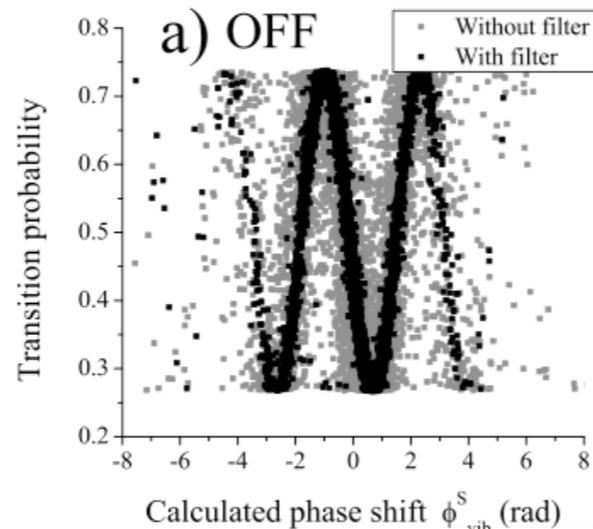


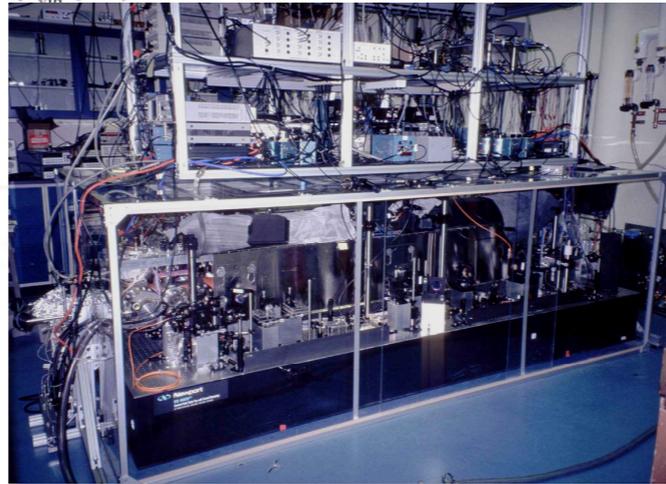
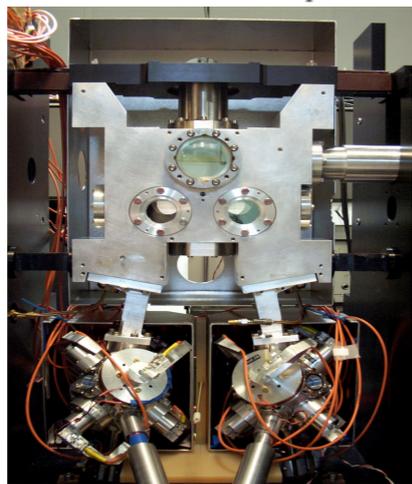
SENSEUR INERTIELS ATOMIQUES : DU SOL À L'ESPACE

SENSEUR INERTIELS À ONDES DE MATIÈRE

- On utilise une règle (optique) pour mesurer précisément la position d'une masse d'épreuve (atomique)
- Similaire à un FG5, mais on lit l'accélération directement sur le déphasage des ondes de matière

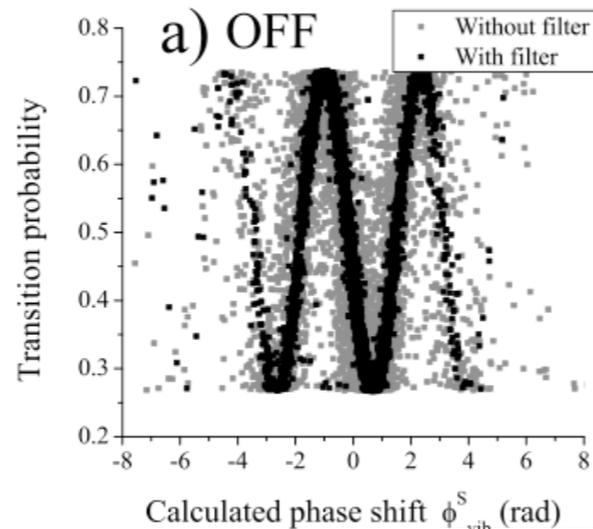


- Interferences: $N_{\text{at}} \sim \cos(2\pi a T^2 / \lambda + \Phi)$



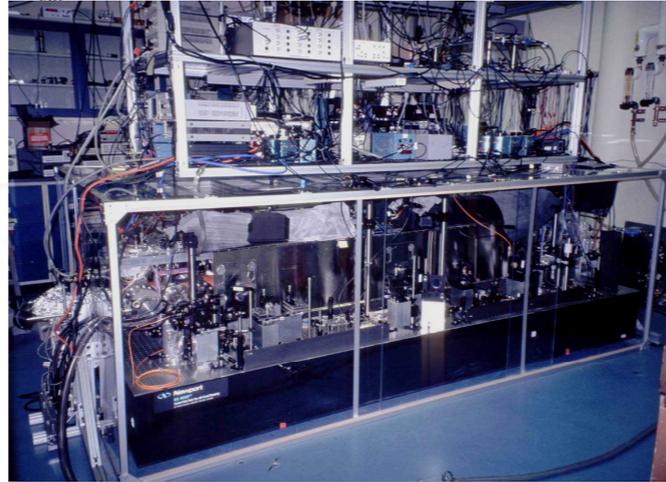
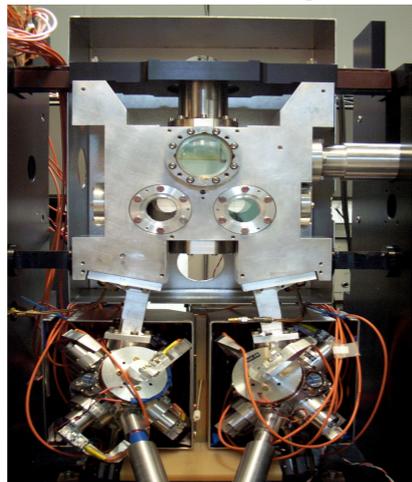
SENSEUR INERTIELS À ONDES DE MATIÈRE

- On utilise une règle (optique) pour mesurer précisément la position d'une masse d'épreuve (atomique)
- Similaire à un FG5, mais on lit l'accélération directement sur le déphasage des ondes de matière

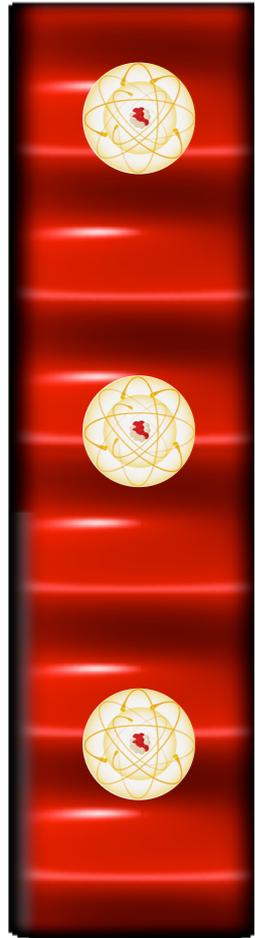


Interferences: $N_{at} \sim \cos(2\pi a T^2 / \lambda + \Phi)$

$$\Delta a_{min} = \frac{a \mid \Delta \phi_{acc} = 1 \text{ rad}}{\sqrt{N}} \equiv \frac{1}{R T^2 \sqrt{N}}$$



$$\cos(kx + \Phi_0)$$



PRINCIPE D'ÉQUIVALENCE ET INTERFÉROMÉTRIE ATOMIQUE DANS L'ESPACE

- Mesure de l'accélération subie par deux objets de nature différente.
- Paramètre UFF : $\eta = \Delta a/a$. Meilleur test @ 10^{-13} , 10^{-7} avec des atomes.

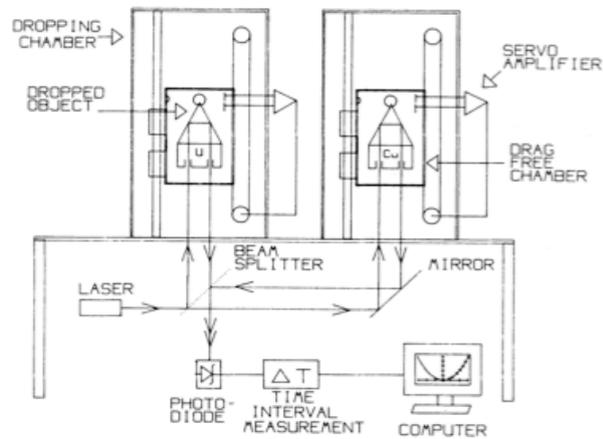
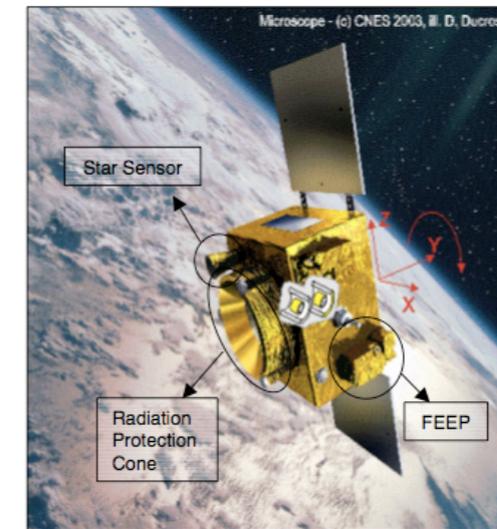


FIG. 1. Schematic diagram of the apparatus used in Joint Institute for Laboratory Astrophysics for the Galilean experiment.

JILA (1987)



D. Scott (1971)



Microscope

- Compare 2 differentes espèces atomiques (Rb et K)
 - $N_{Rb} \sim \cos(2\pi a_{Rb} T^2_{Rb} / \lambda_{Rb} + \Phi)$, $N_K \sim \cos(2\pi a_K T^2_K / \lambda_K + \Phi)$
 - Déphasage relatif : $a_{Rb} T^2_{Rb} / \lambda_{Rb} - a_K T^2_K / \lambda_K$, ajustement T^2_{Rb} / λ_{Rb} and T^2_K / λ_K (3.4 %)



SYRTE



INSTITUT
d'OPTIQUE
GRADUATE SCHOOL



De gauche à droite : G. Varoquaux (IO), N. Zahzam (Onera), L. Mondin (CNES), A. Bresson (Onera), P. Bouyer (IO) et A. Landragin(SYRTE).



Équipe I.C.E.



Philippe BOUYER
Vincent MENORET
Jean-Philippe BRANTUT
Rémi GEIGER

Thomas BOURDEL
Patrick CHEINET
Guillaume STERN
Baptiste BATTELIER

André VILLING

Frédéric MORON



Arnaud LANDRAGIN
Frank PEREIRA
Christian BORDE

Oualid CHAIBI



Alexandre BRESSON
Yannick BIDEL
Nassim ZAHZAM
Pierre TOUBOUL

Olivier CARRAZ



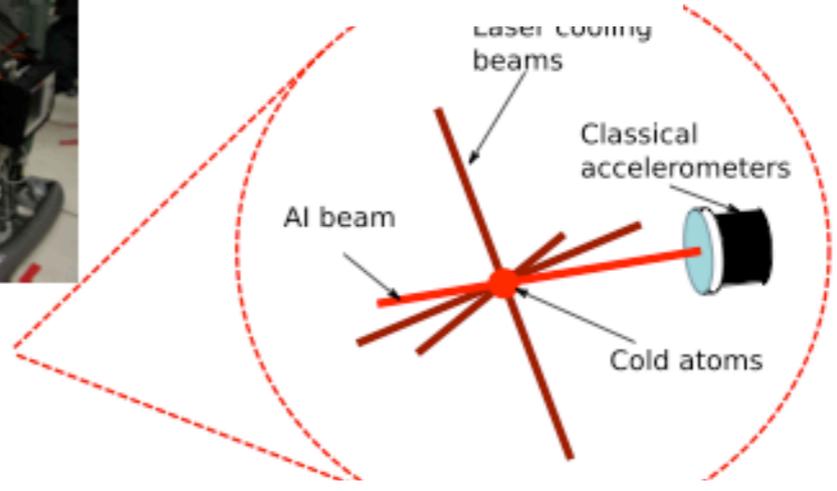
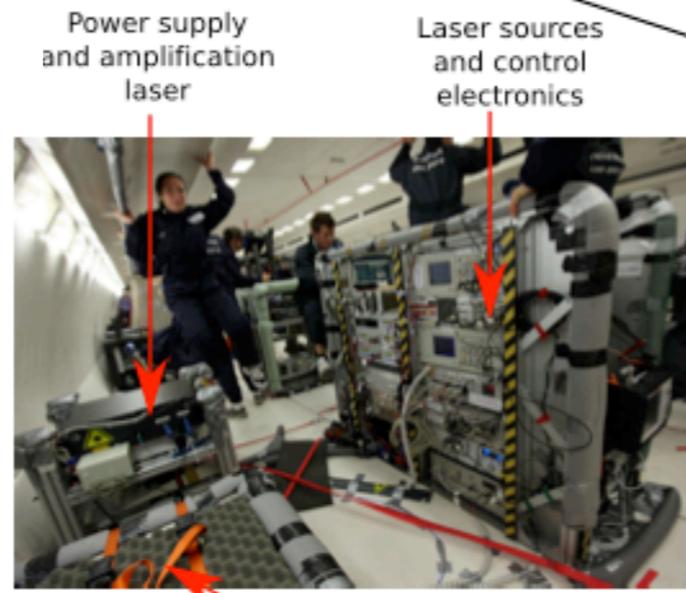
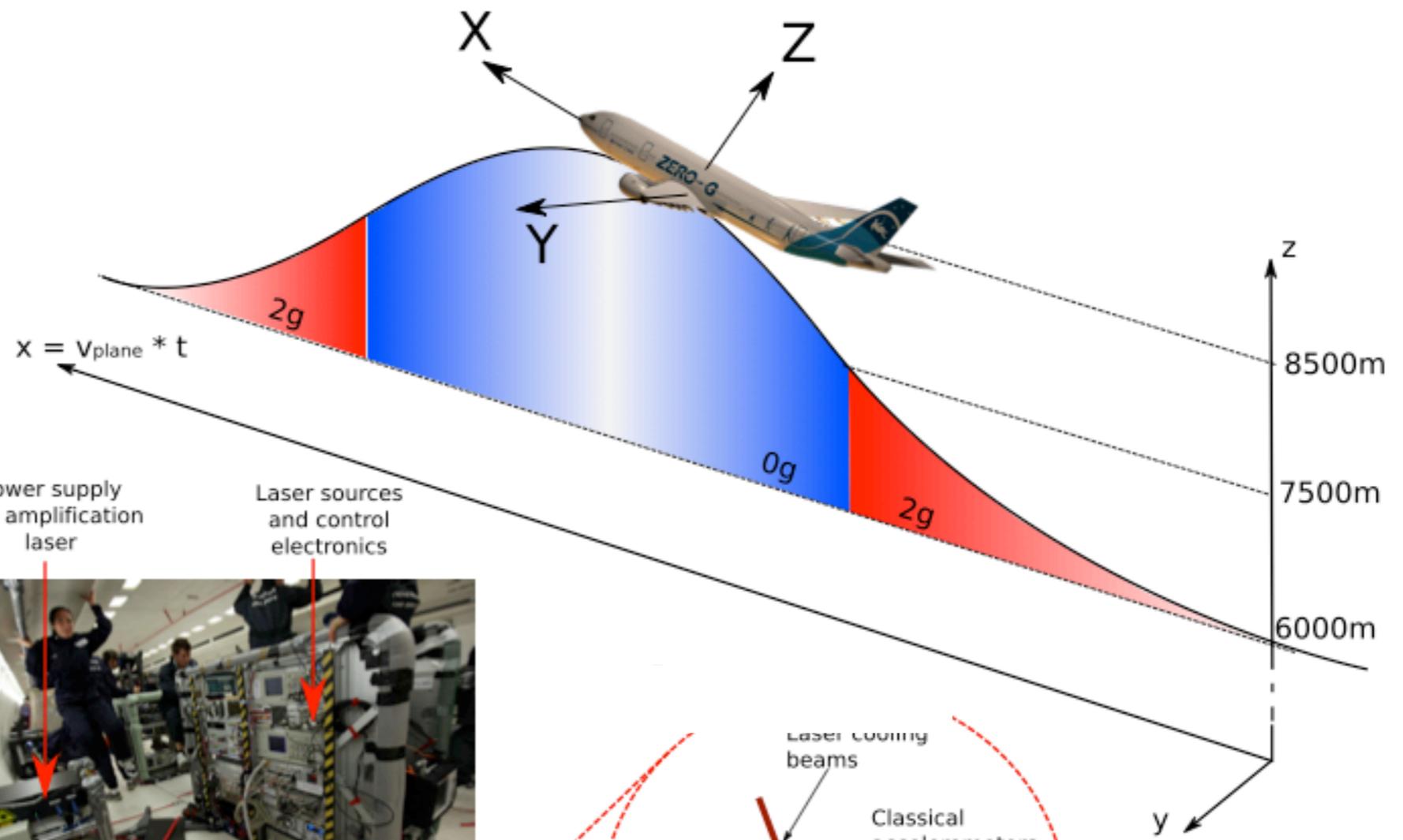
Linda MONDIN

Jean MIGNOT

<http://www.IFRAF.org/>
<http://www.atomoptic.fr/>
<http://www.ice-space.fr/>

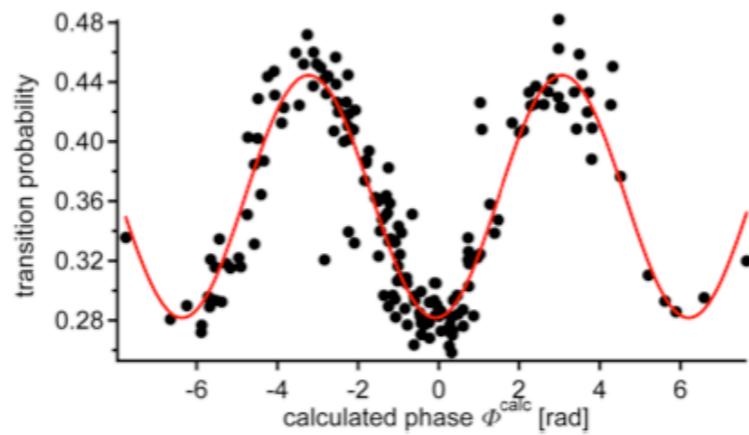
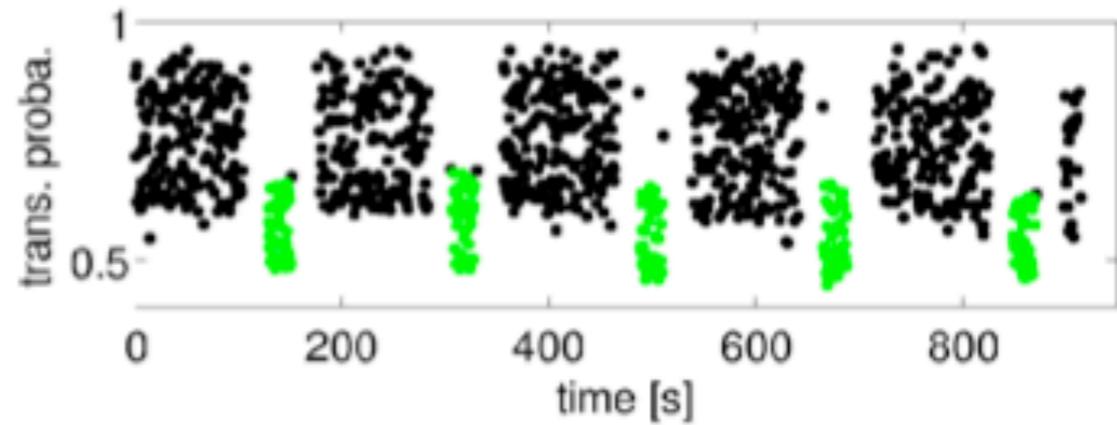
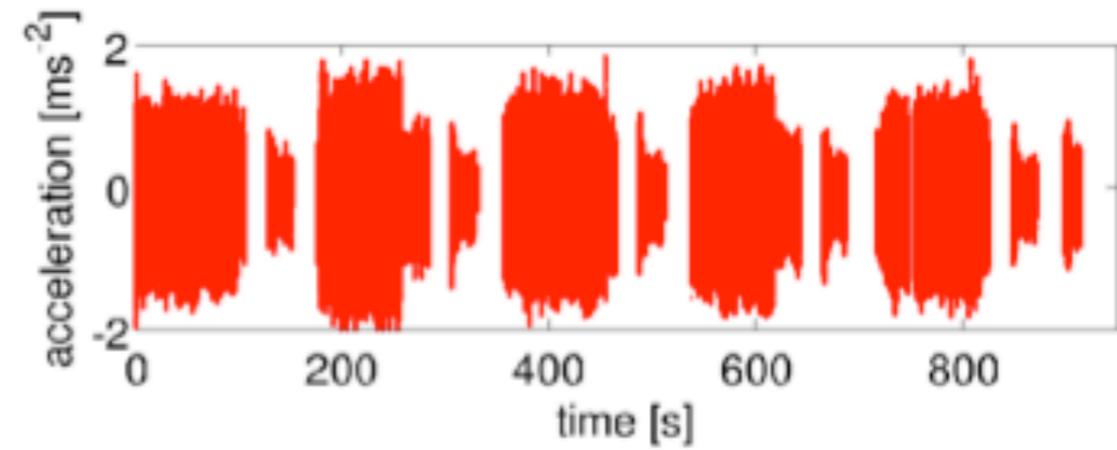
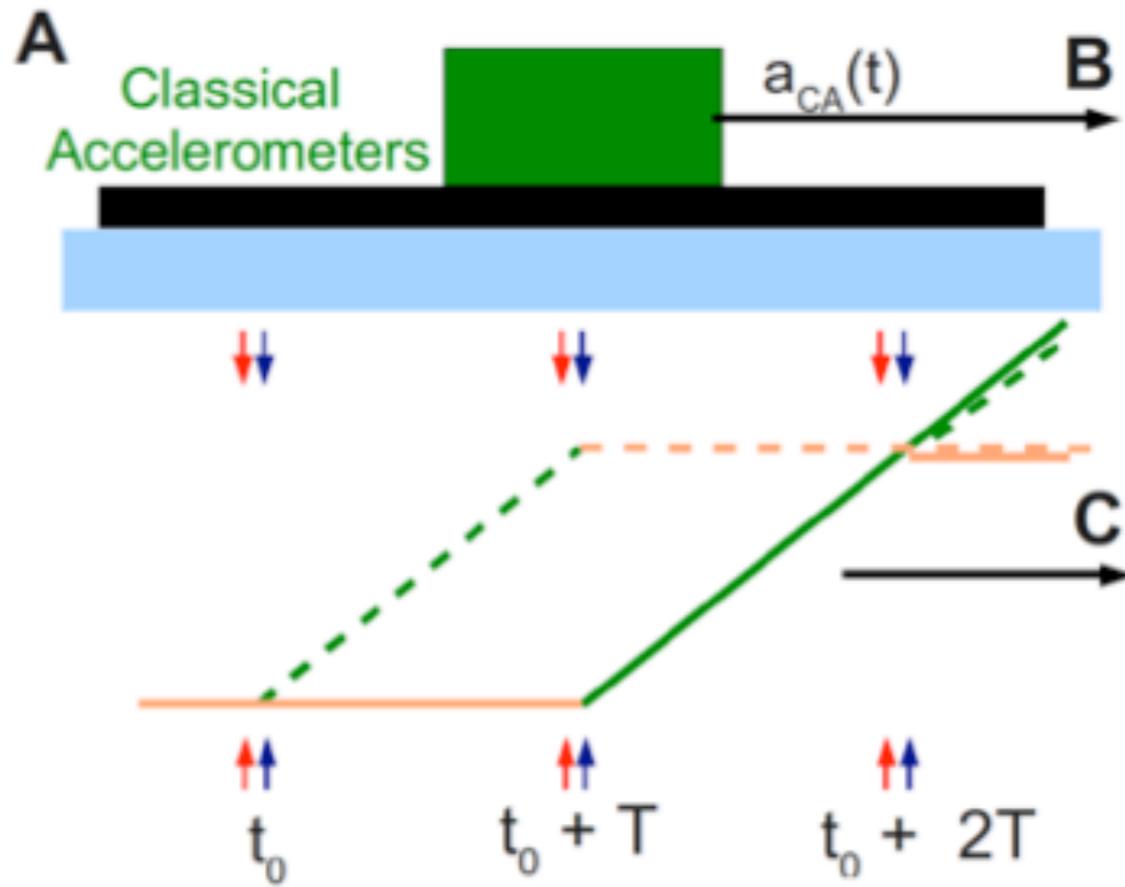


TEST 0-G DE L'INTERFÉROMÈTRE



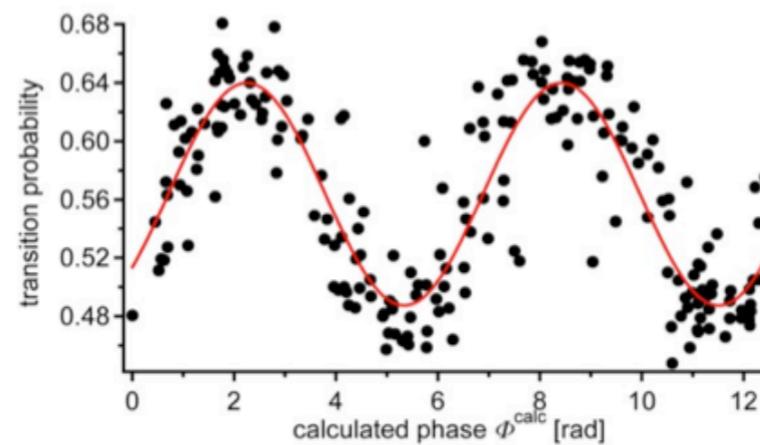
Science chamber in its magnetic shield

INTERFÉROMÉTRIE EN MICROGRAVITÉ



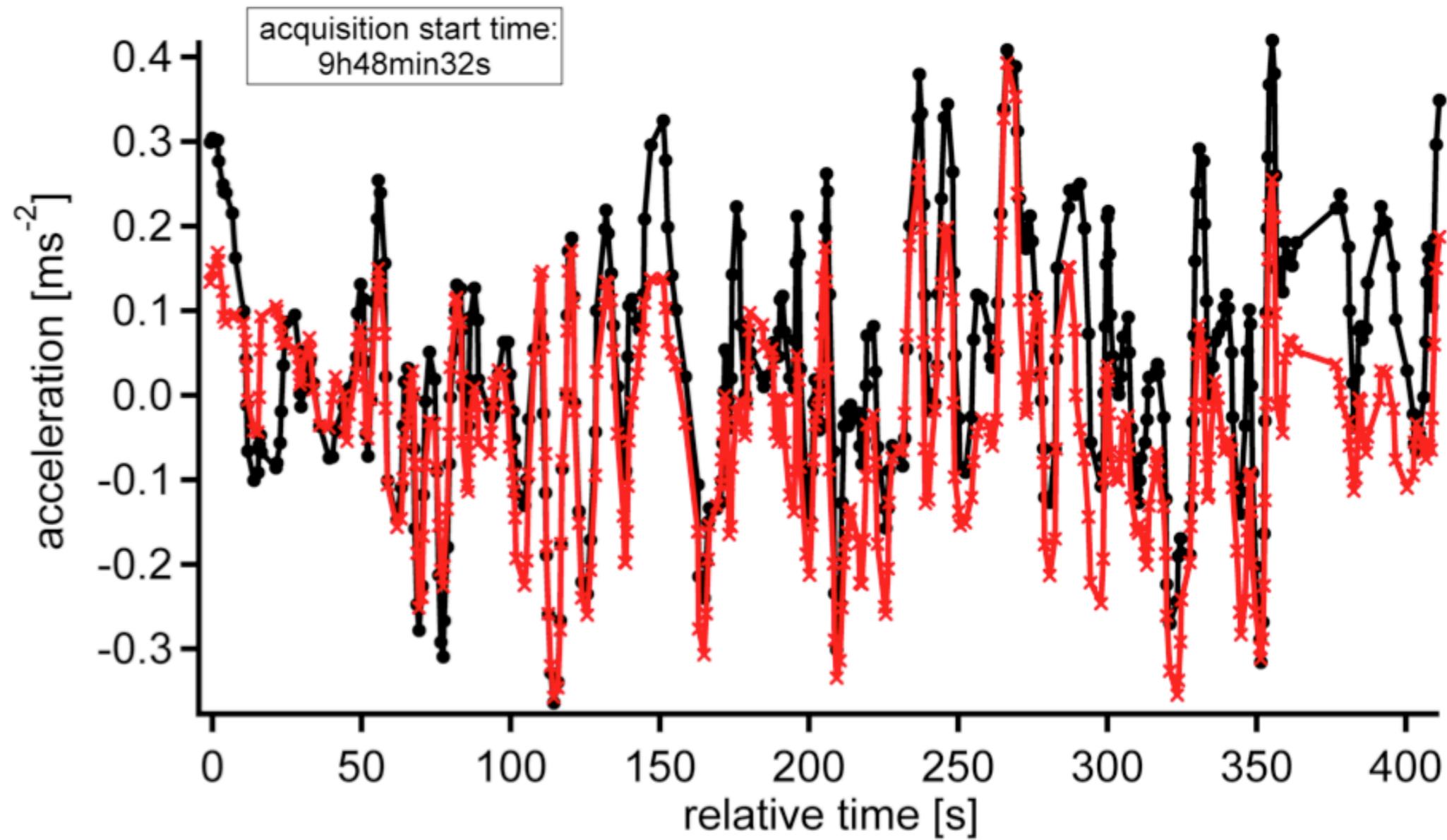
$2T=2\text{ms} \rightarrow \Phi^{\text{calc}} \sim 25\text{rad peak-peak}$

0g

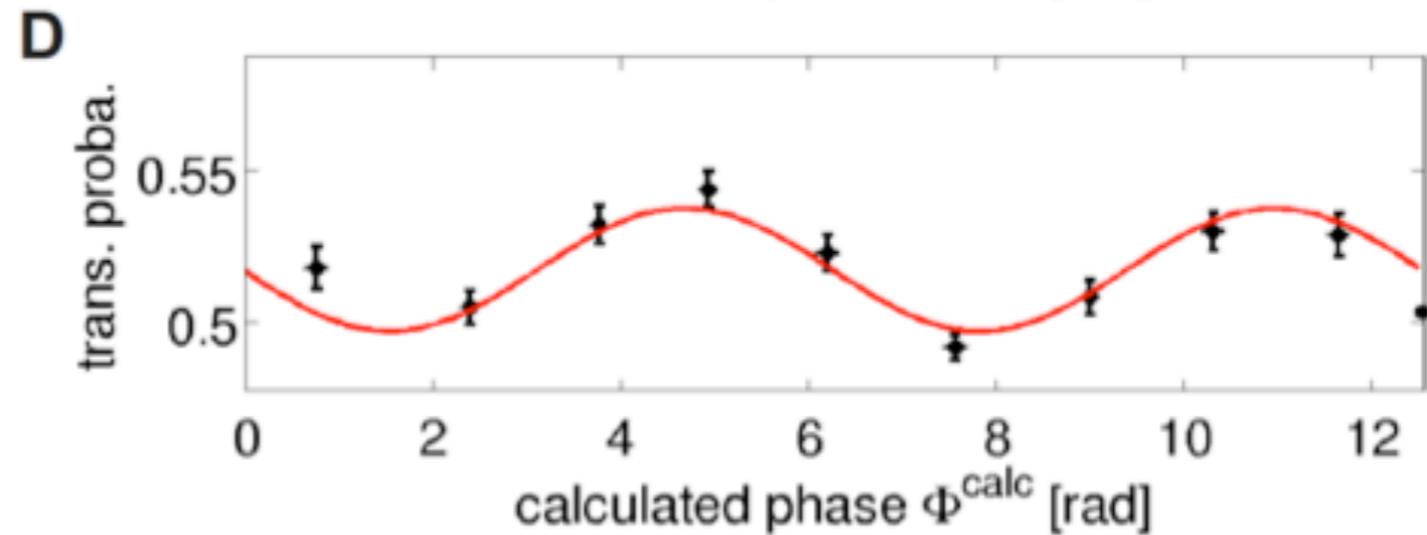
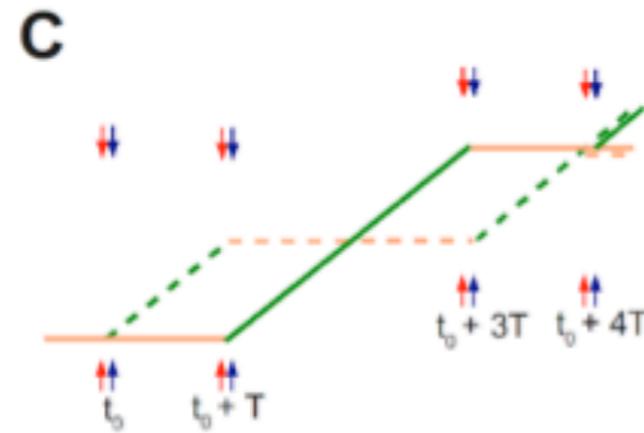
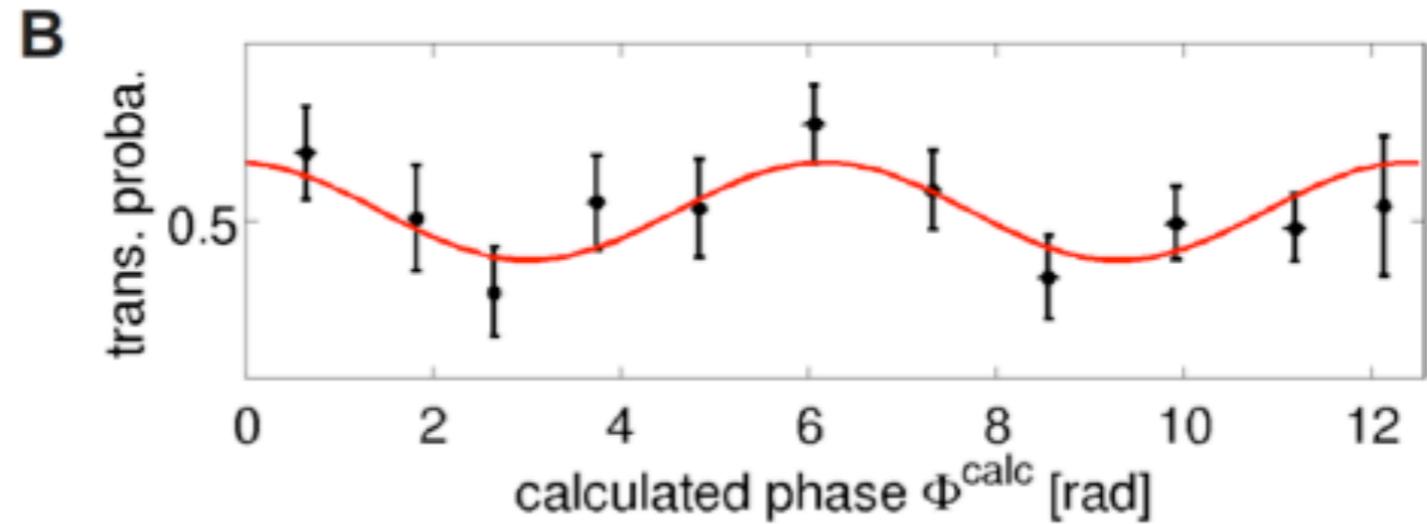
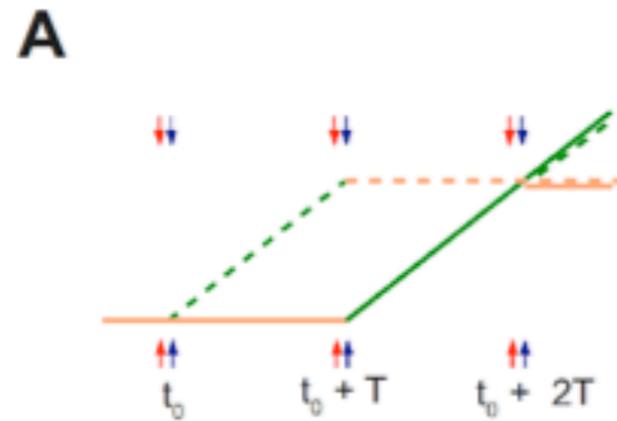


$2T=3\text{ms} \rightarrow \Phi^{\text{calc}} \sim 70\text{rad peak-peak}$

LECTURE CONTINUE DE L'ACCÉLÉRATION



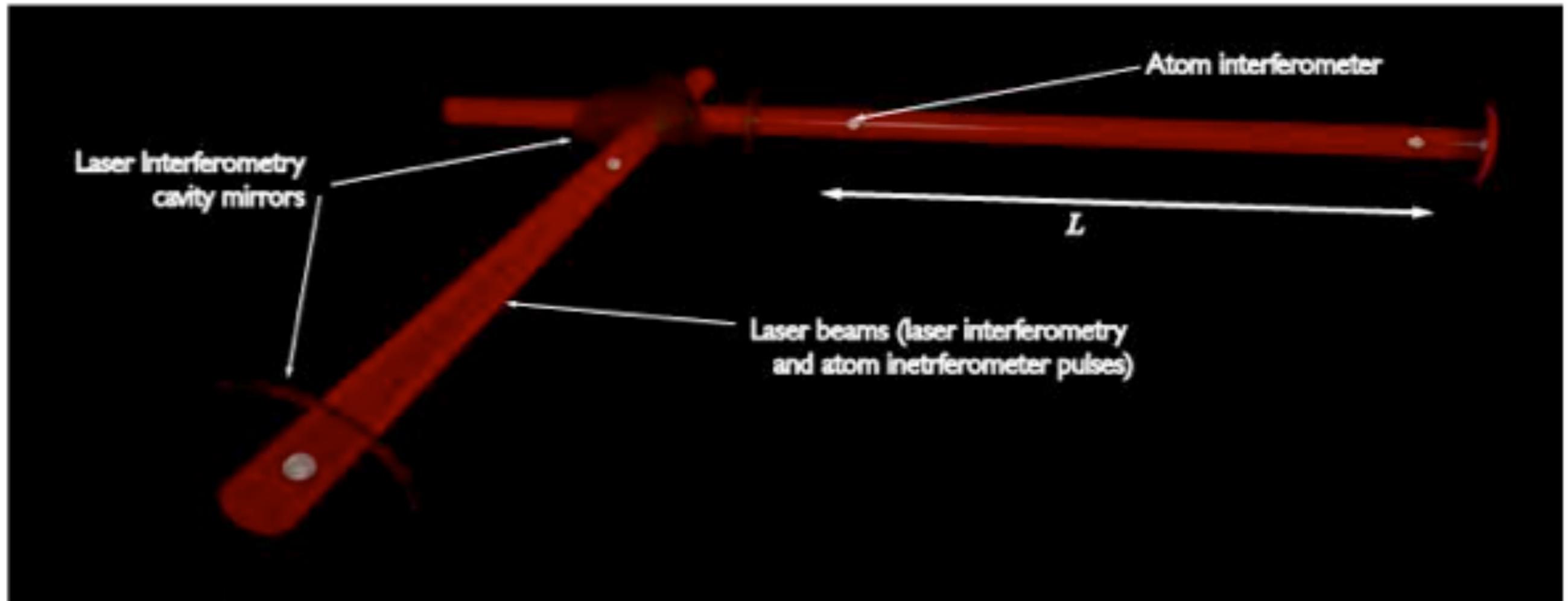
MESURE DIFFÉRENTIELLE



● La corrélation est améliorée d'un facteur 3 (comme attendu théoriquement) : 2-3 ordres de grandeur avec 2 espèces

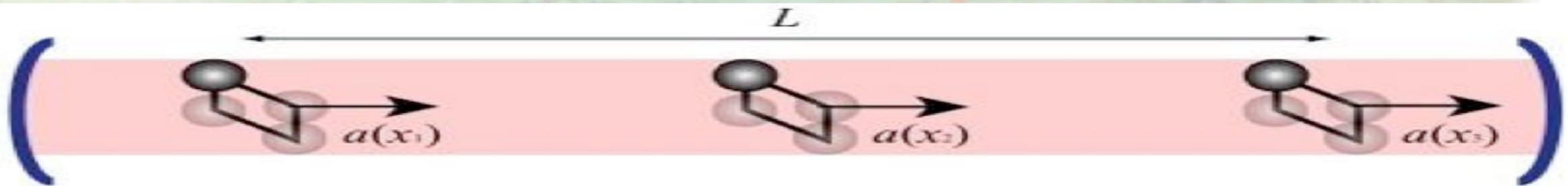
● Sensibilité démontrée 15 μg (vibrations 30 mg).

MIGA : MATTER-WAVE LASER INTERFEROMETRY GRAVITATION ANTENNA

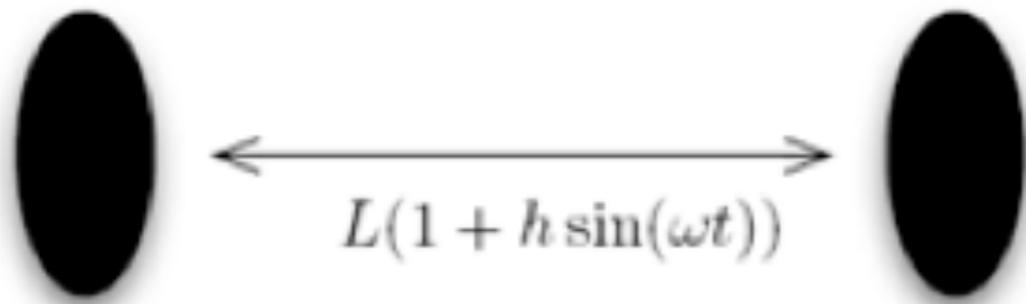


Proposition de Design study FP7 : France - Allemagne - Italie - UK - USA

IOGS - SYRTE - LSBB - ARTEMIS - LKB - Hannover - Laser Zentrum - Univ. Berlin - Univ. Ulm - Univ. Urbino - Univ. Florence - LENS - Univ. Birmingham - Stanford



Un réseau d'interféromètres atomiques corrélés (un seul laser de mesure) peut permettre d'étudier les champs de gravité environnant (sismique, gradient, ...).



Une onde gravitationnelle va moduler la distance vue entre 2 masses d'épreuve par $h.L$ ou h est l'amplitude de l'onde et L est la séparation entre les masses d'épreuves.

Position \longrightarrow $x \sim L(1 + h \sin(\omega t))$

Acceleration \longrightarrow $a \sim hL\omega^2 \sin(\omega t)$

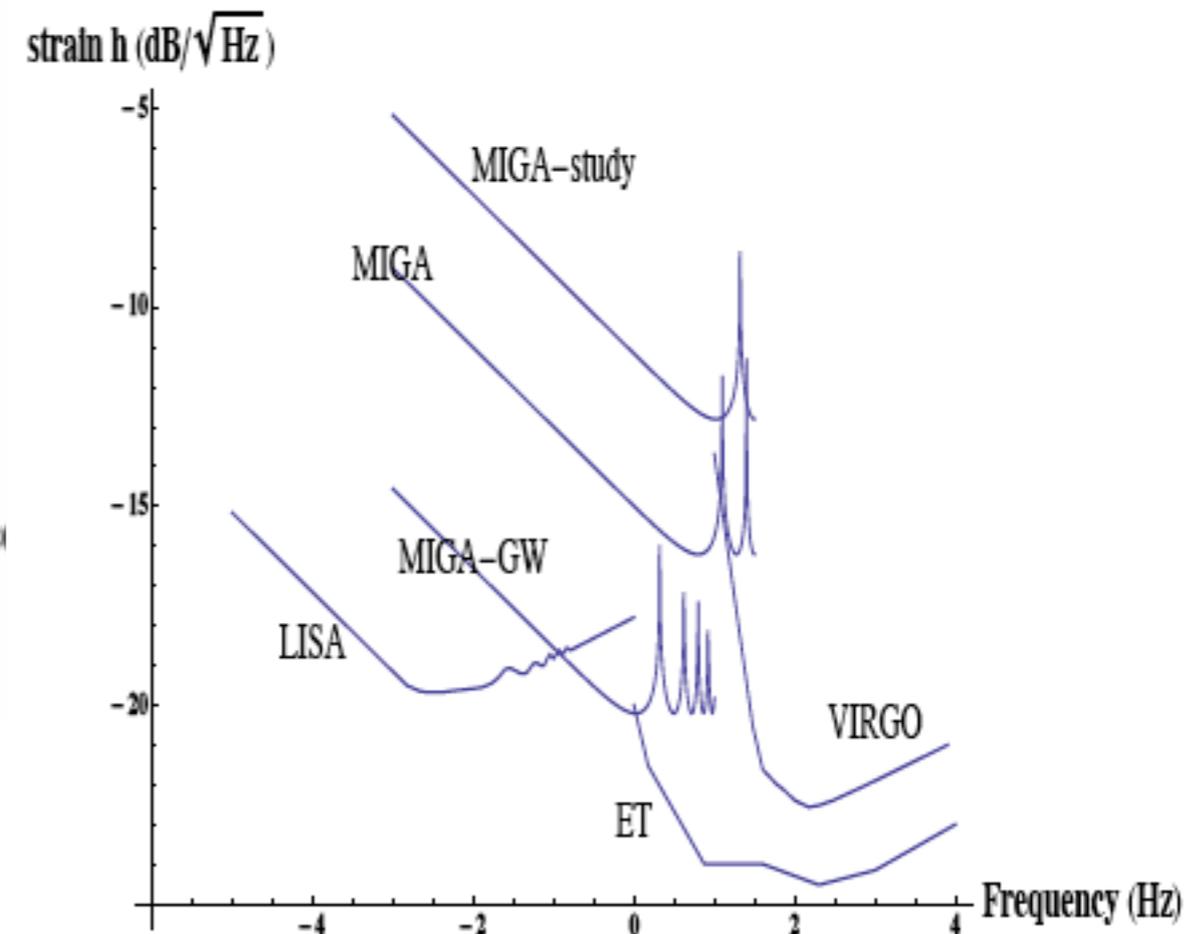
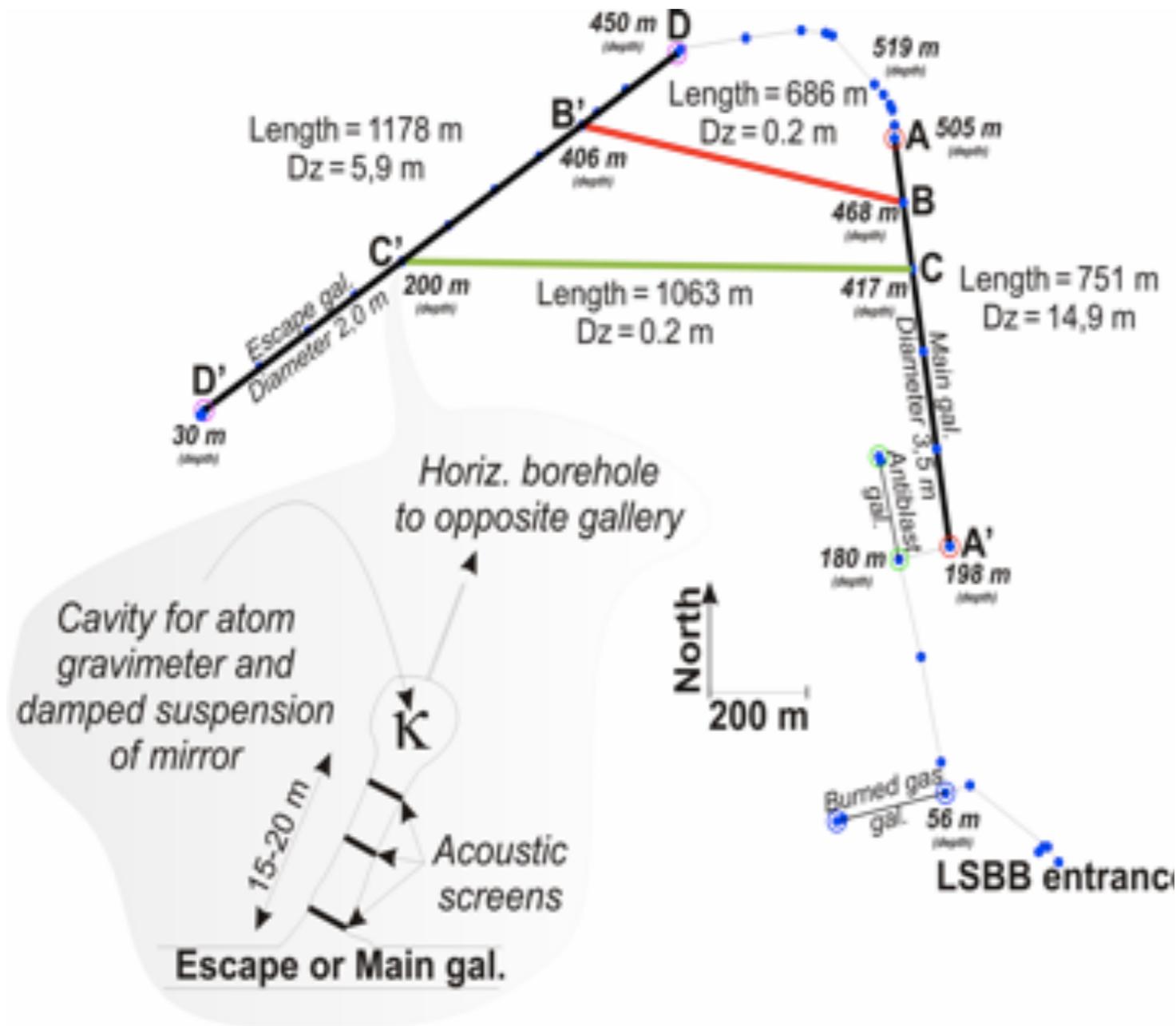
$$\Delta\phi = kaT^2 \sim khL\omega^2 \sin(\omega t)T^2$$

Avantage des atomes : ils sont isolé du bruit sismique (pas de couplage)

INSTALLATION DANS UN LABORATOIRE SOUTERRAIN

Un agencement au LSBB pourrait permettre l'installation d'une antenne avec 2 bras de env. 1 km avec un angle de 80 deg.

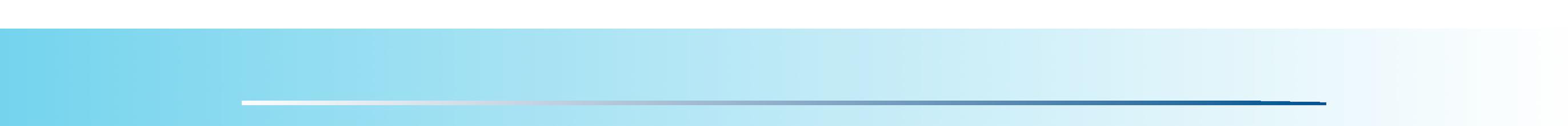
Premier tests possibles rapidement avec les instruments existants dans les laboratoires.



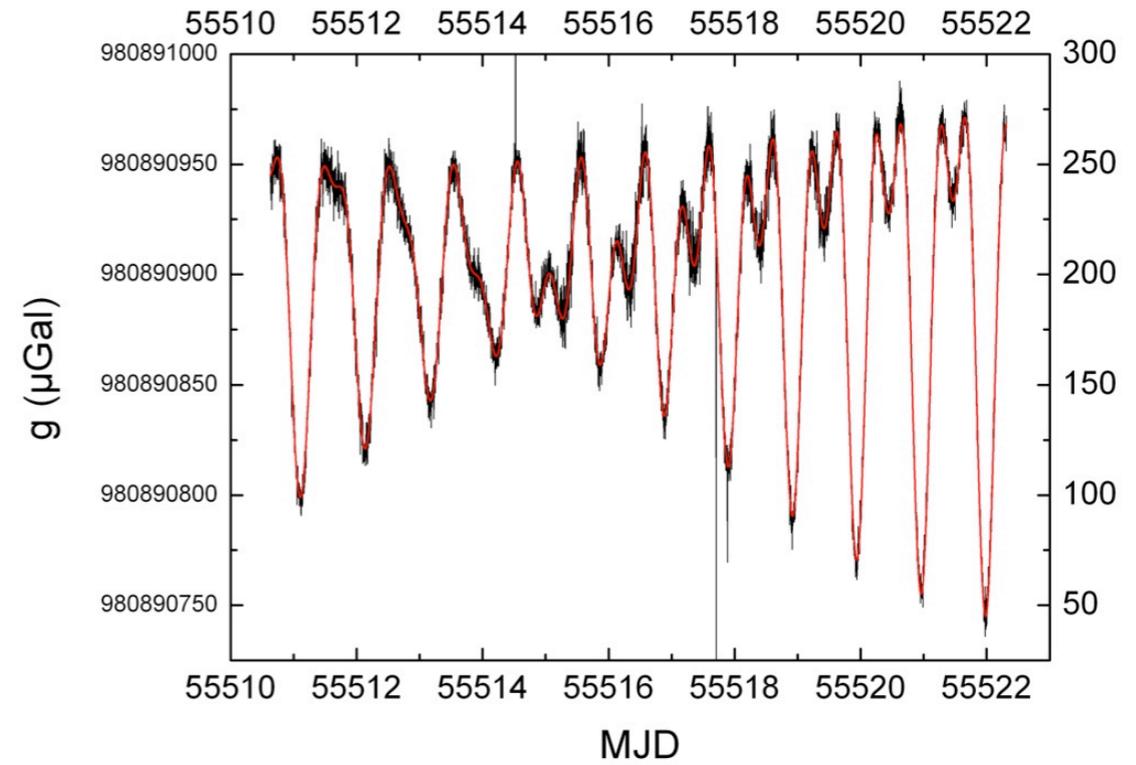
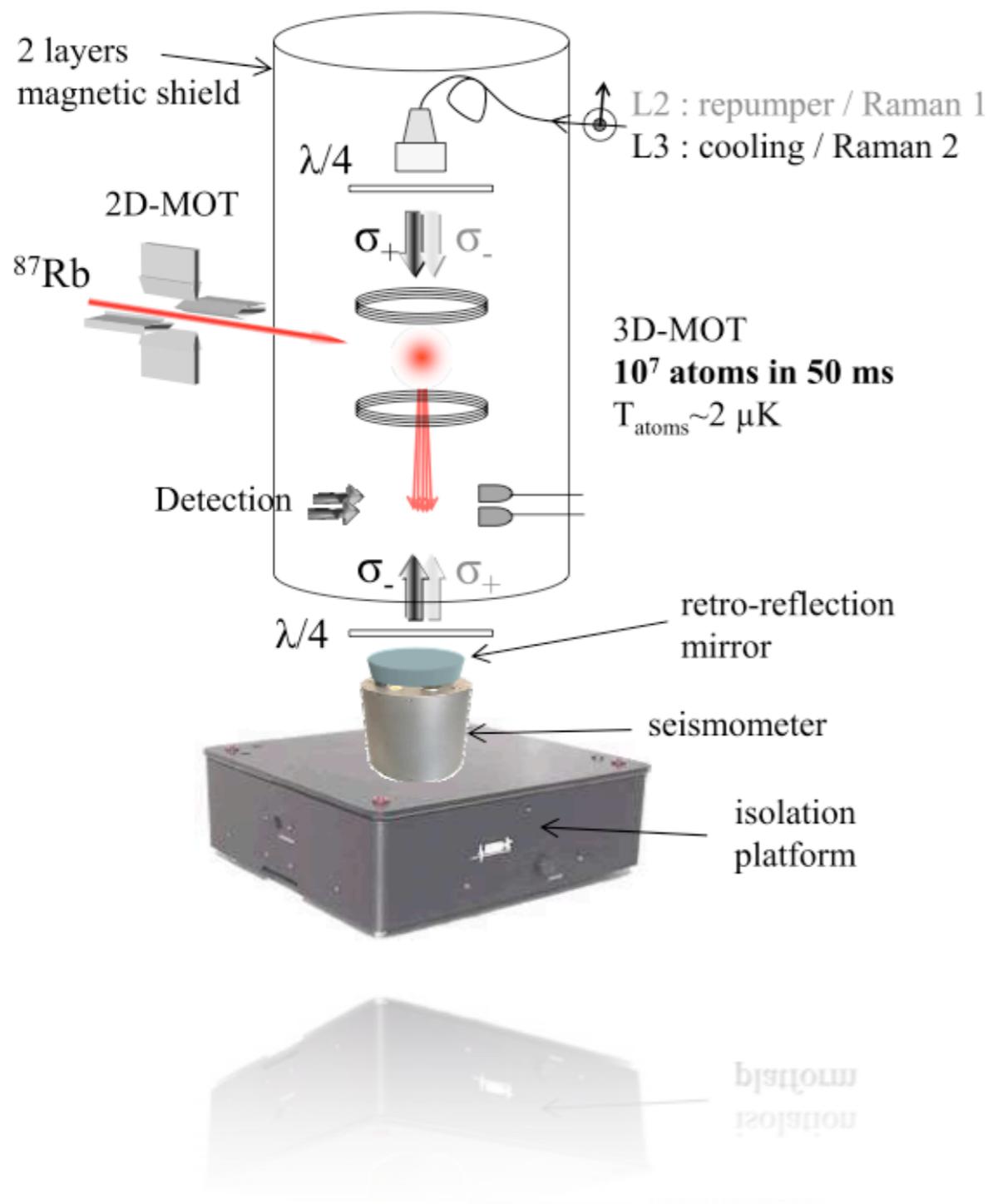
Une collaboration regroupant géophysiciens, spécialistes atomes froids et spécialistes des ondes gravitationnelles

Déjà plusieurs laboratoires Français du GRAM.

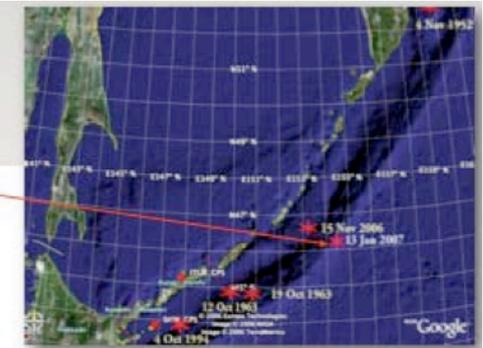
Etudier les meilleures configurations pour améliorer nos connaissances sur les champs de gravité, bruit sismique ...



GRAVIMÈTRES



2007, January 13 - 04:23 UTC
 Kuril Islands **Magnitude 8.1**



Signal in Paris

Period ~ 17 s

