



# **Journées Scientifiques du Programme National GRAM**

**Nice  
Hôtel Saint-Paul  
6-8 novembre 2023**

**Résumés des contributions**

# **Présentations orales**

---

# MICROSCOPE et le principe d'équivalence

Joel Bergé<sup>\*1</sup>, Gilles Metris, and Manuel Rodrigues

<sup>1</sup>Département de Mesures Physiques (DMPH) – ONERA – BP 52 29 avenue de la Division Leclerc  
92320 Châtillon Cedex, France

## Résumé

Le principe d'équivalence faible (WEP) postule que tous les corps chutent de la même manière dans un même champ gravitationnel, indépendamment de leur masse, structure et composition chimique. Il est le postulat central de la Relativité Générale, ce qui en fait un élément expérimental incontournable : le mettre en défaut reviendrait à identifier une possible fissure dans la théorie. Une violation du WEP pourrait en effet signifier que la Relativité Générale est bâtie sur une base incorrecte ou incomplète. Cependant, elle pourrait aussi mettre en lumière la détection d'une nouvelle interaction fondamentale (la cinquième force). Dans tous les cas, l'observation d'une violation du WEP apporterait un indice crucial dans la compréhension des difficultés auxquelles font face les physiciens depuis quelques décennies, à savoir l'unification de la gravitation avec les autres interactions fondamentales et la nature de l'énergie noire et de la matière noire.

La mission MICROSCOPE (CNES/ONERA/OCA) a récemment permis de mesurer le principe d'équivalence avec une précision inédite d'environ une partie sur  $10^{15}$  et de contraindre certains modèles de cinquième force.

Dans cette présentation, je reviendrai sur les aspects technologiques et scientifiques de MICROSCOPE, je discuterai les implications de ses résultats, et proposerai des améliorations qui permettraient de définir un successeur à MICROSCOPE pour tester le WEP de manière encore plus précise.

---

\*Intervenant

---

# Towards a test of the Weak Equivalence Principle of gravity with anti-hydrogen

Francois Nez For The Gbar Collaboration\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Kastler Brossel – École normale supérieure - Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

## Résumé

The aim of the GBAR (Gravitational Behavior of Antimatter at Rest) experiment (<http://gbar.web.cern.ch/>) is to measure the free fall acceleration of an anti-hydrogen atom ( $\bar{\text{H}}$ ), in the terrestrial gravitational field at CERN and therefore test the Weak Equivalence Principle with antimatter first at 1% level of uncertainty and then at the level of  $10^{-4}$ . To avoid stray effects from electric or magnetic fields, the antimatter species has to be neutral. One possible candidate is  $\bar{\text{H}}$  (anti-proton  $\bar{p}$  and a positron ( $e^+$ )). However cooling  $\bar{\text{H}}$  is challenging. The originality of GBAR experiment is to circumvent this difficulty by producing  $\bar{\text{H}}$  at rest from the photo-detachment of one of the positrons of the anti-ion ( $\bar{\text{H}}^+$ ) (that is  $(\bar{p} e^+ e^+)$  as  $\bar{\text{H}}^+$  ions can be efficiently cooled in electromagnetic traps. This ion is produced with two consecutive reactions. We recently succeeded to produce our first  $\bar{\text{H}}$  atoms with the first reaction. I will present the latest developments of GBAR project and future prospectives.

---

\*Intervenant

---

# Quantum interference measurement of the free fall of anti-hydrogen

Joachim Guyomard<sup>\*1</sup>, Serge Reynaud<sup>1</sup>, and Pierre Cladé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Kastler Brossel – École normale supérieure - Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

## Résumé

Several experiments have been proposed with the goal of testing the Weak Equivalence Principle on anti-matter. Recently, the ALPHA collaboration has published a first direct measurement of  $g$ , where they confirm that antimatter falls under earth gravity field.

In the GBAR project, the anti-hydrogen atom will be produced from a trapped  $H^+$  ion, by photodetaching the additional positron.

Based on this production scheme, we modeld new quantum interferometry schemes, with the goal to improve the uncertainty.

Thanks to bounces of atoms on a mirror surface, we propose to create quantum interferences of atoms and show that it should be possible to measure  $g/g_0$  with a precision of the order of  $10^{-5}$  with 1000 atoms.

In the current proposal, atoms bounces many times on the surface, creating a complex interference pattern. We will also present a new promising scheme with only few bounces that lead to much simpler interference patterns and a similar accuracy.

---

<sup>\*</sup>Intervenant

---

# Vers un repère de référence céleste ICRF multi-longueur d'onde

Patrick Charlot\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux [Pessac] – Université de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique – France

## Résumé

Le repère de référence céleste international ICRF est matérialisé par les positions de sources extragalactiques compactes (noyaux actifs de galaxies) quadrillant l'ensemble du ciel. Jusqu'à un passé récent, seule la technique de radio-interférométrie à très longue base (VLBI) était capable de mesurer les positions des sources avec la précision requise. De ce fait, les trois premières réalisations de l'ICRF, adoptées successivement par l'UAI en 1997 (ICRF1), 2009 (ICRF2) et 2018 (ICRF3), furent uniquement radio. Le lancement de la mission Gaia a changé la donne, celle-ci permettant pour la première fois de bâtir un repère céleste dans le domaine optique avec le même niveau de précision qu'en radio. Ainsi, le repère Gaia-CRF3 (issu de la " Data Release 3 " de Gaia) a été adopté par l'UAI en 2021, ce repère constituant aujourd'hui le pendant optique de l'ICRF3. Cette coexistence - nouvelle - radio-optique ouvre la voie à un repère ICRF multi-longueur d'onde, dont l'étude et la réalisation ont été confiées à un groupe de travail de l'UAI. L'objectif est de produire un repère incluant à la fois les positions radio et optiques, en garantissant le maximum de cohérence de ces positions sur la sphère céleste. La réalisation d'un tel repère implique d'aborder et de pouvoir statuer sur un certain nombre de questions : méthode d'alignement des repères dans un contexte où les positions des sources peuvent dépendre de la longueur d'onde et varier au cours du temps, traitement cohérent de l'accélération Galactique entre les différentes bandes, situation spécifique de non-uniformité du repère VLBI,... Outre son importance en termes de systèmes de référence, ce futur repère multi-longueur d'onde sera également un atout pour l'étude de la physique des sources extragalactiques.

---

\*Intervenant

---

# GENESIS : co-localisation dans l'espace de techniques géodésiques

Pacôme Delva\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Systèmes de Référence Temps-Espace – Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université – France

## Résumé

L'amélioration et l'homogénéisation des systèmes de référence spatio-temporels sur Terre et, plus particulièrement, la réalisation du référentiel terrestre (TRF) avec une précision de 1 mm et une stabilité à long terme de 0,1 mm/an sont importantes pour de nombreuses activités scientifiques et sociétales. La connaissance du TRF est fondamentale pour les sciences de la Terre et de la navigation. Par exemple, la quantification de l'évolution du niveau de la mer dépend fortement d'une détermination précise du mouvement du géocentre, mais aussi des positions des stations de référence continentales et insulaires, telles que celles situées sur les marégraphes, ainsi que des stations terrestres des réseaux de suivi. Par ailleurs, de nombreuses applications en géophysique nécessitent une précision au millimètre du référentiel, comme par exemple le suivi des mouvements tectoniques ou de la déformation de la croûte terrestre, ce qui contribue à une meilleure compréhension des risques naturels. La précision du TRF à atteindre représente le consensus de diverses autorités, dont l'Association internationale de géodésie (IAG), qui a énoncé les exigences en matière de géodésie pour les sciences de la Terre. En outre, la résolution 69/266 des Nations unies stipule que le développement de missions spatiales de positionnement et de télédétection de la Terre ne peut être pleinement bénéfique à la société que si ces missions sont référencées par rapport à un référentiel géodésique unifié à différentes échelles. Aujourd'hui, nous sommes encore loin de ces objectifs ambitieux de précision et de stabilité pour la réalisation du TRF. Cependant, la combinaison et la co-localisation des quatre techniques de géodésie spatiale sur une plate-forme satellitaire peuvent contribuer de manière significative à la réalisation de ces objectifs. C'est le but de la mission GENESIS, une composante du programme FutureNAV de l'Agence spatiale européenne. La plate-forme GENESIS sera un observatoire géodésique spatial dynamique transportant tous les instruments géodésiques référencés les uns par rapport aux autres grâce à des liens spatiaux soigneusement calibrés. La co-localisation des techniques dans l'espace permettra de réduire les incohérences et les biais entre les différentes techniques géodésiques afin d'atteindre les objectifs de précision et de stabilité du TRF approuvés par les différentes autorités internationales et la communauté scientifique. Dans cet exposé nous ferons le point sur l'état de l'art et nous illustrerons les avantages de la mission GENESIS dans quelques domaines scientifiques.

---

\*Intervenant

---

# REFIMEVE: Etat d'avancement et quelques cas d'applications

Paul-Eric Pottie\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire national de métrologie et d'essais - Systèmes de Référence Temps-Espace – LNE-SYRTE, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, France – 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris, France

## Résumé

Dans cet exposé, je vais dresser un état des lieux de la construction du réseau REFIMEVE, qui dessert actuellement une référence de fréquence optique à 19 laboratoires partenaires en France. Les sources d'erreurs seront analysés et un bilan d'incertitude des liens du réseau sera présenté. Je montrerai les comparaisons d'horloges qui ont pu être conduites en Europe où REFIMEVE a joué un rôle central. Je présenterai en particulier les nouveaux éléments du projet PIA 3 T-REFIMEVE, qui ajoute la technologie White Rabbit et de nouvelles branches au réseau. Je présenterai enfin quelques perspectives d'exploitation du réseau REFIMEVE, notamment pour la géodésie chronométrique.

---

\*Intervenant

---

# Pollutions spatiales : le cas Starlink

Florent Deleffie\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (IMCCE) / Observatoire de Paris - PSL  
Research University – Observatoire de Paris, Université de Lille, Sorbonne Université, Centre National  
de la Recherche Scientifique : UMR8028, Bureau des Longitudes – France

## Résumé

En 2023, environ 15000 débris spatiaux dont la taille est plus grande que 10 cm circulent parmi les satellites actifs, et dont le nombre ne cesse d'augmenter considérablement en raison de l'arrivée récente de flotilles de satellites comme Starlink. Ces flotilles lancées par des opérateurs privés modifient considérablement l'occupation de l'environnement spatial de la Terre, au point qu'il est annoncé que d'ici la prochaine décennie il sera lancé davantage de satellites que l'ensemble des engins qui ont été mis sur orbite depuis 1957. Une telle activité génère des modifications de l'environnement spatial que l'on peut qualifier de "pollutions", en dépit des efforts déployés par les industriels pour en limiter les effets. Il s'agit d'une augmentation significative des risques de collision en orbite basse, d'une utilisation sans précédent du spectre électromagnétique, et même d'une certaine forme de pollution lumineuse très perceptible depuis le sol et en particulier par les grands instruments de l'astronomie. Cette présentation pourra dresser un bilan de la situation actuelle.

---

\*Intervenant

---

# Artificial intelligence and the search for gravitational lenses in major astronomical surveys

Quentin Petit\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux [Pessac] – Université de Bordeaux, Institut National des Sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique – France

## Résumé

The gravitational lensing effect is one of the most spectacular and useful consequences of general relativity. It is a precise technique for measuring the mass distribution of galaxy clusters, studying their dark matter content and mass profile. Moreover, it is one of the few methods allowing for the measurement of the Hubble constant,  $H_0$ , with an accuracy of  $< 4\%$ . In this presentation, I will show how we used a machine learning-based approach to search for quadruply imaged lensed quasars (quads) in the Gaia DR3 catalog. Due to the limited number of known quads to date (approximately 70 known quads as of July 2023), realistic gravitational lensing simulations are crucial to train the machine learning algorithms. Firstly, I will detail the method we developed to improve deflector simulations by using realistic distributions of parameters from the EAGLE cosmological simulations. Then I will show how we combined these realistic parameters with gravitational lensing simulations to train a machine learning algorithm, based on gradient tree boosting, to find new quad candidates.

---

\*Intervenant

---

# De GRAVITY à GRAVITY+

Thibaut Paumard\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique = Laboratory of Space Studies and Instrumentation in Astrophysics – Institut National des Sciences de l'Univers, Observatoire de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

## Résumé

GRAVITY/VLTI a transformé l'interférométrie optique avec des résultats magistraux sur le Centre Galactique, les noyaux actifs de galaxies (AGNs) et les exoplanètes. GRAVITY+ donnera accès à tout le disque Galactique jusqu'à  $K = 22$  et à un contraste de 10 à 100mas autour des objets brillants. GRAVITY+ mesurera la masse de trous noirs au cœur des AGNs au travers des âges cosmologiques aussi bien que celle des trous noirs de masse stellaire isolés dans l'environnement du système solaire. Je présenterai les résultats de GRAVITY dans le Centre Galactique avec d'importants tests de la gravitation en champ fort, les promesses de GRAVITY+ concernant les trous noirs de toute masse, et l'état d'avancement du projet qui est déployé partie par partie au VLT, avec l'arrivée des optiques adaptatives de nouvelle génération à l'été 2024.

---

\*Intervenant

---

# The strong equivalence principle with the pulsar in a triple system PSR J0337+1715

Guillaume Voisin\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Univers et Théories (LUTH) – Université Paris VII - Paris Diderot, Observatoire de Paris, INSU, CNRS : UMR8102 – 5 place Jules Janssen 92195 Meudon cedex, France

## Résumé

General relativity has been tested with exquisite accuracy in the Solar system. However, tests in the strong-field regime require a compact object. This is why a new era of strong-field tests opened up in 1974 with the discovery of the first binary neutron-star system by Hulse and Taylor in 1974 for which they both obtained the 1993 Nobel prize.

I will briefly review tests of general relativity with binary pulsars and then focus on a new test allowed by the discovery of the pulsar in a triple stellar system PSR J0337+1715. This pulsar is orbiting with two white dwarfs within an area comparable to the orbit of the Earth. I will show how this so far unique configuration has allowed for a dramatic improvement over previous tests of the strong equivalence principle with pulsars. Finally, I will show that the various experiments and observations can be combined consistently to constrain a particular theory of gravity, in this case the class of scalar-tensor theories. We will see that strong-field tests with pulsars play a key role in such exercise.

---

\*Intervenant

---

# Challenging the Status Quo: Entangled Relativity's Take on the General Theory of Relativity.

Olivier Minazzoli\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ARTEMIS UMR 7250 – Observatoire de la Cote d'Azur – France

## Résumé

Various efforts to quantize gravity provide compelling evidence that points toward the emerging nature of the smooth and/or continuous space-time structure at the Planck scale, which seemingly arises from a more fundamental, yet undiscovered, quantum structure. This notably suggests the existence of an elementary unit of time: the Planck time, valued at about  $10^{-43}$  seconds. In this talk, we will introduce a unique, non-linear, and parameter-free adaptation of the General Relativity framework that intertwines matter and space-time curvature. Termed "Entangled Relativity," this innovative perspective not only emphasizes the fundamental nature of the smooth space-time as presented in classical General Relativity but also remains in alignment with its broader principles. Our exploration will delve into potential deviations from General Relativity in both weak (like our solar system) and strong (such as neutron stars and black holes) gravitational fields.

---

\*Intervenant

---

# Search for ultralight Dark Matter in the lab

Aurelien Hees<sup>\*1</sup>, Jordan Gué , and Peter Wolf

<sup>1</sup>Systèmes de Référence Temps Espace – Institut National des Sciences de l’Univers, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8630 – France

## Résumé

UltraLight Dark Matter (ULDM) is a class of bosonic Dark Matter candidates whose mass is below the electronVolt. Such Dark matter candidates have become very popular in the last decade, in particular because of the lack of direct detection of WIMPs with particles accelerators. The most studied ULDM candidates are the axion (pseudo-scalar particle), the dilaton (a scalar particle) and the hidden photon (a spin 1 particle). The phenomenology of ULDM is very rich and in particular, it can be searched for using atomic sensors like atomic clocks, cavities, atom interferometry, etc... In this talk, we will review the basic properties of such dark matter candidates and discuss some of their theoretical properties. We will then focus on experimental results obtained within SYRTE and also present some new proposals of experiments specifically designed to search for such new fields.

---

\*Intervenant

---

# Towards Probing Ultralight Dark Matter Couplings with Acetylene Spectroscopy

Florin Lucian Constantin<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules (PhLAM) – CNRS : UMR8523 –  
Laboratoire PhLAM, CNRS UMR 8523, 59655 Villeneuve d’Ascq, France

## Résumé

The nature of dark matter (mass, spin, couplings) is not known. Ultralight dark matter candidates are scalar classical fields with sub-eV mass that oscillate at their Compton frequency. Couplings to Standard Model particles induce time variations of the fundamental constants that may be probed through precision measurements with atoms and molecules. This contribution evaluates the potential to constrain ultralight dark matter couplings with precision spectroscopy measurements of rovibrational transitions of acetylene-C12 with intrinsic sensitivity to the nuclear masses. Acetylene transitions were exploited as frequency references in the 1.5  $\mu\text{m}$  domain. In addition, acetylene display transitions between excited near-resonant energy levels with enhanced sensitivity to the variations of the fundamental constants.

The relevant energy levels of acetylene are modelled using a state-of-the-art Hamiltonian for rotation, centrifugal distortion, vibration, anharmonicity and l-type rotational and vibrational interactions. The parameters of the Hamiltonian are expressed in function of nuclear masses, internuclear distances, vibrational frequencies, and force constants in order to derive the sensitivity of the acetylene energy levels to the proton-electron mass ratio ( $\mu$ ) variation. The relevant transitions of C2H2 display enhanced sensitivity coefficients for a variation of  $\mu$  up to  $\pm 10^{\pm 2}$  in the microwave domain (1), and sensitivity coefficients by  $-0.5$  for the reference transitions at 1.5  $\mu\text{m}$  (2).

In the infrared range, the oscillations of the fundamental constants may be probed by monitoring the fractional variation between the frequency of a Fabry-Perot stabilized laser and the frequency of an acetylene transition. The stabilized laser signal that will be used in this experiment is the REFIMEVE optical reference at 1542.14 nm with fractional frequency stability at the  $10^{-15}$  level at 1 s. The molecular line may be probed by saturated absorption spectroscopy or linear absorption spectroscopy to ensure sensitivity to oscillations of fundamental constants from 1 Hz to 1 GHz. Uncertainties in spectroscopic measurements and experimental time response functions are translated into upper bounds to possible couplings of ultralight dark matter fields to Standard Model particles. This approach has the potential to improve constraints beyond the state-of-the-art on couplings to the fine structure constant and to the electron mass for Compton frequencies from Hz to tens of kHz (3).

In addition, highly sensitive transitions of acetylene may be investigated by Fourier-Transform Microwave spectroscopy in a cell (1). The proposed experimental approach is to lock a

---

\*Intervenant

microwave source to the molecular line and to measure it against the Cs clock. Heating the molecular gas and using appropriate optical pumping schemes may ensure sufficient population in the excited rovibrational levels. The transition  $(v_4, l_4, v_5, l_5, J) = (2, -1, 0, 0, 37) \rightarrow (1, 0, 1, 0, 36)$  at 10.363 GHz has the potential to provide a molecular clock with fractional frequency stability of  $2.1 \times 10^{-10} (t/1s)^{-1/2}$  and fractional systematic errors of  $2.9 \times 10^{-11}$ . Variations of  $\mu$  may be constrained at the  $10^{-12}$  level in 1 s.

#### References

(1) F.L. Constantin, *Enhanced sensitivity to bosonic ultralight dark matter from acetylene transitions between near-degenerate vibrational modes* 2023 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference, Precision metrology and frequency combs, Munich, 26-30 juin 2023, paper ED-1.4, à paraître dans Proc. CLEO/Europe-EQEC 2023

(2) F.L. Constantin, *Sensitivity to electron-to-proton mass ratio variation from  $12C2H2$  rovibrational transitions to  $v_1+v_3$  and  $v_1+v_2+v_4+v_5$  interacting levels*, Vibrational Spectroscopy 85, 228-234 (2016)

(3) F.L. Constantin, *Sensitivity to dark matter couplings from frequency measurements of acetylene optical clocks*, 2023 Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium and the European Frequency and Time Forum, Toyama, 15-19 mai 2023, paper, à paraître Proc. IFCS-EFTF 2023

---

# Futures perspectives pour la dynamique planétaire: réseaux neuronaux et interférométrie planétaire

Agnes Fienga\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geoazur – Observatoire de la Cote d’Azur – France

## Résumé

Dans cette présentation, nous ferons le point sur les diverses évolutions des modèles de dynamique planétaire en cours dans le contexte des missions Bepi-Colombo et JUICE et à venir comme les projets de missions d’interférométrie planétaire ITLN

---

\*Intervenant

---

# From the Galaxy to Cosmic Dawn: peering into millihertz gravitational waves with LISA

Quentin Baghi\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AstroParticule et Cosmologie – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Observatoire de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

## Résumé

The Laser Interferometer Space Antenna (LISA) will explore the yet-uncharted millihertz band of the gravitational-wave spectrum in between the very low frequencies probed by pulsar timing arrays and the kilohertz window accessible to ground observatories. The mission is approaching adoption, which should occur early next year. In order to prepare for this milestone, scientists of the Consortium have written a set of documents and will submit them to the European Space Agency (ESA) for review. Among these, the Red Book outlines the science achievable with the current mission design. With eight science objectives covering astrophysics, cosmology and fundamental physics, LISA's scientific harvest will be vast and undoubtedly full of surprises. I will highlight its potential in answering key questions in modern astronomy, then present the current mission design and how science observations will be conducted. Finally, I will discuss the remaining path towards launch.

---

\*Intervenant

---

# Source laser ultrastable, compacte-transportable, pour LISA

Ouali Acéf\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Systèmes de Référence Temps Espace (SYRTE) – CNRS : UMR8630, INSU, Observatoire de Paris,  
Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, LABORATOIRE NATIONAL DE  
METROLOGIE ET D'ESSAIS – 61 Av de l'Observatoire 75014 PARIS, France

## Résumé

Le SYRTE a développé une source laser ultrastable, dans une configuration transportable, compacte, majoritairement fibrée, pour les tests sol de la mission LISA (Laser Interferometer Space Antenna). Ce développement qui a été initié en 2011, comme une activité de R&D de laboratoire, soutenue par de nombreux organismes et agences, dont GRAM, s'est poursuivi au sein du consortium LISA-France coordonné et financé par le CNES. Ce dispositif laser stabilisé en fréquence a été transporté du SYRTE-Observatoire de Paris, au LAM-Marseille, pour servir aux tests d'interférométrie, sous vide, de grande précision menés par le consortium.

---

\*Intervenant

---

# Banc de test ZIFO pour le projet LISA

Maxime Vincent\*<sup>1</sup> and Matthieu Laporte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>APC - Gravitation – AstroParticule et Cosmologie – France

## Résumé

La contribution française (hardware) au sein du consortium LISA se trouve principalement dans le développement de bancs de test destinés à caractériser les bancs optiques au cœur de l'instrument LISA.

Pour ce faire, un ensemble de démonstrateurs ont été développés afin d'acquérir une expertise dans le domaine de l'interférométrie hétérodyne à basse fréquence, dont le banc optique de métrologie ultrastable ZIFO (Zerodur Interferometer).

Son objectif est d'effectuer une mesure de chemin optique avec une stabilité de mesure de  $10 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$  ainsi que d'identifier et de quantifier les principales sources de bruits de mesures.

---

\*Intervenant

# Posters

---

# ELIXIR, imagEUR de pLusieurs degrés carrés pour eXplorer l'unIveRs

François Taris\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SYRTE, Observatoire de Paris – Observatoire de Paris – France

## Résumé

Le projet ELIXIR doit permettre d'imager l'ensemble du ciel visible toutes les deux nuits environ. Les buts scientifiques de ce projet sont l'observation des AGN pour les systèmes de référence (Gaia) et pour la préparation à CTA, l'observation du ciel transitoire (mission SVOM), l'observation des astéroïdes (Gaia) et celle des exoplanètes (mission CHEOPS). La construction de trois télescopes, dont le design optique est particulièrement innovant, a commencé en janvier 2023. Ils verront leur première lumière sur le site de l'observatoire de Haute-Provence en décembre et entreront en service début 2024. le projet ELIXIR est réalisé en collaboration avec le LAM (ciel transitoire), l'IMCCE (astéroïdes, exoplanètes) et l'OCA (astéroïdes).

---

\*Intervenant

---

# Surveillance à long terme des sources ICRF par cartographie VLBI - La base d'images VLBI de Bordeaux

Arnaud Collioud<sup>1</sup> and Patrick Charlot\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux [Pessac] – Université de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique – France

## Résumé

La morphologie VLBI des sources radio extragalactiques constituant le repère de référence céleste international (ICRF) est suivie depuis plus de 20 ans grâce à des observations VLBI régulières organisées par le Service VLBI International pour la Géodésie et l'Astrométrie (IVS). Ces observations sont faites par un réseau d'une quinzaine de radiotélescopes, incluant le réseau VLBI américain (VLBA) et plusieurs stations de l'IVS, aux bandes de fréquence S et X (2 et 8 GHz), qui sont les fréquences radio traditionnelles utilisées pour définir l'ICRF. La cartographie systématique des sources est réalisée par le Centre d'Analyse IVS de Bordeaux. Les cartes VLBI produites sont mises à disposition de la communauté scientifique via la base d'images BVID (Bordeaux VLBI Image Database). Cette base contient à ce jour presque 8300 cartes VLBI pour plus de 1500 sources différentes, ainsi que des informations sur le flux et l'aspect morphologique (structure) des sources. Cet ensemble de données est essentiel pour le maintien de l'ICRF sur le temps long et pour son amélioration. Il est également d'un grand intérêt pour l'étude astrophysique des sources. La base BVID est accessible à l'adresse suivante : <https://bvid.astrophy.u-bordeaux.fr/>.

---

\*Intervenant