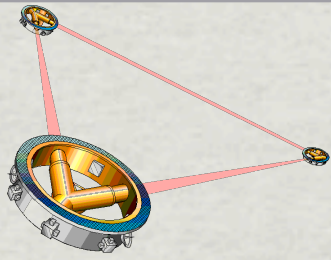




PARTICIPATION FRANÇAISE À LISA

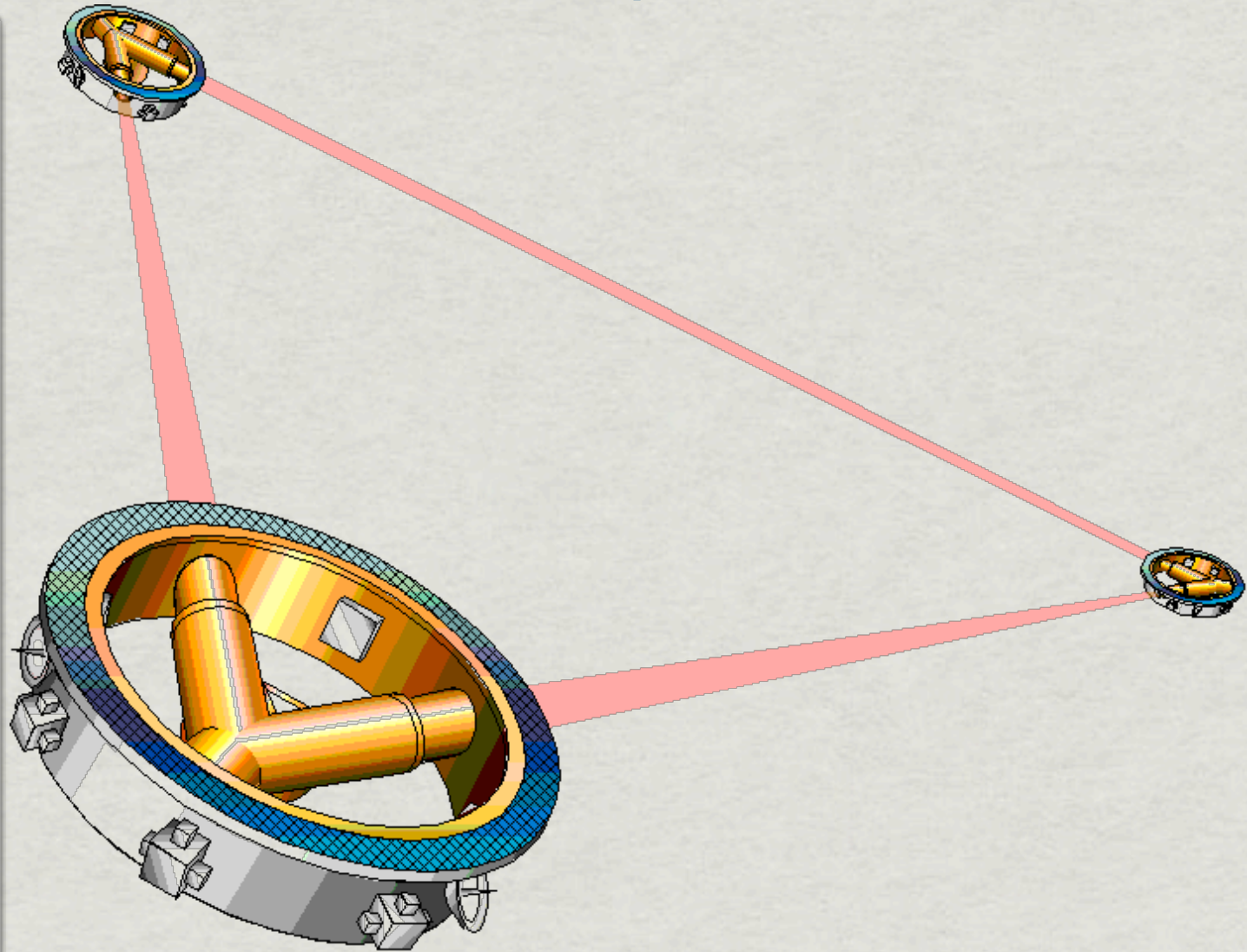
Gérard Auger

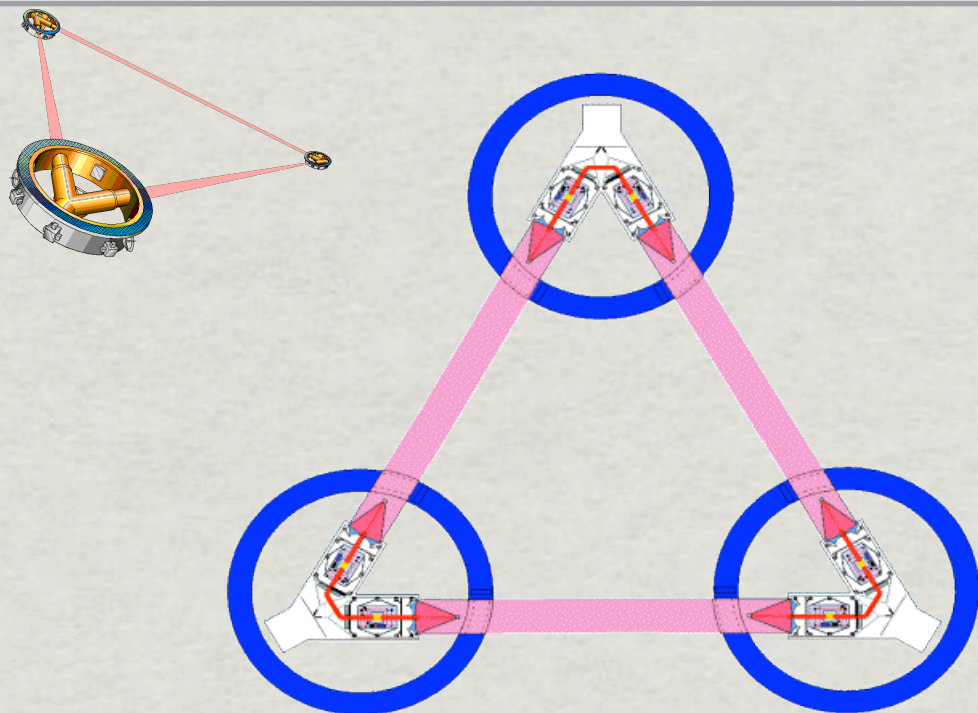
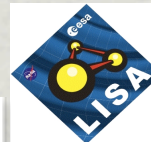


LISA

Un interféromètre spatial

- * Brève présentation de LISA
- * Programme scientifique
- * R&T.
- * stabilisation Laser
- * LOT.
- * Analyse de données
- * LISA France





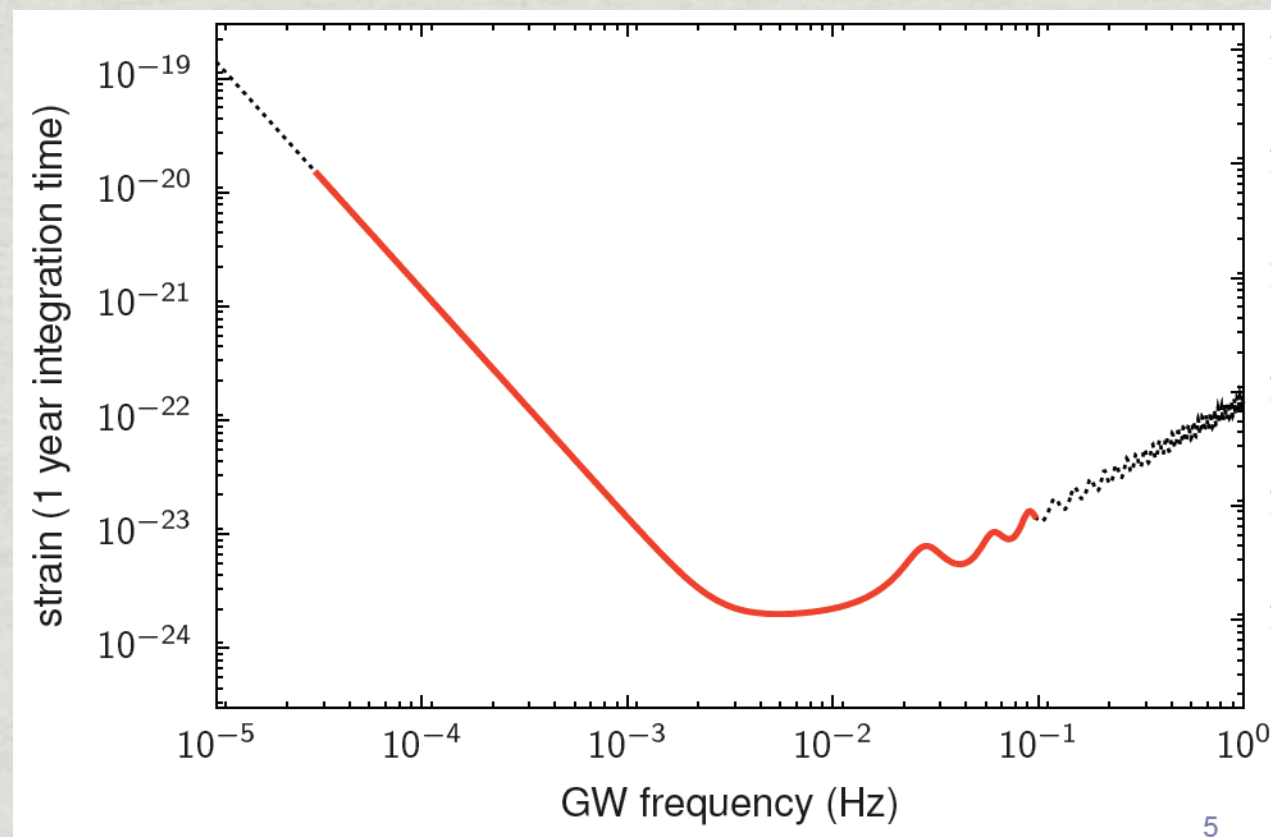
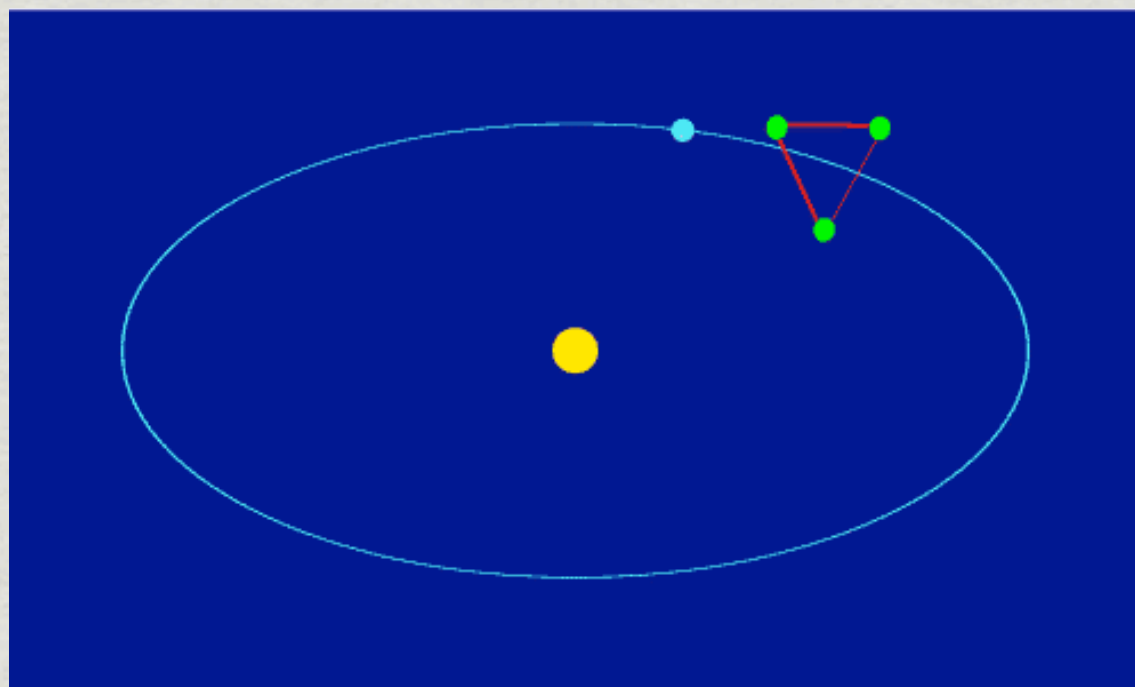
3 Satellites qui restent sur leurs propres géodésiques (à $5 \cdot 10^6$ Km l'un de l'autre) par l'intermédiaire d'accéléromètres (2 par satellites)

◆ Contrôle des perturbations extérieures par des micro fusées.

6 Liens lasers.

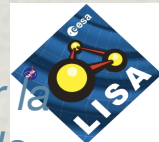
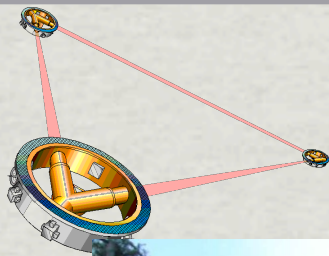
◆ 12 mesures (3 par satellites), TDI

LISA suit la terre (-20°)
 Angle entre le plan de LISA
 et l'écliptique 60°



✱ Brève présentation de LISA





Pour tout savoir sur Pathfinder et sur la participation de la France sans oser le demander voir le poster affiché. En particulier, la France avec l'APC a été en charge du LMU (Laser Modulator Unit).



Le centre François Arago

Le centre de traitement des données sera en principe le lieu privilégié de l'analyse des données de LISAPathfinder. Evidemment la France participe dès à présent à la mise en oeuvre des outils nécessaires à l'analyse

The LISAPathfinder Mission

The LISA mission is based on 3 main technical challenges :

- Maintaining on gravitational geodesics "test masses" (mirrors) protected from all external forces.
- Measurements, to a precision of a few pico-meters, of the relative position of the test masses and with respect to the position of the spacecraft.
- Attenuate by a factor greater than 10^9 , the phase noise of the lasers used in the interferometric measurement of the test mass position.

To demonstrate the feasibility of the first 2 challenges, the LISAPathfinder (ESA/NASA) mission is planned for launch in 2013. It will position, close to the Lagrange L1 point, two test masses whose distance of separation (40 cm) will be measured by laser heterodyne interferometry (Nd-YAG laser 1064 nm) to the picometer precision. A set of micro thrusters (ionic/molecular propulsion) will be used to correct the Spacecraft (SC) position if displaced by external forces (solar winds) so as to maintain one of the test masses on its geodesic trajectory.

The Spacecraft after the release of the propulsion module

The LPF in 2010 at Astrium UK, waiting for the LTP

The Launch, L1 and the mission

The FEEPS and the DFACS System

The Drag Free system is based on 3 groups of 4 FEEPS whose thrust are calculated by a control loop based on the position of one of the test masses with respect to its enclosure. The position of each TM is measured to a precision of a few picometers by the optical bench.

A set of 4 Feeps

The logic of the DFACS control loop

The anatomy of a FEEP : Field Emission Electric Propulsion

The success criterium of LISAPathfinder

One of the success criteria of LISAPathfinder will be its ability to maintain, over several thousand seconds, its two test masses with a very small relative acceleration ($3 \cdot 10^{-14} \text{ m sec}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$)

The LTP

LISA Technology Package

The Test Masses and the Caging Mechanism

The 2 test masses are located in vacuum enclosures positioned on both sides of the optical bench. In order to sustain the launch environment, a caging system made of 8+2 hydraulic "fingers" will hold each TM and release them with quasi-zero velocities on reaching L1.

A vacuum enclosure

The central GPRM fingers

GPRM piston (in recess)

CMSS Finger holds Test Masses during launch

CMSS

Holding Force up to 3000 N

The Laser Assembly and the Optical Bench

The Laser

The Laser Modulator

In LISAPathfinder, the laser distance measurements (between TMs and TMs and the SC) are obtained through the use of an ultra-stable heterodyne optical bench. It is based on the heterodyne Mach-Zehnder method.

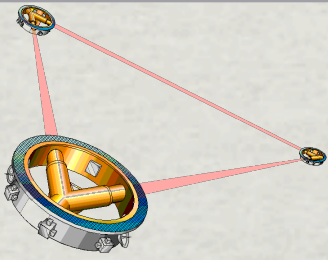
The laser beam is split into two components which are shifted in frequency by a system of AOM (Acousto-Optic Modulator). One of the beams is shifted by 80 MHz and the other by 80 MHz + 0.5c/v_{ac} 5 kHz (v_{ac} is called the heterodyne frequency). This interference of the two beams provides a beat frequency at v_{ac} with a constant phase difference as long as their relative light path does not change. A change of the position of the TM will translate into a modification of the phase. The Laser Modulator is the sub-system in charge of the laser splitting, frequency shifting, optical power control and optical path length adjustment. It is made up of two elements: the LMU (the optical system) and the LME (the electrical counterpart). This system is made by RUAG (Germany/Switzerland) under the supervision of APC and financed by CNES.

The Optical Bench Interferometer (OBI)

Located between the test masses is the optical bench, on which the optical components are mounted. It is made of Zerodur ceramic glass, which barely expands or contracts when subjected to temperature changes.

✱ LISA Pathfinder un test technologique





- **Un «Observatoire» en astrophysique**

Population et évolution d'objet créant une forte gravitation.

Etude de cluster autour des trous noirs.

Découverte de naine blanche, trous noirs, ...

Fournie des emplacements pour la recherche d'effets associés (électromagnétisme, particules)

- **En physique fondamentale**

Transition entre faible et forte gravitation.

Comparaison théorie/expérience.

Test de nombreux théorèmes.

- **En cosmologie**

A la découverte du début de l'univers.

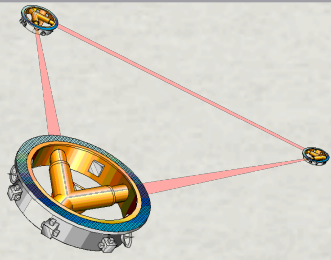
Test des théories tenseur-scalaire, extraction. des paramètres cosmologiques.

A titre: d'exemple Coalescence de trous noirs → luminosité

✱ *Programme scientifique*

Voir exposé L.Blanchet.

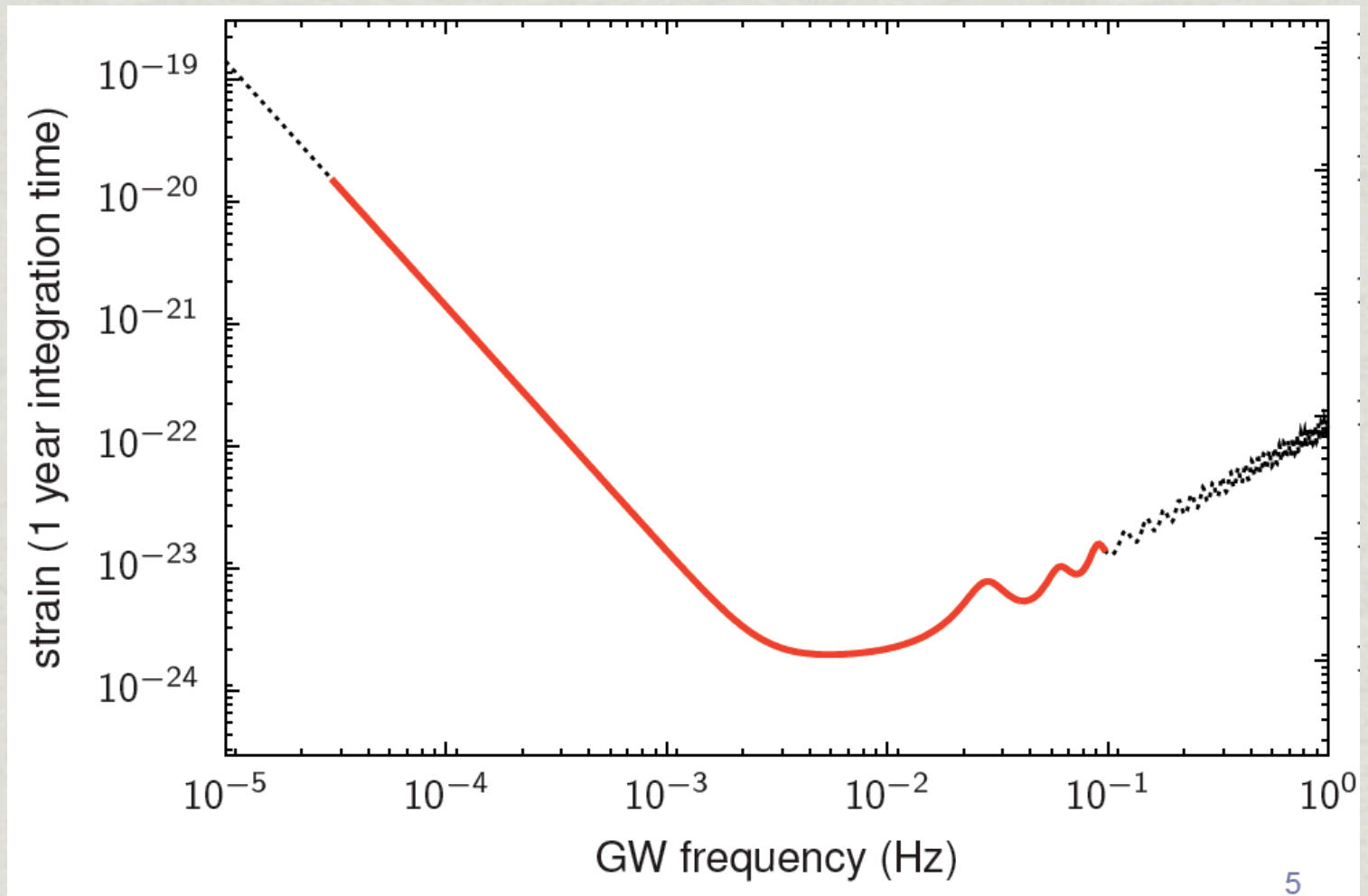


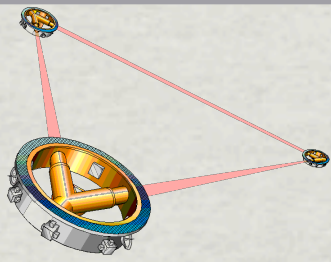


Les «bruits»

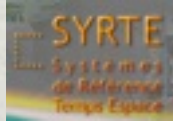
Tout détecteur est limité par son bruit interne (La Palice)

- *Bruits des accéléromètres*
- *Shot noise*
- ***Bruit de fréquence laser domine tous les autres bruits.***
(10⁸)



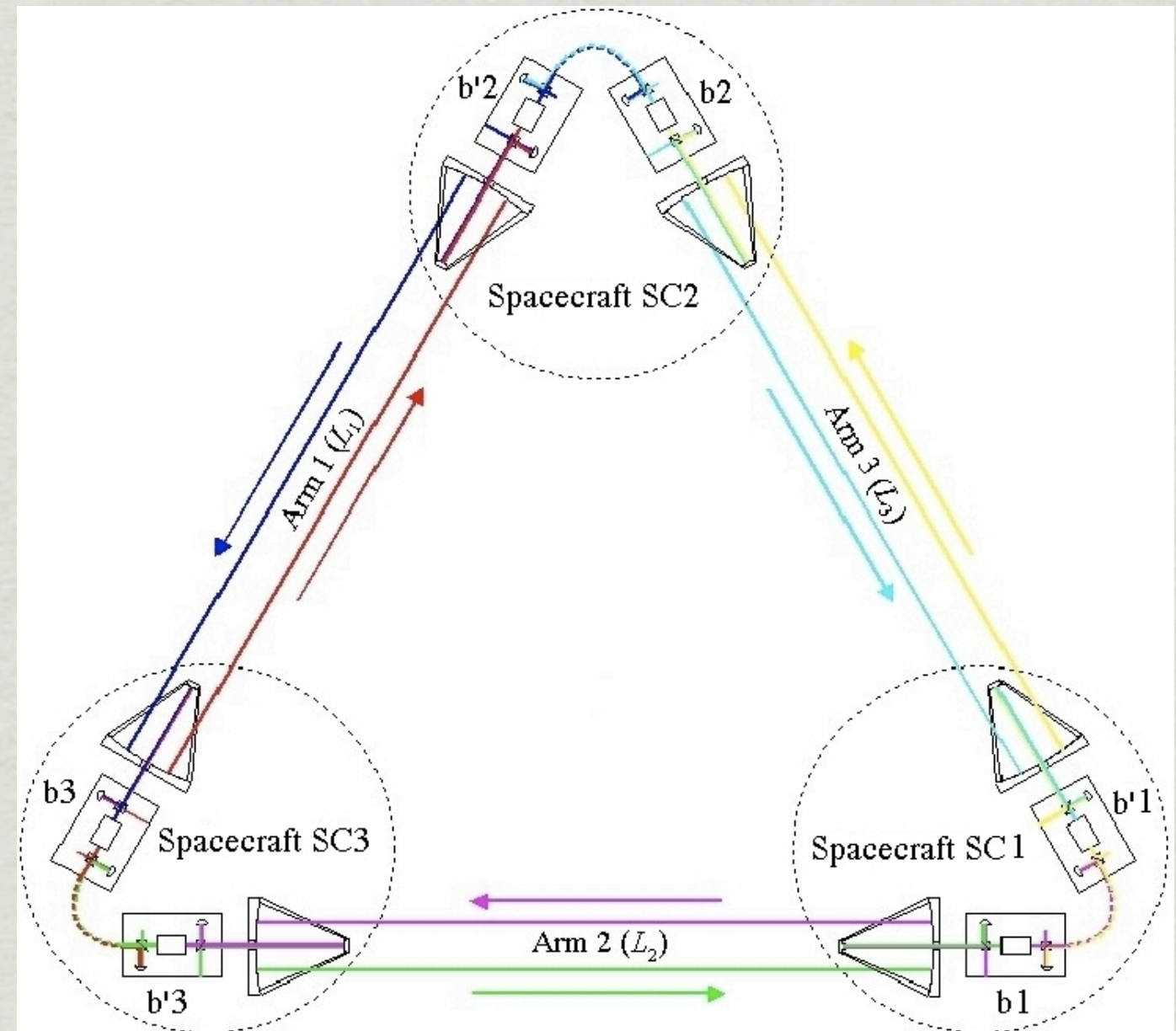


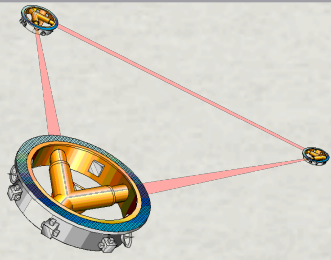
Stabilisation laser



Bruit laser

- 6 Liens lasers.
- 12 mesures de phase entre chacun des lasers.

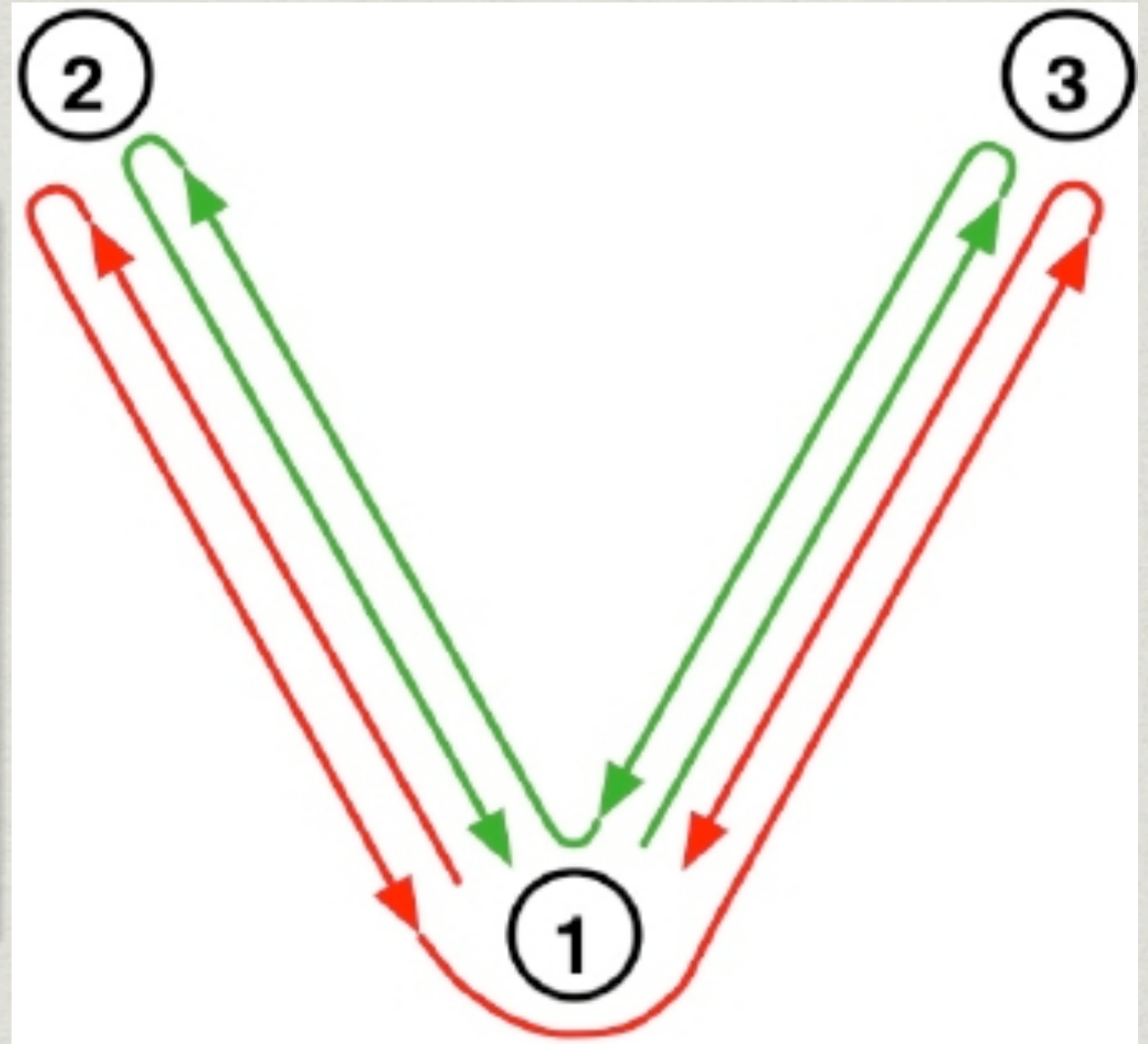


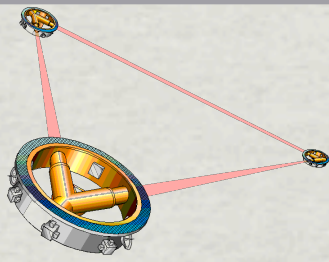


Stabilisation et TDI

TDI (*Time Delay Interferometrie*)

- *Combinaisons des mesures des différences de phase entre les différents lasers.*
- *Algorithme exact si les distances L inter-satellites sont connues exactement.*
- *Si non cela implique une stabilisation laser lié à la connaissance de la distance L (st laser $\leq 30 \text{ Hz}/\sqrt{\text{Hz}}$)*

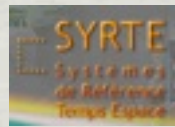




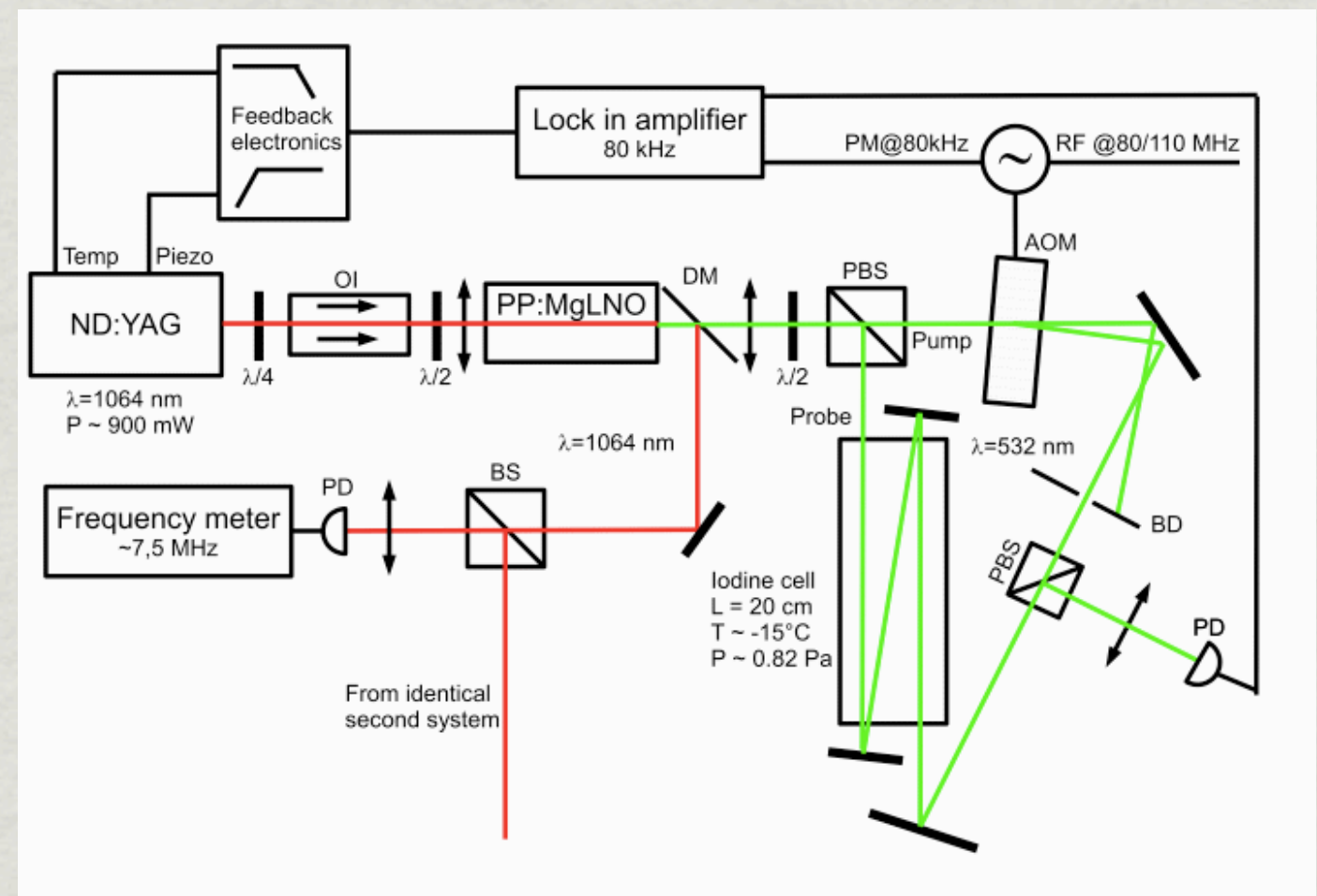
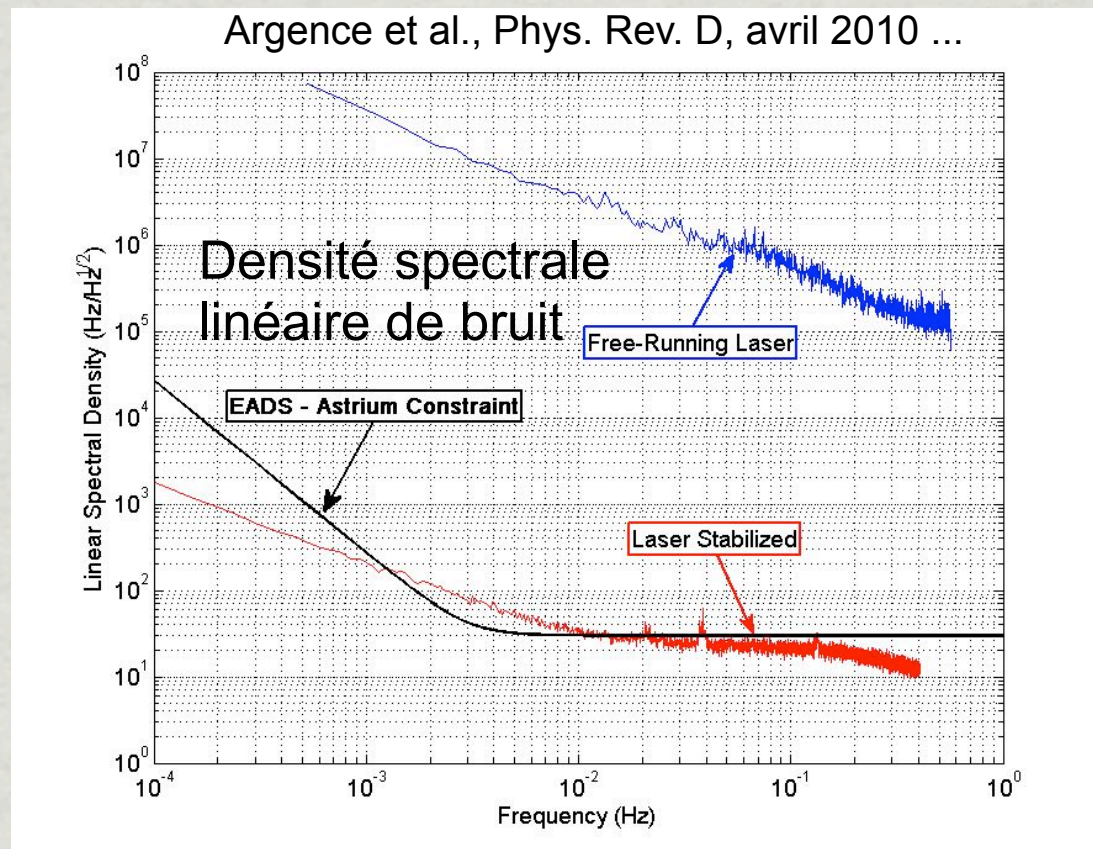
Stabilisation laser

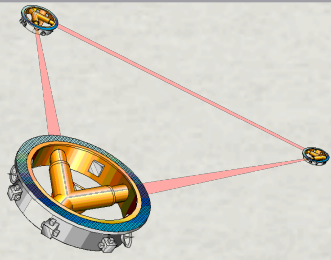
En collaboration avec:

Technique utilisée : stabilisation sur une raie hyperfine de l'iode. Compétitive avec la solution actuellement retenue



Avec le soutien du





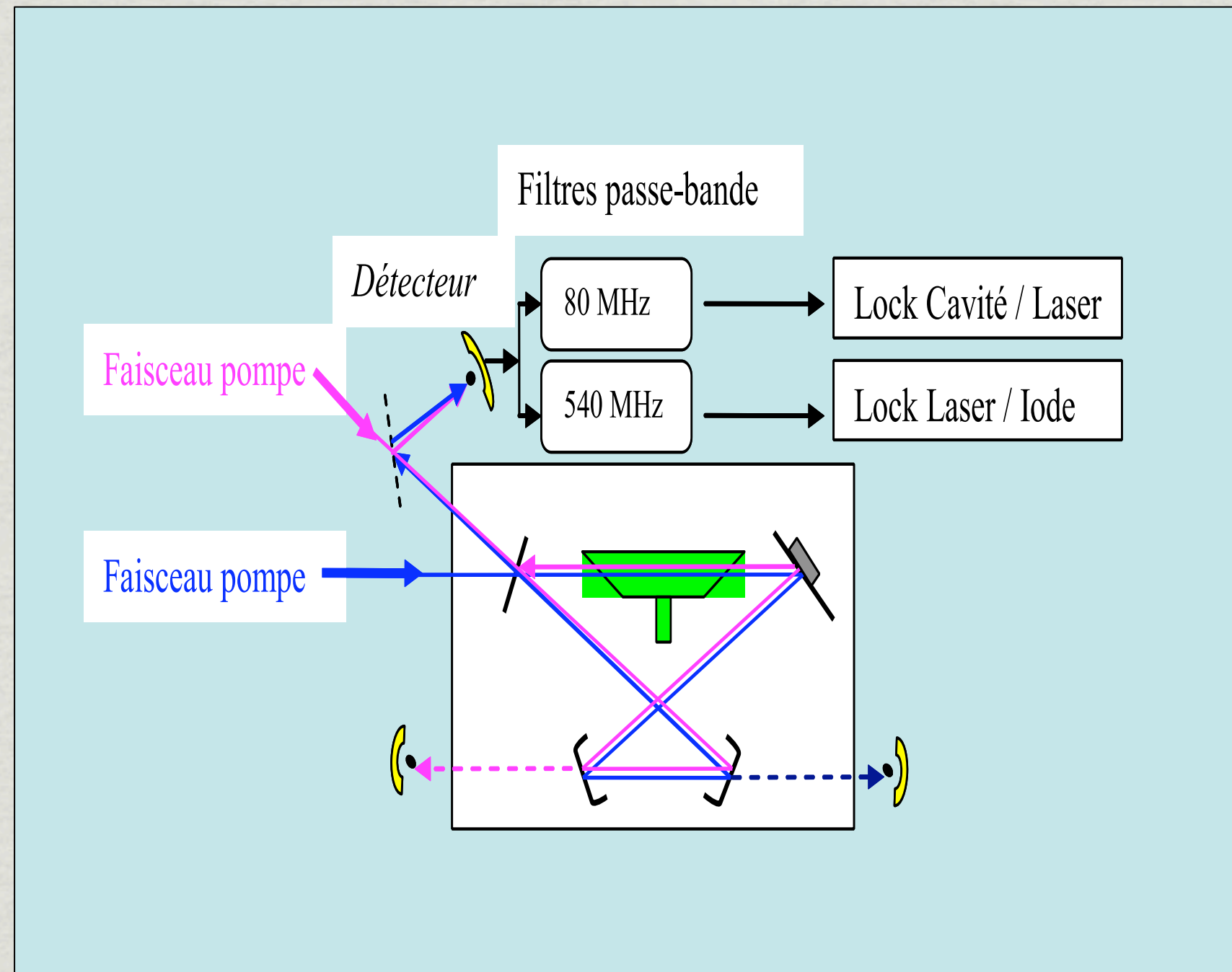
Stabilisation Laser

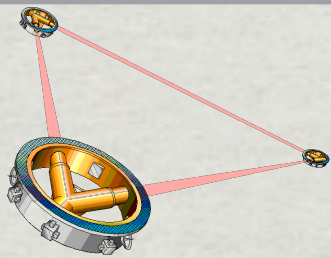
EVOLUTION

LASIC = LAsEr
Stabilisé Sur Iode en
Cavité

Idée: placer la cellule
d'iode dans une
cavité résonnante de
faible finesse.

Voir exposé de C.
Zumsteg

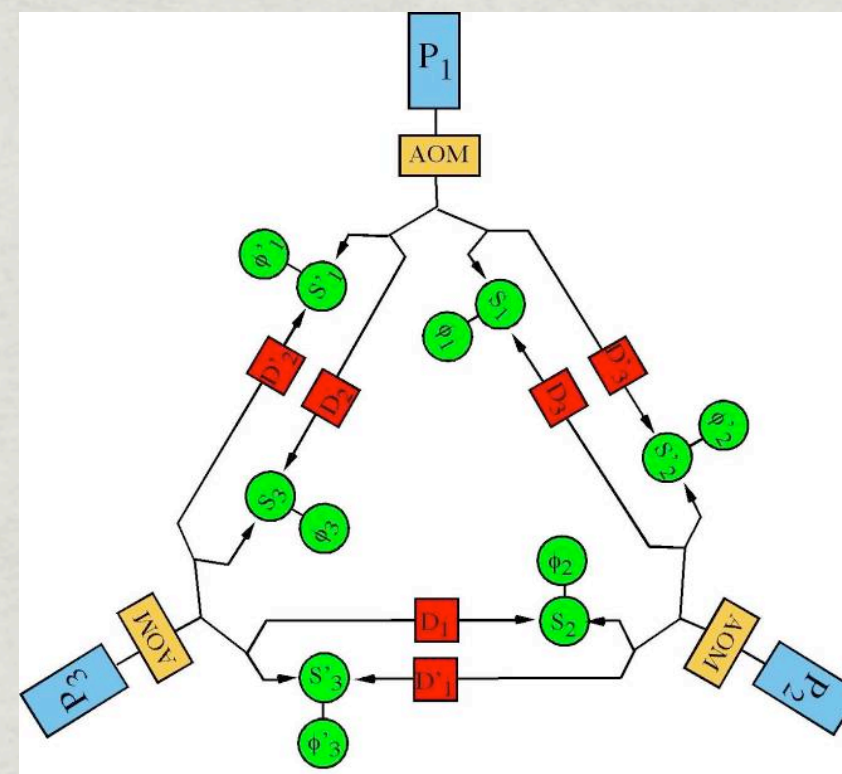
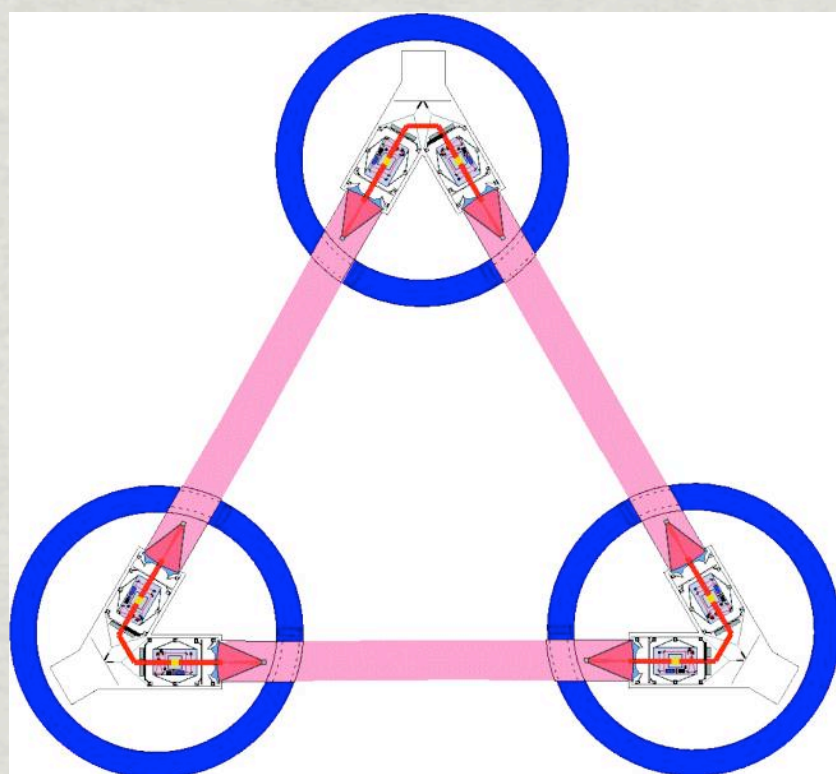


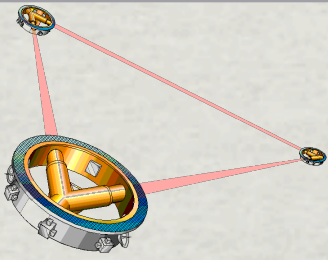


LOT (LISA On Table)



Simuler la propagation des lasers (16 secondes de retard)
Permet de tester l'ensemble des techniques interférométrique de LISA
Développement d'un phasemètre en collaboration avec AEI





Analyse de données

- *Simulateur scientifique de LISA*
- *Introduction de formes d'ondes théoriques*
 - *Coalescence de trous noir*
 - *EMRI*
 - *Introduction du fond galactique*
 - *ect.*
- *Analyse en «aveugle»*
- *Voir à titre d'exemple le poster de: N.Douillet*

***S'inscrit dans une collaboration
Internationale MLDC***

Introduction

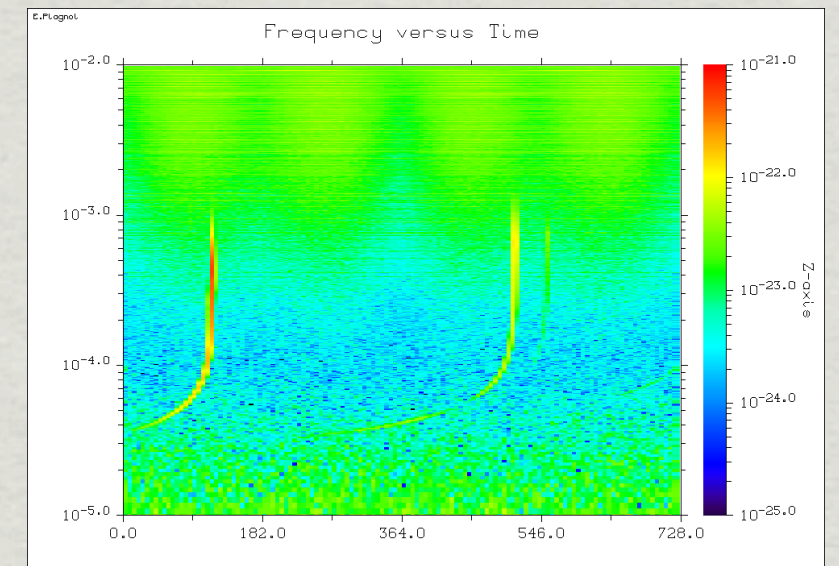
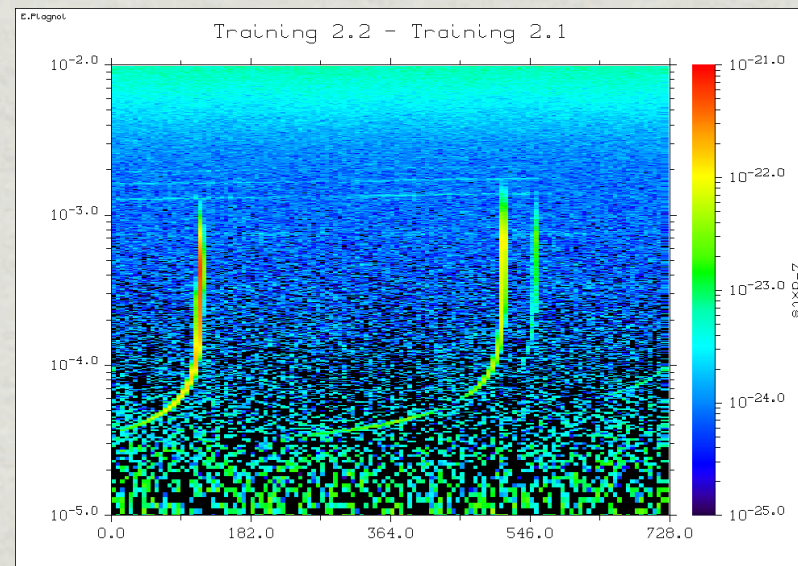
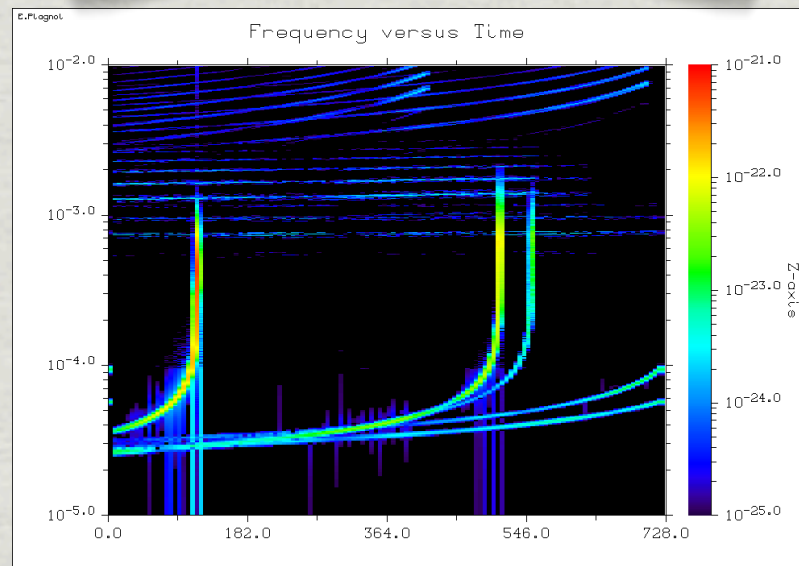
- Coalescence de trous noirs
- EMRI

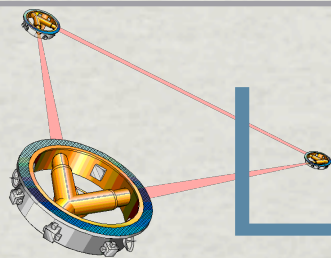
Introduction

Fond instrumental

Introduction

Des binaires galactiques





LISA France



Activités autour de LISA.

Site Web:

<http://www.apc.univ-paris7.fr/LISA-France/Accueil.html>

Sans oublier que deux collègues français (P. Binetruy et J.Y. Vinet) sont membres du LIST



LISA FRANCE

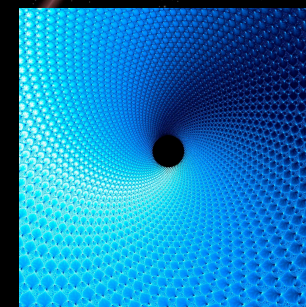


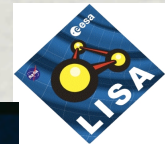
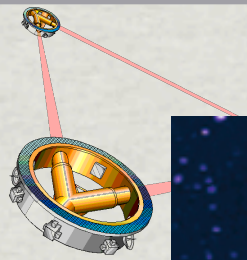
Accueil Science Journées Exposés précédents

LISA France, créée en 2004, est une structure regroupant plusieurs laboratoires français (APC, ARTEMIS, CEA/IPht, IAP, LAPP, LPC2E, LUTH, ONERA et le SYRTE) dans le cadre de la future expérience LISA. Leurs domaines de compétences vont de la théorie à la technique expérimentale en passant par les simulations numériques des ondes gravitationnelles. Entre ou et deux fois par ans LISA France organise des Journées.

Contact : Pierre Binetruy

LISA France est en majorité subventionné par le CNES





FIN

