

Le projet *Biréfringence Magnétique du Vide*

Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité, Toulouse, France :

B.Pinto da Souza (Ph-D), M.Fouché, C.Robilliard, J.Vigué, C.Rizzo.

Laboratoire National Champs Magnétiques Pulsés, Toulouse, France :

S.Batut (Ph-D), G.Rikken, R.Battesti.

et \approx 10 ingénieurs et techniciens

En collaboration avec

LMA-VIRGO, IN2P3, Lyon, France :

LULI, École Polytechnique, Palaiseau, France.



LNCMP : record européen de champ magnétique

Générateur
24 kV, 14 MJ
65 kA courant limite

78 T



Campus de l'Université Paul Sabatier



Projet BMV :

Tests en laboratoire

BMV au LNCMP

Financié depuis 2001
Motivé par la EDQ

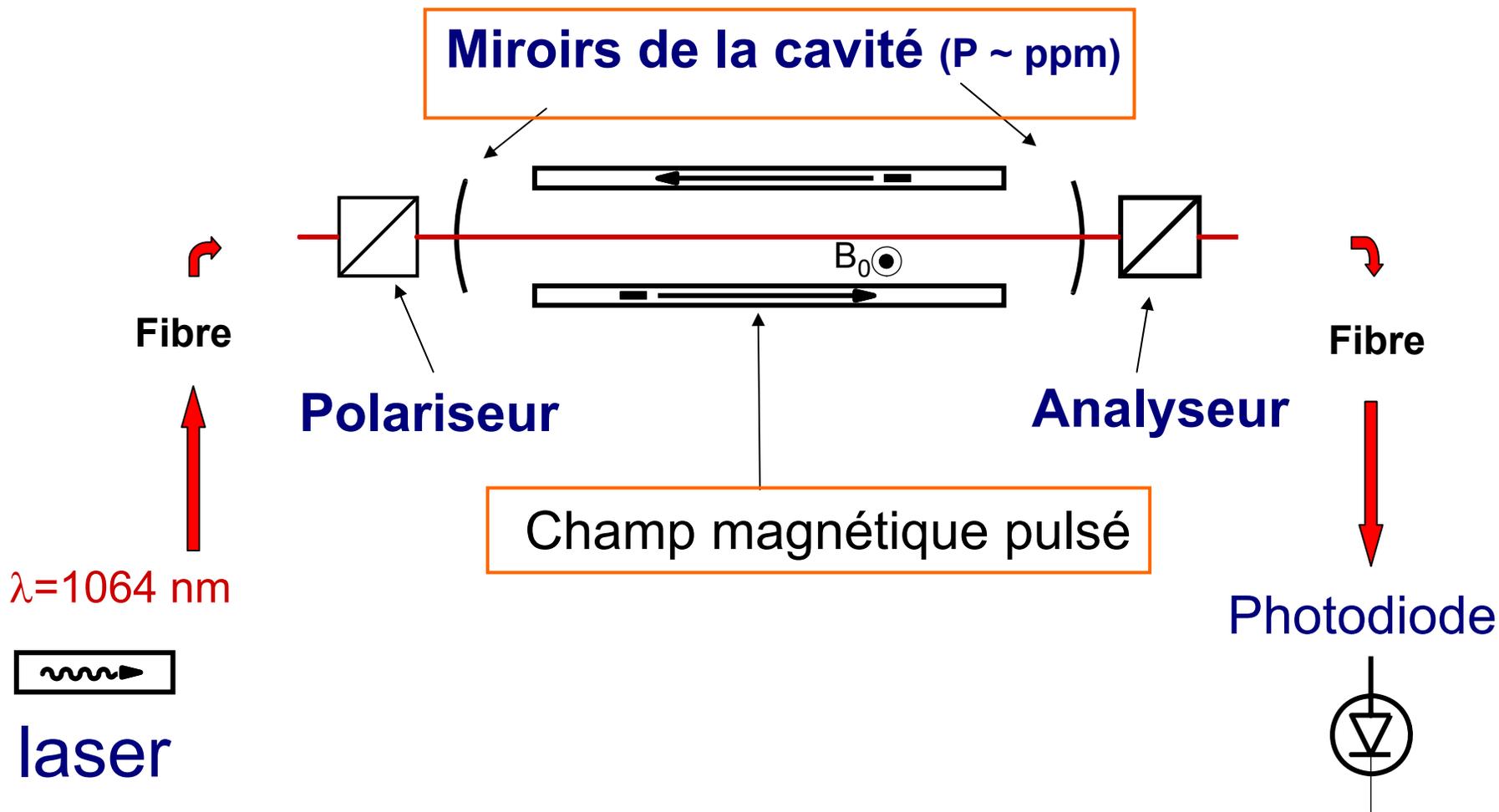
Régénération de photons au LULI

Financié depuis 2006
Motivé par les résultats de PVLAS
Recherche de particules « axionlike »
Premiers résultats !

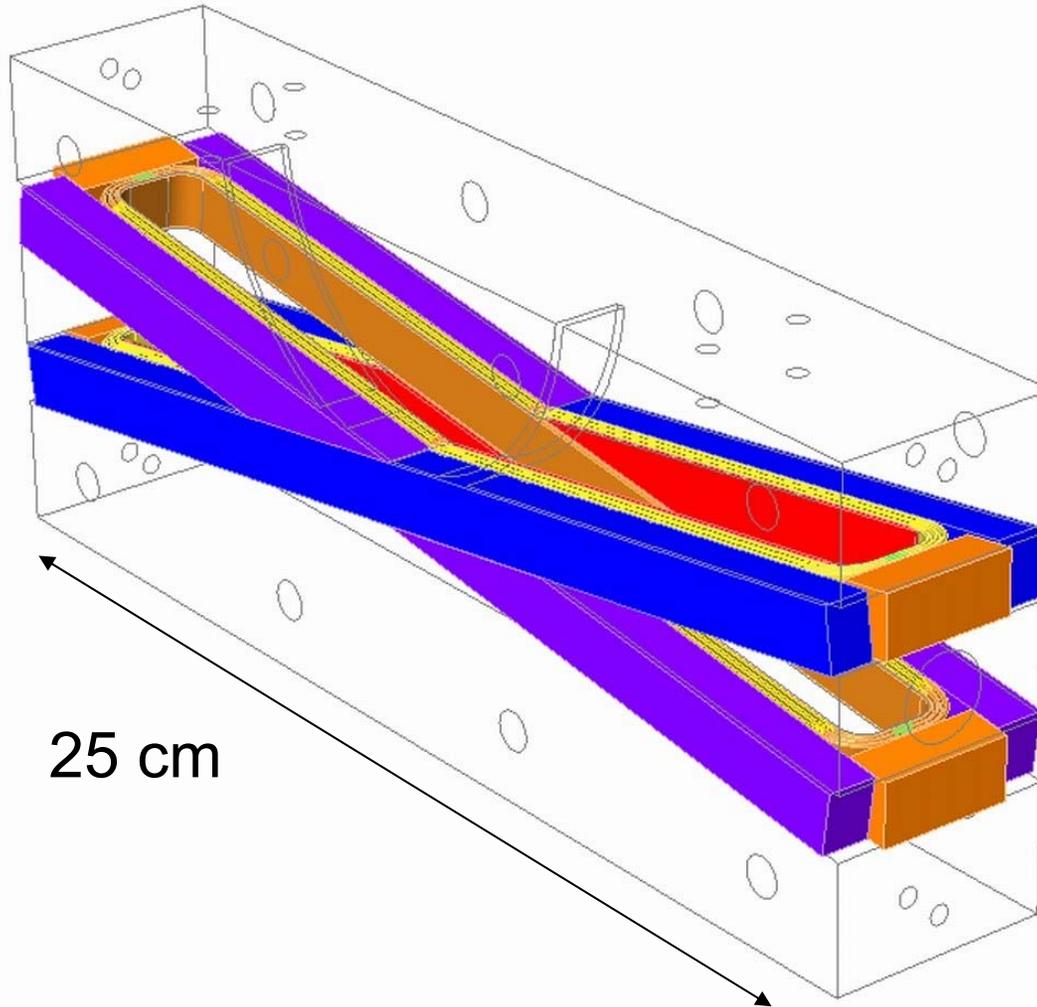
Tests astrophysiques

Quantum vacuum lensing
&
Photon-Axion conversion
&
...

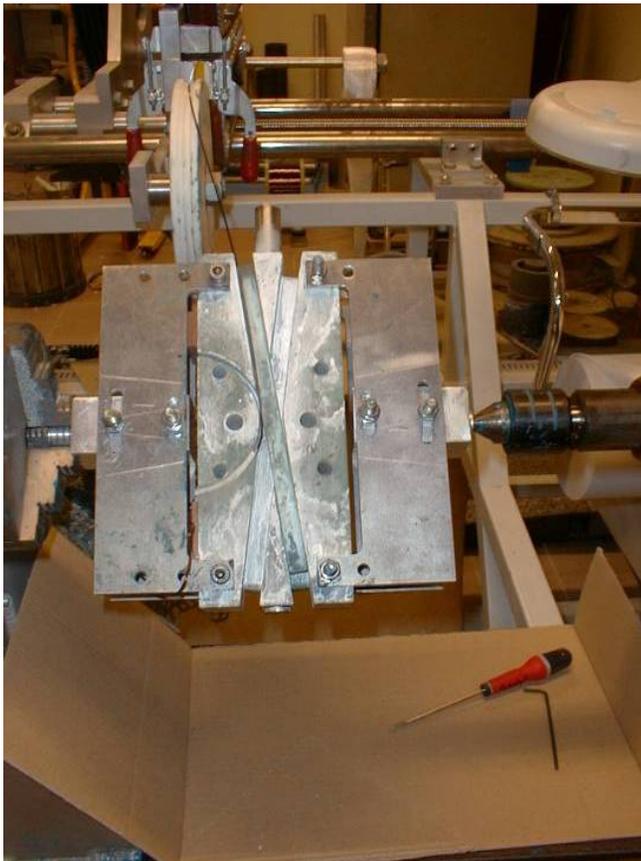
Schéma expérimental : basé sur l'idée de Iacopini and Zavattini (1979)



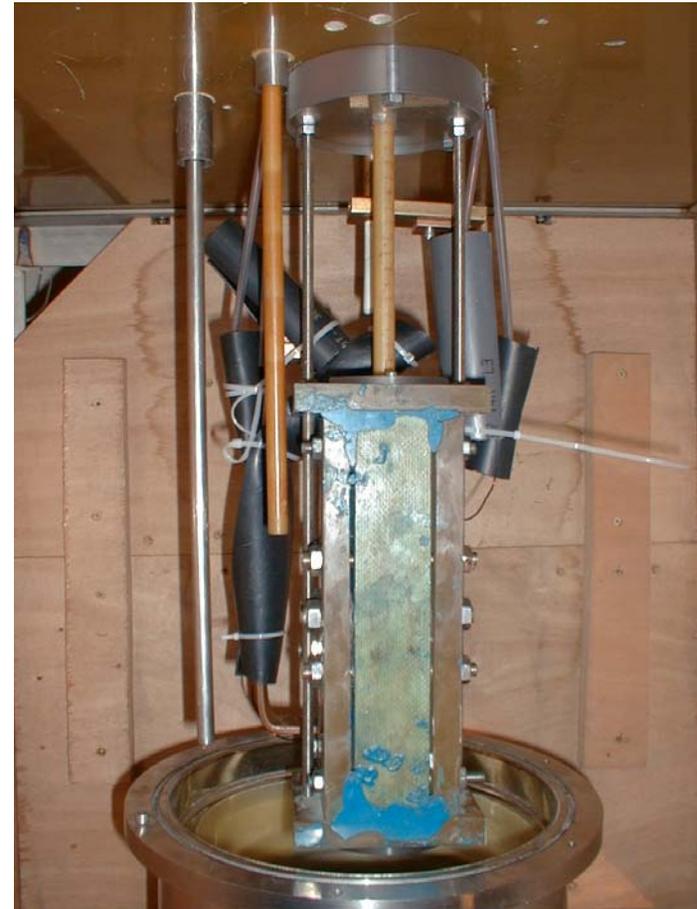
Xcoil



X coil

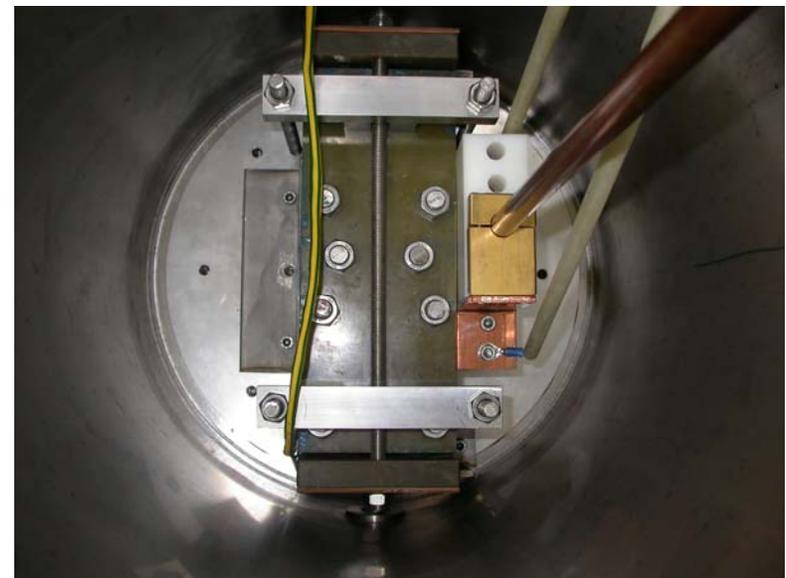
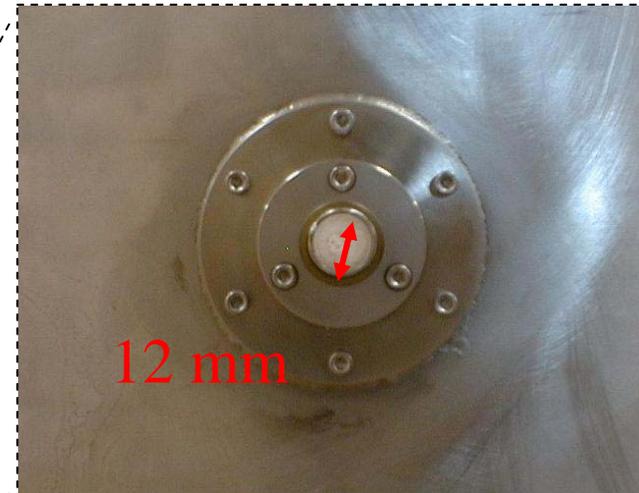


Bobinage

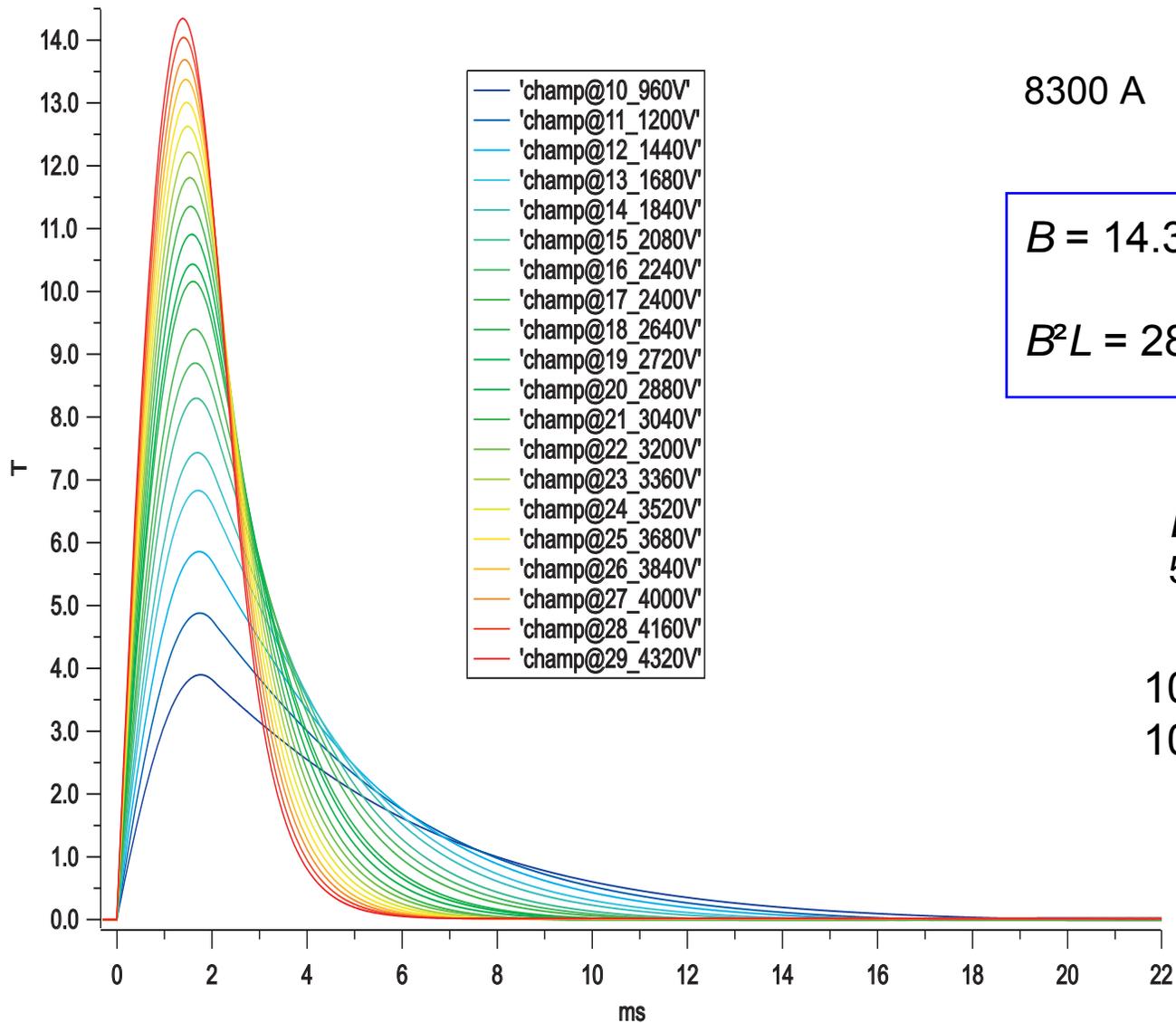


Test à la température de l'azote liquide

Cryostat pour l'azote liquide



La bobine dans son cryostat



8300 A

$B = 14.3 \text{ T};$
 $B^2L = 28 \text{ T}^2\text{m}; BL = 2.6 \text{ Tm}$

Duty cycle :
 5 pulses per hours

100 pulses at 11.5 T
 100 pulses at 12.5 T

Cavité Fabry-Perot

- Ellipticité $\times 2F/\pi$.
- Biréfringence des miroirs
- Asservissement Pound-Drever-Hall

Finesse $F > 200\,000$

Miroirs réalisés au
LMA-VIRGO IN2P3 de Lyon



Salle blanche

Miroirs ($\lambda=1064$ nm)

Pour une finesse $> 200\ 000$, on ne peut pas tolérer plus de 2 or 3 particules de l'ordre de $\lambda/3$!

Laboratoire des Matériaux Avancés - Villeurbanne - France

C020112N.10R

Wavelength
= 1.0640 μm

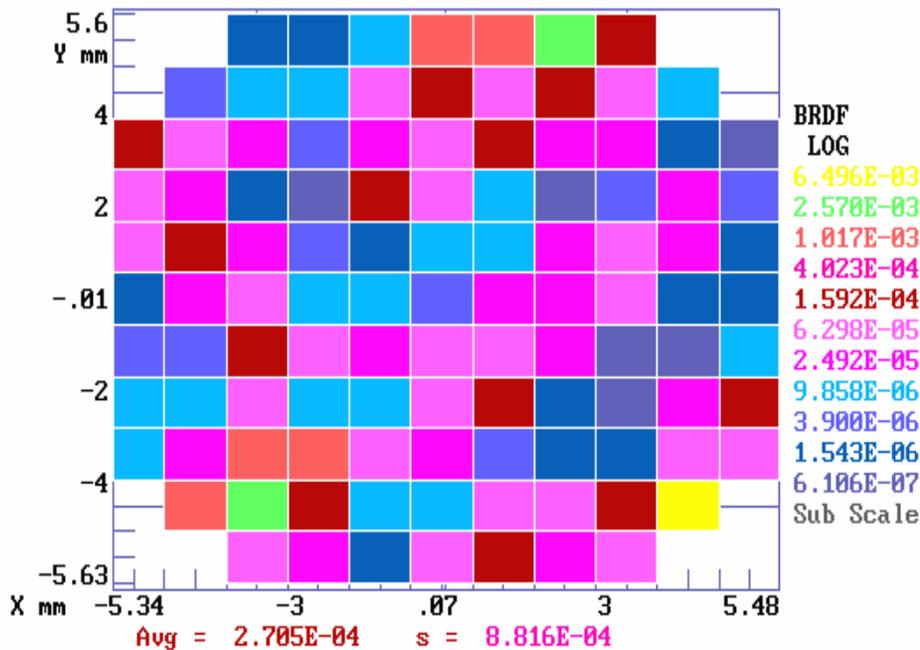
Reflectance
R = 1.0066

Angles:
 $\theta_i = 3.00^\circ$
 $\theta_s = 13.00^\circ$
 $\alpha = 0.00^\circ$

Spot Dia., mm
= 1.000

Step Size, mm
= 1.000

Scan Ctr., mm
X = 0.000
Y = 0.000



Cartographie
d'un miroir

LMA-Virgo

Miroirs pour le Fabry-Perot : 4 prêts à Toulouse

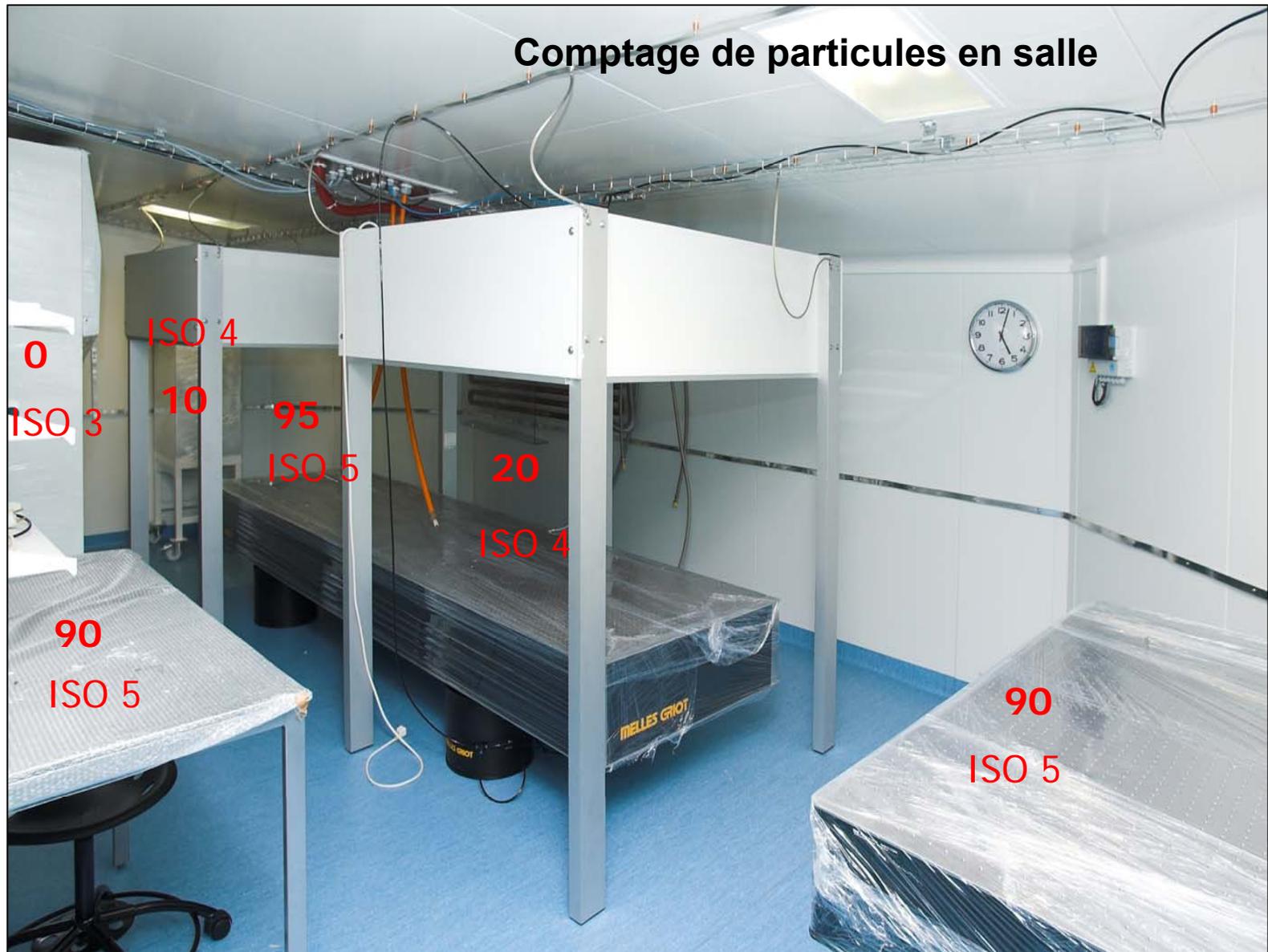


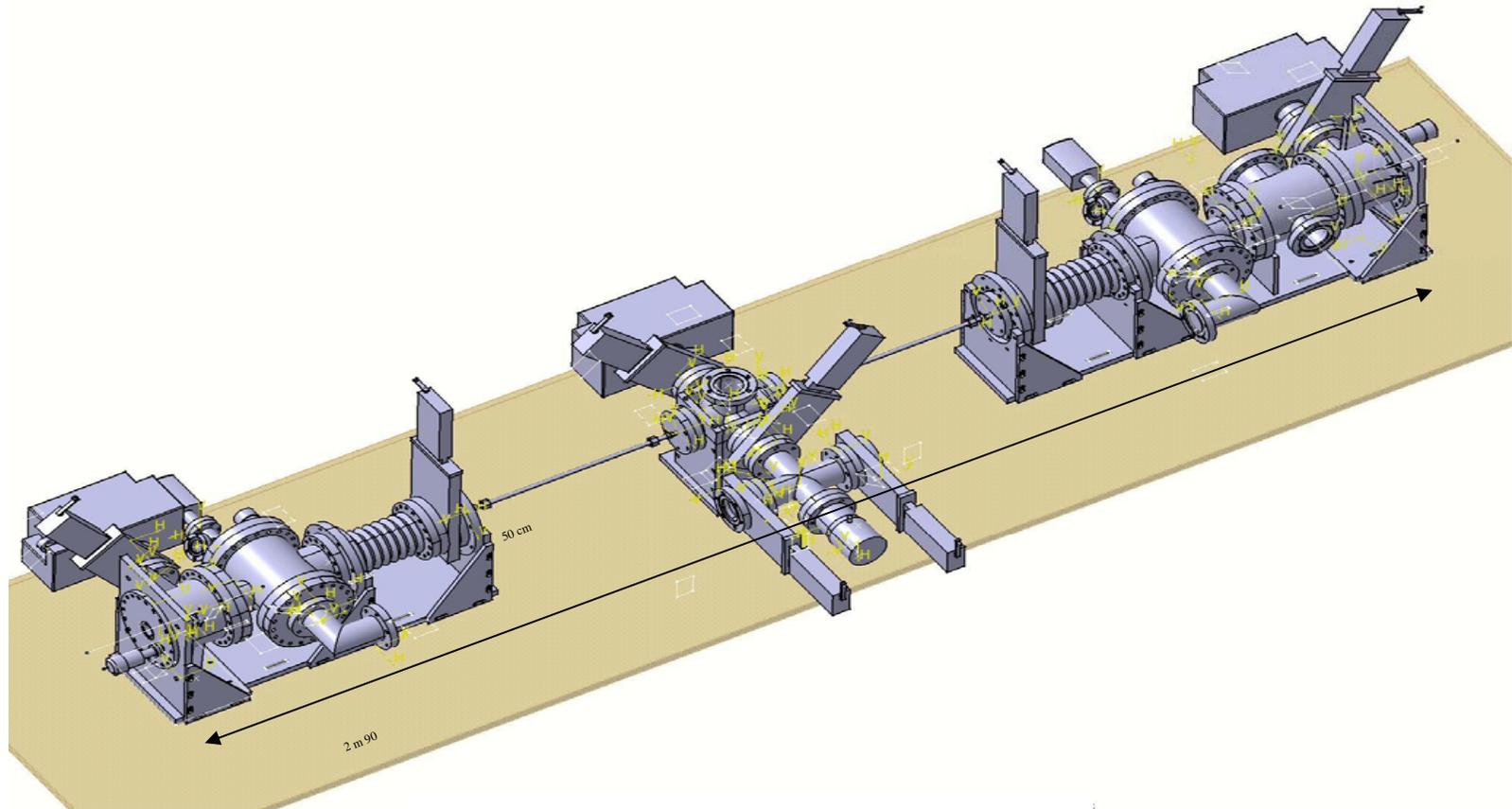
Miroirs (HB)22 HBB haute réflectivité pour cavités BMV

Référence	P_D		P_A	T
	Diffusion (ppm) @ 1064 nm Sur \varnothing 16 mm	Au centre	Absorption @ 1064 nm (ppm)	Transmission @ 1064 nm (ppm)
06033/11 concave 8 m, incidence 0°	9	2,4	0,8	1,7 incidence 1°
06033/12 concave 8 m, incidence 0°	8	8	0,8	1,9 incidence 1°
06033/13 concave 8 m, incidence 0°	9	7	0,8	1,5 incidence 1°
06033/14 concave 8 m, incidence 0°	11	2,4	0,8	1,6 incidence 1°

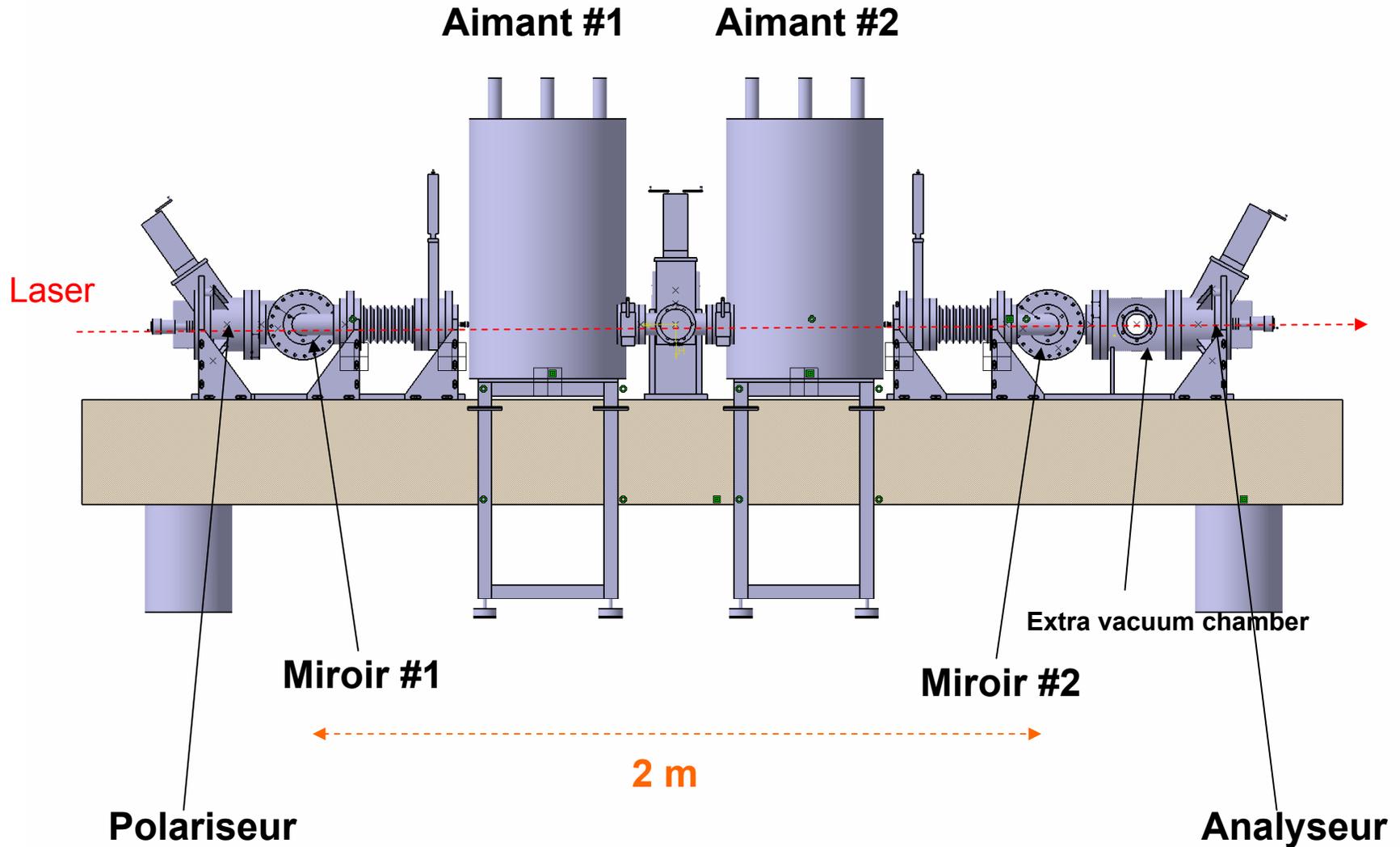
$$650\,000 \geq F = \frac{\pi}{T + P_D + P_A} \geq 290\,000$$

Comptage de particules en salle





Montage expérimental



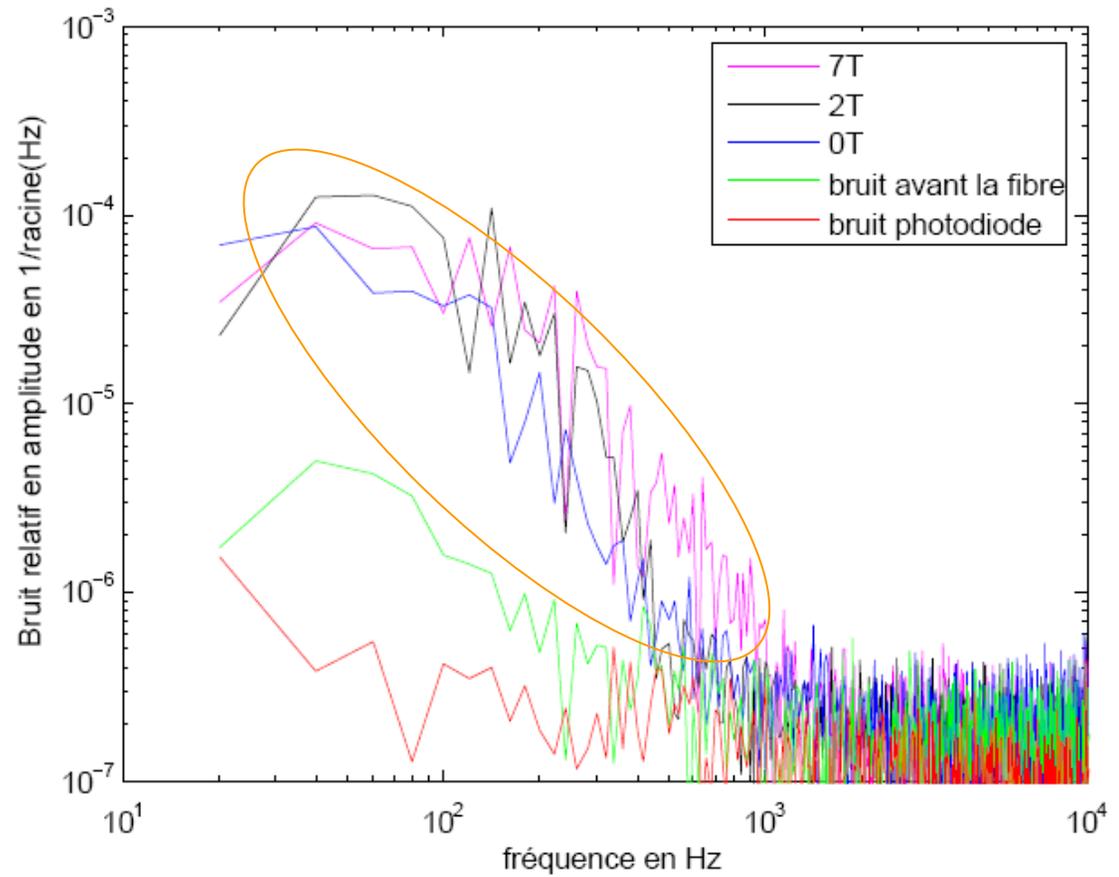
Montage expérimental

Montage optique complété en 2006





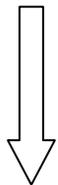
Mesures de bruit avec un champ jusqu'à 7 T



Bruit en polarisation

Grâce à la stabilisation en polarisation du laser après la fibre,

$10^{-7} \text{ Hz}^{-1/2}$

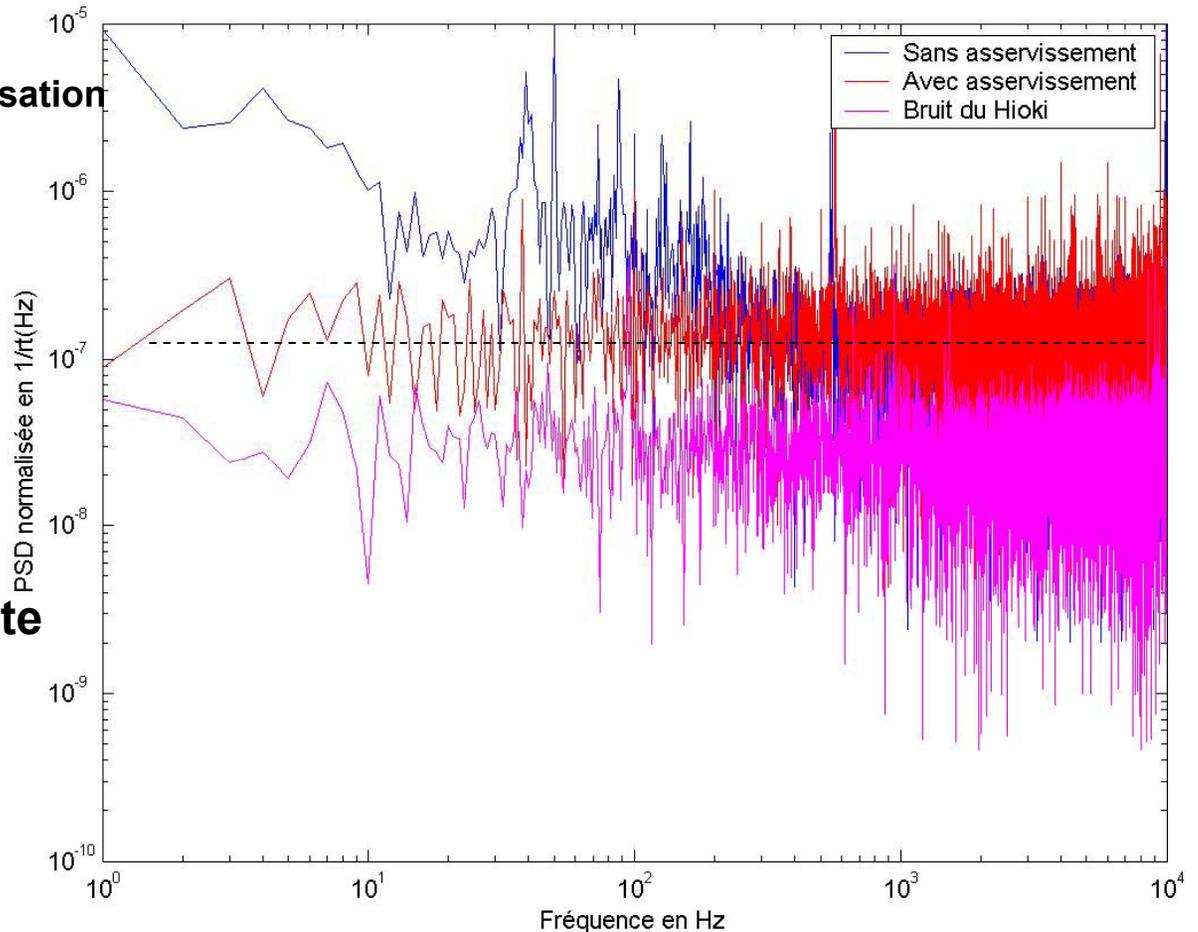


Sensibilité correspondante
 $\approx 10^{-9} \text{ Hz}^{-1/2} !!$

PVLAS : $qq 10^{-7} \text{ Hz}^{-1/2}$

Q&A : $qq 10^{-6} \text{ Hz}^{-1/2}$

Attendue pour BMV : $10^{-8} \text{ Hz}^{-1/2}$



➤ $BL = (2x)2.3 \text{ Tm}; B^2L = (2x)21 \text{ T}^2\text{m}$

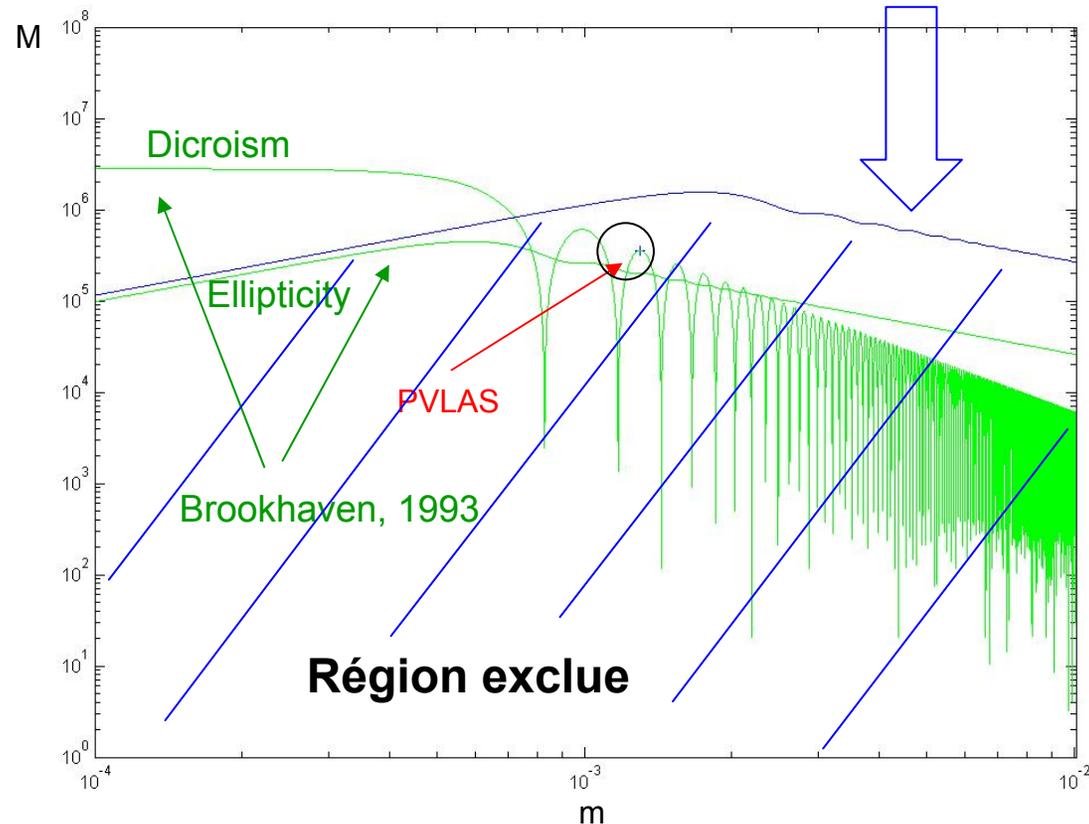
attendu :

➤ finesse $\geq 300\,000$

➤ Sensitivité = $10^{-8}/\text{Hz}^{1/2}$

BMV, 30 tirs, 1 jour

Test des résultats
PVLAS en 2007



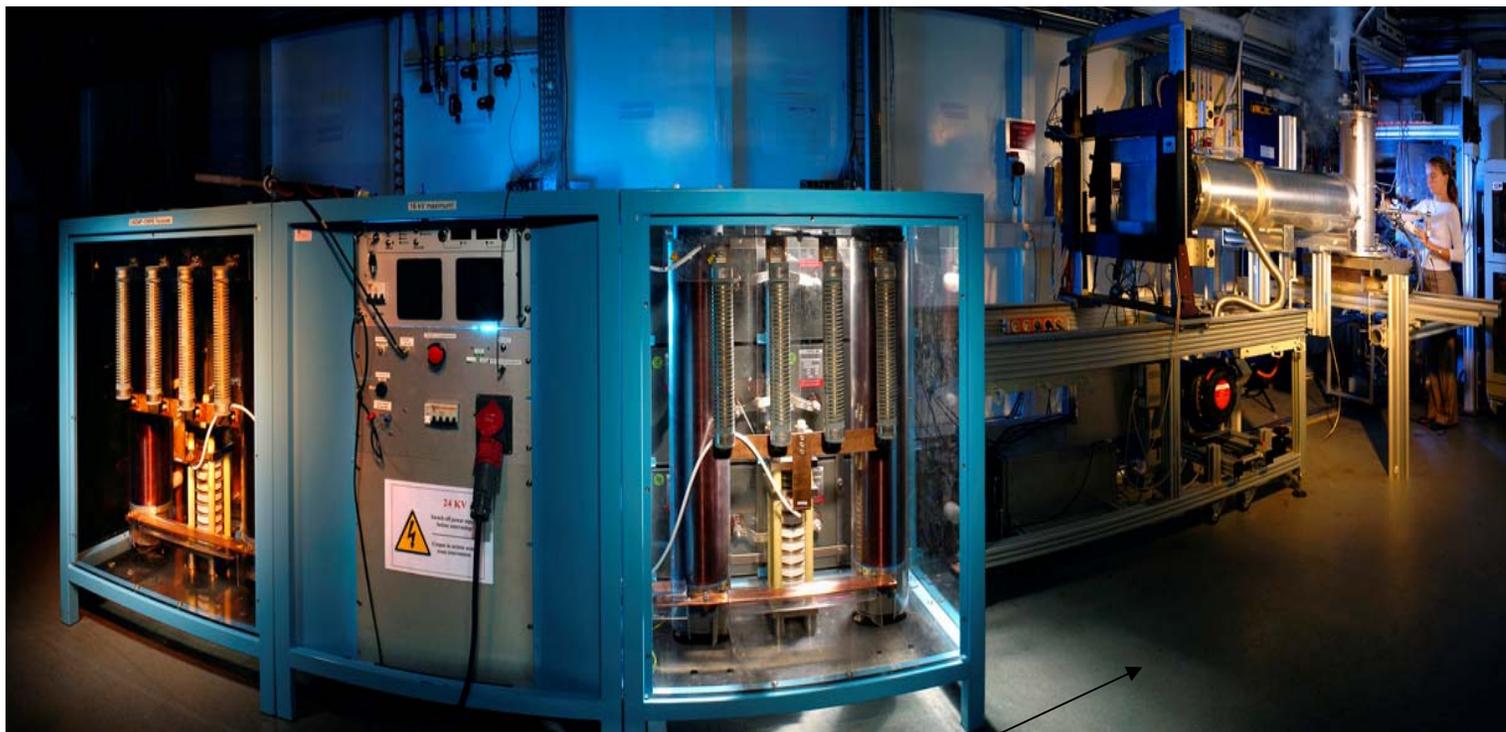
Régénération de photons au LULI

(*Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses*)

Campus de l'école
Polytechnique
en région Parisienne

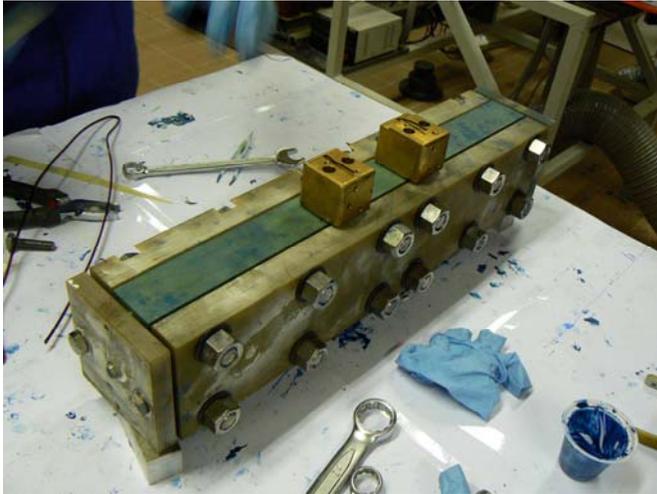


Grâce aux bobines pulsées de BMV



24 kV; $3 \times (1,2)^3 \text{ m}^3$

Générateur transportable (ici au ESRF, Grenoble)



- ◆ Deux bobines pulsées
- ◆ Xcoil
- ◆ $10 \text{ T} * 0,45 \text{ m}$
- ⇒ **B.L = 4,5 T.m sur 5 ms**

**Validées jusqu'à 5,15 T.m
(Bmax = 14,15 T / 58 T².m)**

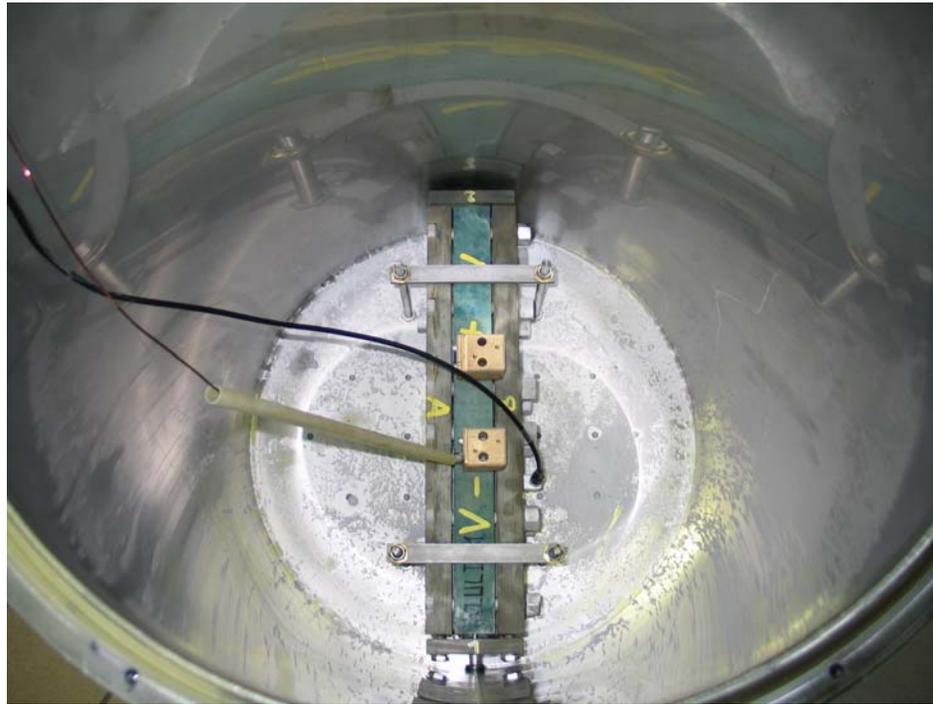
Prêtes au LULI



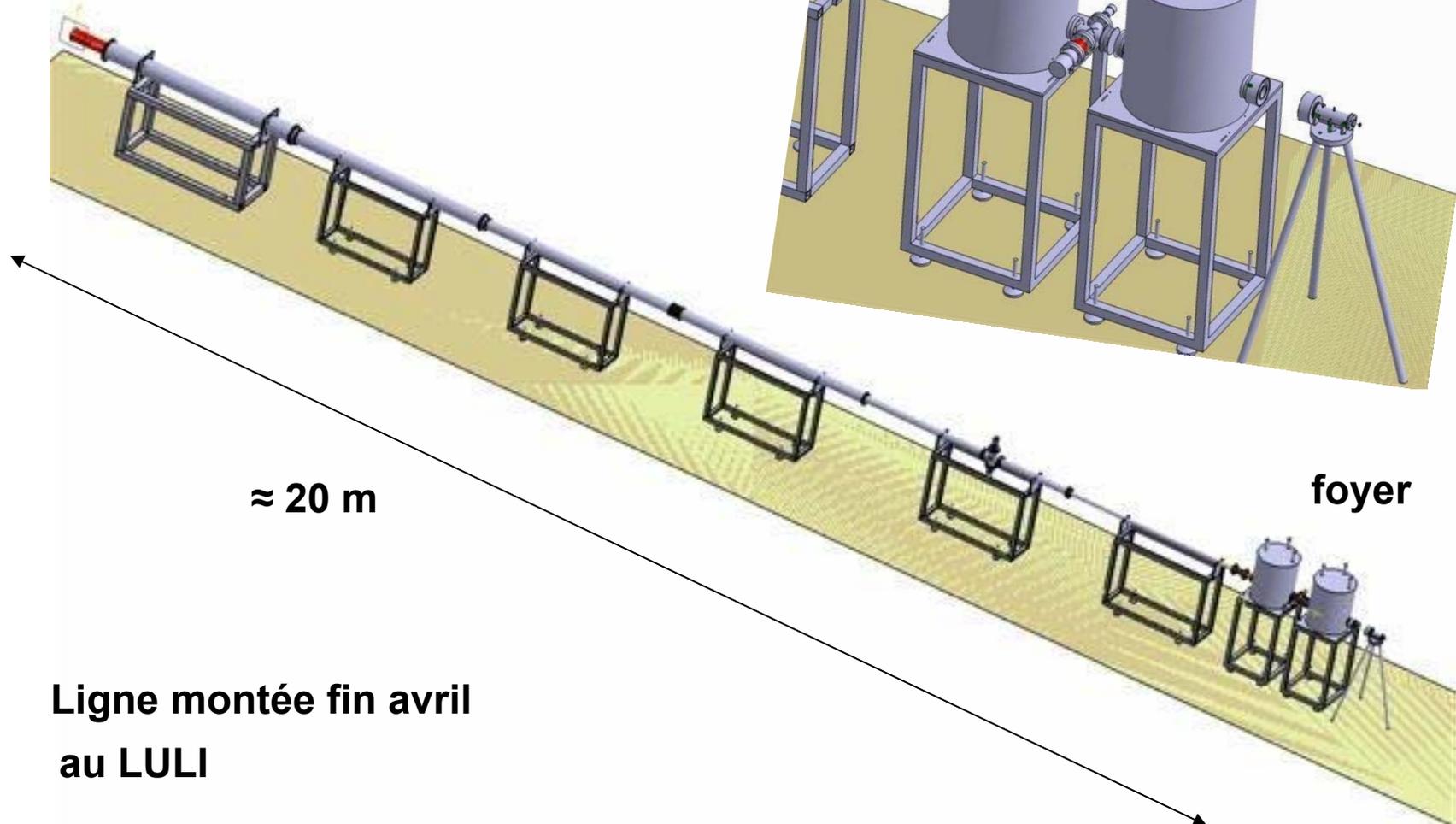
- ◆ « **Single photon counter** »
- ◆ efficacité de detection = 0.4
- ◆ bas bruit ($5 \cdot 10^{-5}$ coups/s par ns)
- ◆ injecté par fibre

Testé et monté au LULI

Coil #1 et son cryostat



Lentille



≈ 20 m

foyer

**Ligne montée fin avril
au LULI**



Aimants en place



Fibre injectée 80% de transmission



Planning serré : tout en place au LULI pour avril 2007 ... fait !

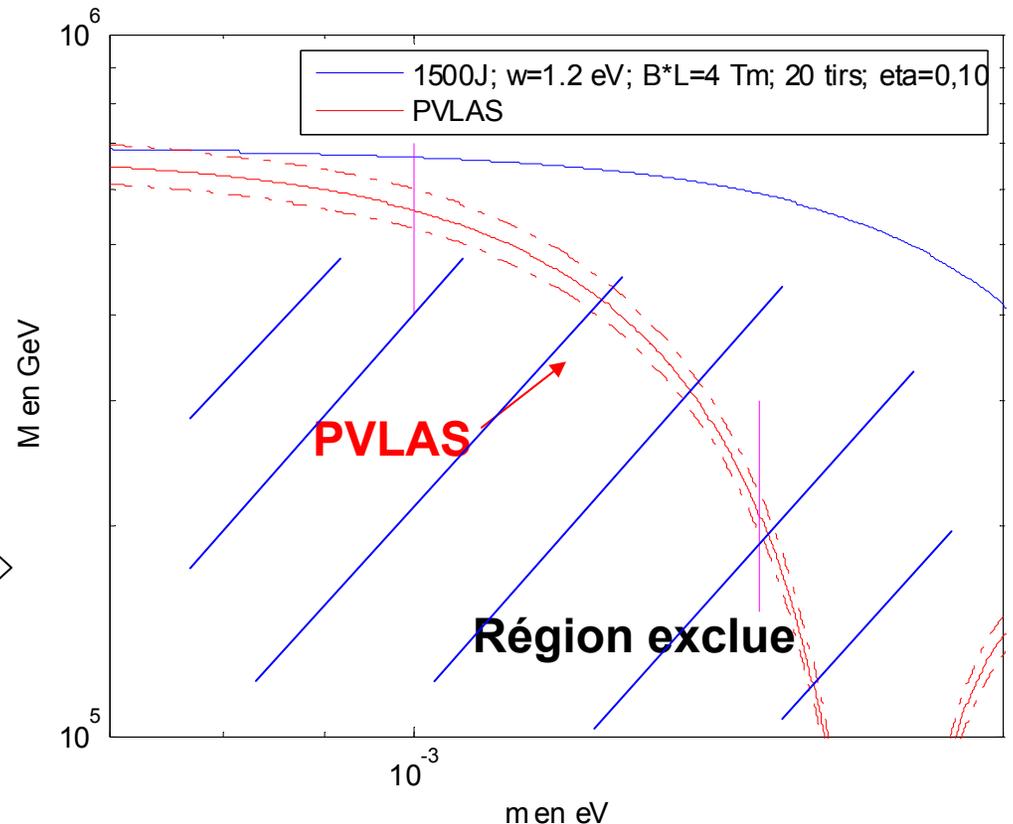
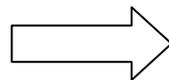
Tests bobines : fait !

Premier tir laser 500 J sans champ : bruit = 0 !!

Tirs laser 1500 J + champ magnétique à partir du 21 mai

Plus de 1 photon par tir laser attendu si PVLAS a raison !

Limites après 20 tirs de 1500 J chacun (5 jours)



Résumé de l'activité entre le 21 Mai et le 1^{er} Juin :

Configuration : pseudoscalaire.

≈ 5 kJ « utiles » ($\approx 3 \cdot 10^{22}$ photons) contre le mur;

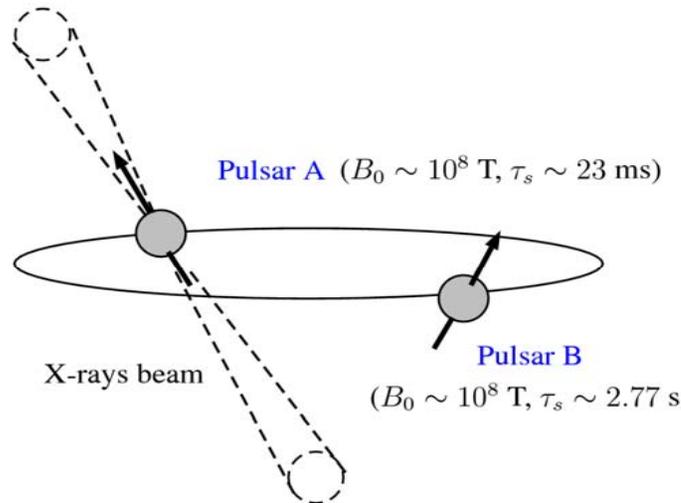
0 photons régénérés détectés contre 4÷5 attendus (au moins) .

Pas d'accord avec PVLAS !

Nous évaluons notre niveau de confiance.

Les champs magnétiques dans le cosmos ? Pulsars ($10^7 \text{ T} \rightarrow 10^{11} \text{ T}$)

Neutron star Binary System J0737-3039



Découvert par M.Burgay et al. en 2003

Période : 2 h 45 min.

■ Conversion Photon-particule

NASA GLAST

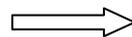


Modulation du flux de photon

■ Quantum Vacuum Lensing

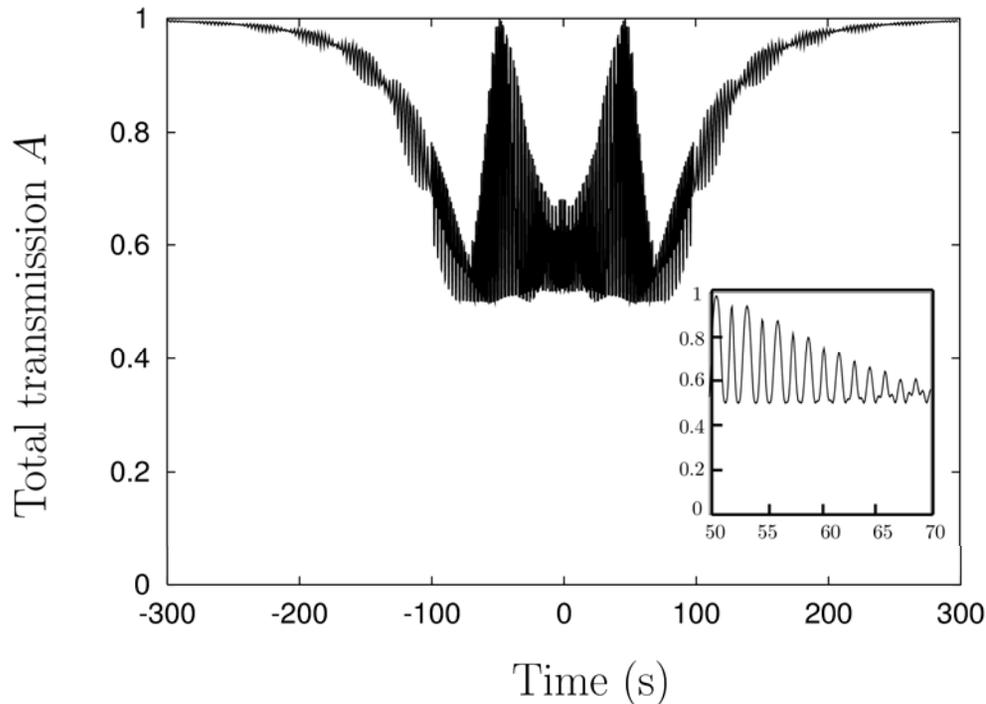
- Variation de l'indice de réfraction de la lumière le long la trajectoire du photon

ESA XMM-Newton



■ Conversion photon-PBFM

- PBFM de PVLAS



Test de PVLAS par une observation astrophysique!

→ Probabilité de conversion maximale dans la région des **rayons gamma**

→ **Modulation du flux de photons**

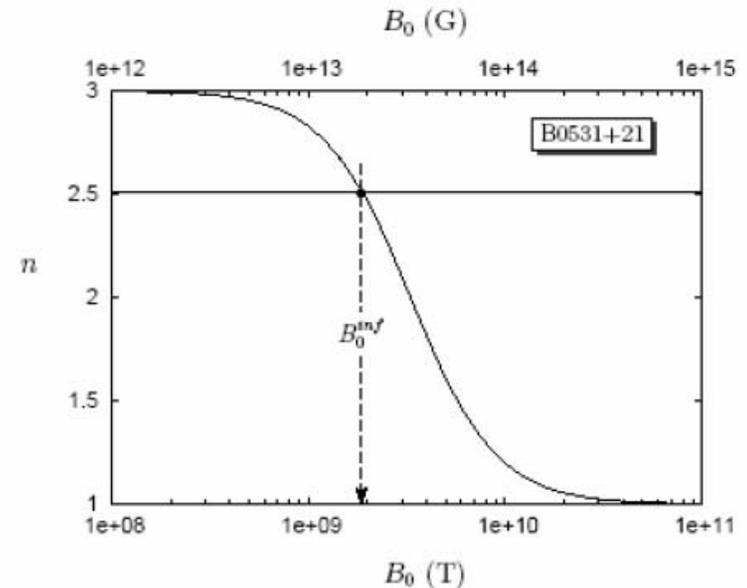
→ **Télescope NASA GLAST**
Opérationnel en 2007

<http://glast.gsfc.nasa.gov/>

■ Friction Quantique

- Interaction du **moment dipolaire avec le vide**
- Effet macroscopique de **l'énergie du vide**
- **Braking index**

Name	n	ν (s^{-1})	B_0^{dip} (10^{12} G)	B_0^{inj} (10^{12} G)
J1846-0258	2.85(1)	3.07	49	1.5
B0531+21	2.51(1)	30.2	3.8	18.9
B1509-58	2.839(3)	6.63	15	2.1
J1119-6127	2.91(5)	2.45	42	0.58
B0540-69	2.140(9)	19.8	5.1	18.9
B0833-45	1.4(2)	11.2	3.4	24.6



→ **Nouvelles valeurs** du champ magnétique

A. Dupays, C. Rizzo, D. Bakalov and G.F. Bignami, (en préparation).

Plan

- Introduction
- Historique
- Résultats récents
- Les projets futurs
- Le projet BMV de Toulouse
- **Conclusions** : Une nouvelle découverte?
la réponse en 2007 ... par le projet BMV !

LCAR

UNIVERSITÉ
PAUL
SABATIER



TOULOUSE III

Magnéto-optique du vide quantique



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



INSTITUT NATIONAL DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES

Programme CNRS
ASTROPARTICULES

Carlo RIZZO

LCAR-IRSAMC

Université Paul Sabatier et CNRS

Toulouse

carlo.rizzo@irsamc.ups-tlse.fr



AGENCE
NATIONALE
DE LA
RECHERCHE

