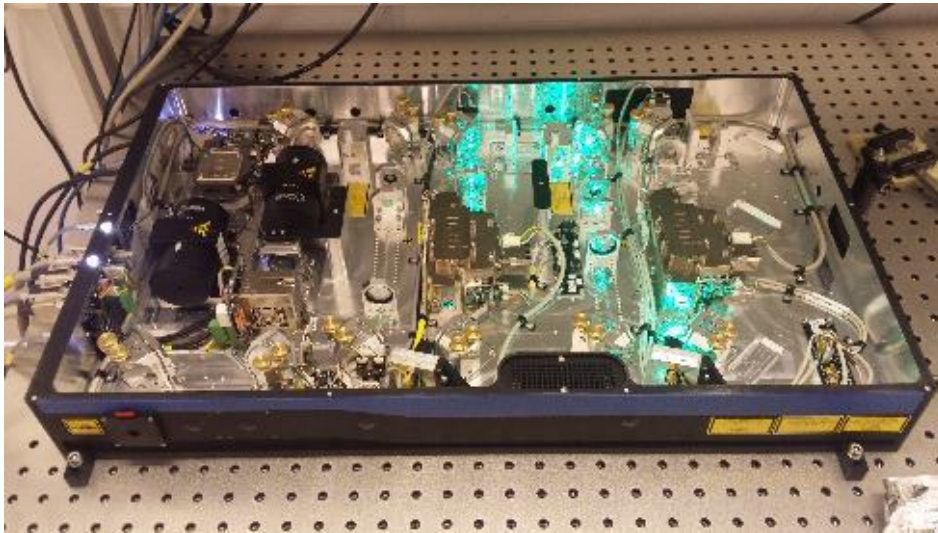
Résultat soumis mi décembre à PRL (embargo jusqu'au 28/01/2020)

$$d_n = (x.x \pm 1.1_{\text{stat}} \pm 0.2_{\text{sys}}) \times 10^{-26} \text{ e cm}$$

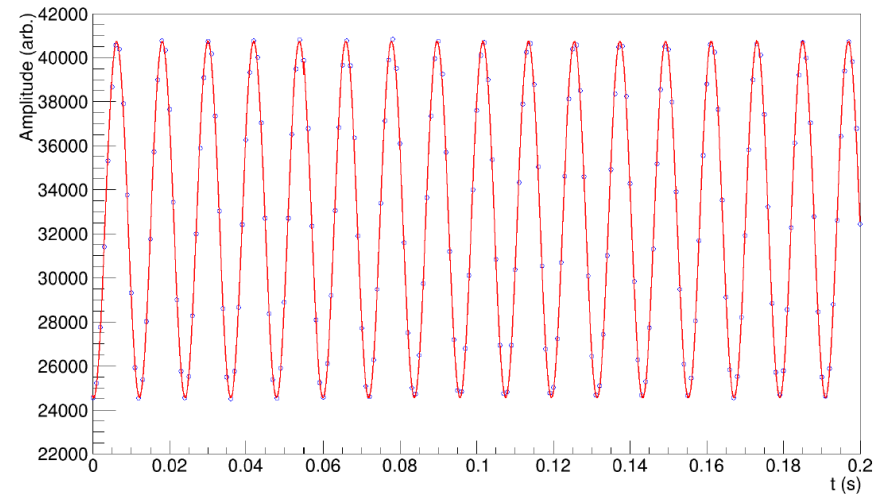
Fait marquant 3/3 : ERC NEDM

Sujet : les effets systématiques dans nEDM et n2EDM, période 2017 – 2022

- Analyse nEDM - Thèse de Laura Ferraris-Bouchez en cours
- Design et construction pour n2EDM - Postdoc Romain Virot en cours
- Création du L4M - Postdoc Arnaud Leredde
(Laboratoire pour la Mesure du Moment Magnétique du Mercure)



Acquisition laser UV (fréquence quadruplée)
 $\lambda=254$ nm, développement de la stabilisation active de fréquence



Signal optique du spin des atomes de mercure, précession dans un champ B

$$f = \frac{\gamma_{\text{Hg}} B}{2\pi}$$

Projet 1 : GRANIT, since 2006

Responsable scientifique du master projet : Benoit Clément

Responsable technique de l'expérience : Francis Vezzu

Caractérisation des niveaux quantique de neutrons dans le champ de pesenteur terrestre

2 expériences complexes couplées : source UCN superthermale / spectromètre gravitationnel

- **Fiabilisation et opération source UCN hélium superfluide**
- **Construction mécanique de précision micrométrique pour le spectromètre**

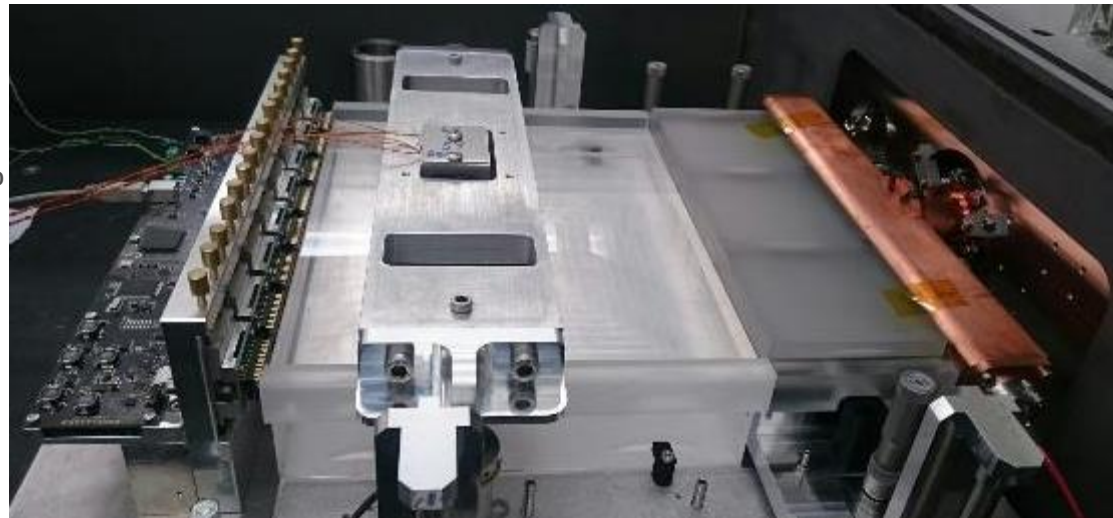
Chercheurs du projet

Benoit Clément (90%), Dominique Rebreyend (30%), Guillaume Pignol (5%), Yinghao Xi (thèse)
+ Valery Nesvizhevsky à l'ILL

IT participants au projet

•2 permanents

- Francis Vezzu (IR mécanique) 40%
- Patrick Boge (mécanique) 20%



Suite au CS du LPSC de novembre 2018 :

forte réduction de l'implication des services techniques à partir de 2019
arrêt de cette activité mi-2020