

**Annexe 1 : Fiche de projet Chaire de professeur junior CPJ**  
(à renseigner pour chaque CPJ 2023)

**Établissement/organisme porteur** : Centre national de la recherche scientifique

Nom du chef d'établissement/d'organisme : Antoine Petit

Site concerné : Laboratoire d'Astrophysique Relativiste, Théories, Expériences, Métrologie, Instrumentation, Signaux (ARTEMIS)

Région académique : Nice

**Établissements/organismes partenaires envisagés** : Université Côte d'Azur

**Nom du projet** : Système laser pré-stabilisé pour les futurs détecteurs d'ondes gravitationnelles / *Pre-stabilized laser system for future gravitational wave detectors*

**Éventuellement acronyme** : PSL-Next

**Mots-clés** : Laser, ondes gravitationnelles, fibres optiques, métrologie, stabilisation / *Laser, gravitational waves, fiber optics, metrology, stabilization*

**Durée visée** : 4 ans

**Thématique scientifique** : Lasers continus de haute puissance / *High power CW lasers*

**Section (s) CNUICoNRS/CSS correspondante (s)** : section 8

**Stratégie d'établissement :**

Cette chaire CNRS de nature interdisciplinaire pourra s'inscrire à l'interface des instituts du CNRS des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) et de l'institut national de science pour l'univers (INSU), en lien également avec sa Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires (MITI).

**Stratégie du laboratoire d'accueil** : *décrire en quoi le recrutement est en lien avec la stratégie du laboratoire d'accueil (15 lignes maximum)*

Le laboratoire ARTEMIS est historiquement à l'origine du détecteur d'ondes gravitationnelles franco-italien Virgo et a, depuis sa création, fourni le laser d'interrogation de l'interféromètre. Le laboratoire ARTEMIS continue d'avoir la responsabilité du système laser pré-stabilisé qui englobe des cavités de filtrage ainsi que des systèmes de stabilisation en fréquence et en puissance. Dans ce contexte, le laboratoire a travaillé depuis sa création sur la validation en termes métrologiques et l'intégration des nouvelles technologies de pointe, à savoir les amplificateurs solides et les lasers fibrés.

Dans la continuité de ces activités, le laboratoire ARTEMIS est engagé dans le projet Einstein Telescope. Il est, entre autres, co-responsable de la conception du système laser pré-stabilisé au sein de ce projet.

Les compétences acquises au sein du laboratoire ARTEMIS durant toutes ces années de recherche sur les lasers stabilisés de haute puissance est mis à profit de la fusion par confinement magnétique, le but étant d'augmenter l'efficacité des injecteurs de neutres par photoneutralisation.

*The ARTEMIS laboratory is historically at the origin of the Franco-Italian gravitational wave detector Virgo and has, since its creation, supplied the interrogation laser of the interferometer. The ARTEMIS laboratory continues to be responsible for the pre-stabilized laser system which includes filter cavities as well as frequency and power stabilization systems. In this context, the laboratory has worked since its creation on the validation in metrological terms and the integration of new advanced technologies, namely solid state amplifiers and fiber lasers.*

*In the continuity of these activities, the ARTEMIS laboratory is involved in the Einstein Telescope project. He is, among other things, co-responsible for the design of the pre-stabilized laser system within this project.*

*The skills acquired within the ARTEMIS laboratory during all these years of research on high-power stabilized lasers are used for fusion by magnetic confinement, the aim being to increase the efficiency of neutral injectors by photoneutralization.*

**RNSR du laboratoire d'accueil :**

#### **Stratégie en termes d'attractivité internationale :**

La recherche sur les nouvelles technologies laser et optiques pour les détecteurs d'ondes gravitationnelles répondra aux besoins de différentes collaborations internationales. Actuellement, le détecteur Virgo est opérationnel et se prépare à de futures séries d'observations jusqu'à la fin des années 2020. Les recherches de la chaire CNRS contribueront à améliorer les performances de Virgo. Virgo est une large collaboration internationale de recherche, dont les membres viennent principalement d'Europe. Les recherches de la chaire CNRS auront donc une grande visibilité dans de nombreux pays. Étant donné la collaboration établie entre Virgo, le détecteur américain LIGO et le détecteur japonais KAGRA, cette recherche aura une visibilité encore plus grande à travers le monde. Les amplificateurs à laser fibre de haute puissance sont reconnus comme étant l'avenir des interféromètres d'ondes gravitationnelles. À ce titre, ils sont considérés comme prometteurs pour les futurs détecteurs d'ondes gravitationnelles. La chaire CNRS contribuera au futur détecteur européen, Einstein Telescope (ET), qui commencera ses observations au milieu des années 2030. L'ET Collaboration est déjà large et productive, avec une grande visibilité. Les recherches menées par la Chaire CNRS devraient certainement susciter l'intérêt d'autres chercheurs, ainsi que celui d'éventuels doctorants et post-doctorants. L'établissement de projets de recherche en collaboration avec d'autres groupes dans le monde sera probable, et important. Des collaborations avec des partenaires industriels seront également probables.

*Research on new laser and optical technologies for gravitational wave detectors will meet the needs of different international collaborations. Currently, the Virgo detector is operational and is preparing for future series of observations until the end of the 2020s. The research of the CNRS chair will contribute to*

*improving the performance of Virgo. Virgo is a large international research collaboration, whose members come mainly from Europe. The research of the CNRS chair will therefore have great visibility in many countries. Given the collaboration established between Virgo, the American detector LIGO and the Japanese detector KAGRA, this research will have even greater visibility throughout the world. High power fiber laser amplifiers are recognized as the future of gravitational wave interferometers. As such, they are considered promising for future gravitational wave detectors. The CNRS Chair will contribute to the future European detector, Einstein Telescope (ET), which will begin its observations in the mid-2030s. The ET Collaboration is already large and productive, with high visibility. The research carried out by the CNRS Chair should certainly arouse the interest of other researchers, as well as that of potential doctoral and post-doctoral students. The establishment of collaborative research projects with other groups around the world will be likely, and important. Collaborations with industrial partners will also be likely.*

---

### **! Résumé du projet scientifique: 15 lignes maximum**

---

Le signal gravitationnel GW170817 a révolutionné notre façon d'étudier l'Univers puisque pour la première fois on a pu observer, grâce aux ondes gravitationnelles émises, la fusion de deux étoiles à neutrons qui a créé un objet compact dont la nature, trou noir ou étoile à neutrons massive, est encore sujet de débat. Répondre à cette question fondamentale en astrophysique c'est en partie résoudre l'énigme du gap de masse entre l'étoile à neutrons la plus massive et le trou noir le plus léger jamais observés. C'est aussi mieux comprendre les populations d'objets compacts dans l'Univers et les mécanismes de formation de ces objets. L'émission électromagnétique qui a lieu après la fusion ne permet guère d'en comprendre la nature. Seules les ondes gravitationnelles émises juste après la fusion peuvent renseigner sur la nature de l'objet créé.

Les principales difficultés de cette recherche sont le domaine de fréquence du signal attendu, au-delà de 1 kHz, où la sensibilité des détecteurs d'ondes gravitationnelles est limitée par le bruit de grenaille du laser nécessitant le développement de laser monomode et monofréquence de haute puissance ainsi que le système de stabilisation correspondant.

Cette chaire CNRS concerne le développement des systèmes lasers pré-stabilisés pour les futurs détecteurs d'ondes gravitationnelles à moyen et long terme. Ce travail s'articule autour de trois aspects :

- Les lasers de haute puissance (plusieurs centaines de Watts) monofréquence et monomode spatiale basée sur les fibres large mode. Il s'agit d'en étudier les effets non linéaires susceptibles d'en limiter le fonctionnement dans le cadre d'un détecteur.
- Les cavités de filtrage de haute puissance et leur stabilisation sur une large bande de fréquence.
- Le développement des systèmes de stabilisation de puissance en dessous du niveau du bruit de grenaille.

Cette activité entre à la fois dans le cadre de l'engagement du laboratoire ARTEMIS dans la collaboration Virgo et dans le cadre des études au profit des détecteurs de troisième génération. Il s'inscrit également dans le cadre de la collaboration avec le laboratoire LP2N ainsi que l'entreprise AzurLight Systems (ALS) à Bordeaux.

*The gravitational signal GW170817 revolutionized our way of studying the Universe since for the first time we were able to observe, thanks to the gravitational waves emitted, the merger of two neutron stars which created a compact object whose nature, black hole or massive neutron star, is still a subject of debate. Answering this fundamental question in astrophysics is partly solving the enigma of the mass gap between the most massive neutron star and the lightest black hole ever observed. It also means better understanding the populations of compact objects in the Universe and the mechanisms by which these objects form. The electromagnetic emission which takes place after the fusion does not make it possible to understand its nature. Only the gravitational waves emitted just after the merger can provide information on the nature of the object created.*

*The main difficulties of this research are the frequency domain of the expected signal, beyond 1 kHz, where the sensitivity of gravitational wave detectors is limited by the shot noise of the laser requiring the development of single-mode and single-frequency laser of high power as well as the corresponding stabilization system.*

*This CNRS chair concerns the development of pre-stabilized laser systems for future medium and long-term gravitational wave detectors. This work revolves around three aspects:*

- *High power lasers (several hundred Watts) single frequency and single spatial mode based on wide mode fibers. The aim is to study the non-linear effects likely to limit its operation in the context of a detector.*
- *High power filter cavities and their stabilization over a wide frequency band.*
- *The development of power stabilization systems below the shot noise level.*

*This activity is both part of the ARTEMIS laboratory's commitment to the Virgo collaboration and part of the studies for the benefit of third-generation detectors. It is also part of the collaboration with the LP2N laboratory as well as the company AzurLight Systems (ALS) in Bordeaux.*

## **!Résumé du projet d'enseignement: 75 *lianes maximum***

La chaire CNRS se déploiera à l'Ecole Universitaire de Recherche SPECTRUM – Sciences fondamentales & Ingénierie. Il /elle renforcera l'équipe pédagogique du département de physique et enseignera au niveau licence et master. Les ondes gravitationnelles prennent de plus en plus de place en astrophysiques. Pour répondre au besoin d'interaction entre ces deux domaines de recherche, la/il professeur junior créera un module d'enseignement pour le master d'astrophysique MAUCA sur l'instrumentation pour la détection d'ondes gravitationnelles. Ses compétences en instrumentation et métrologie pourront enrichir l'offre pédagogique, en particulier en contribuant comme enseignant dans le projet du nouveau master de photonique en alternance (projet porté par Laurent Labonté au sein d'UCA).

*The CNRS chair will be deployed at the SPECTRUM University Research School – Basic Sciences & Engineering. He/she will strengthen the pedagogical team of the physics department and will teach at bachelor and master level. Gravitational waves are taking up more and more space in astrophysics. To meet the need for interaction between these two areas of research, the junior professor will create a teaching module for the MAUCA master's in astrophysics on instrumentation for the detection of gravitational waves. His skills in instrumentation and metrology will be able to enrich the educational offer, in particular by contributing as a teacher in the project of the new master's degree in photonics in alternation (project led by Laurent Labonté within UCA).*

**Synthèse financière** : à réaliser à partir de la fiche financière jointe, décrire les besoins financiers et leur répartition pour mener à bien le projet scientifique (doctorant, post doctorant, IT, équipement, ... )

Total financé sur CPJ (dont package ANR)	€
Co-financement	€
Total d1,1 projet	€

Allocation doctorale CNRS	= 120k€
Budget d'accompagnement ANR	= 200k€
Financement autre (EUR/Labex/laboratoire)	= 30k€
Total	= 350k€

**Diffusion scientifique** : préciser les résultats attendus en termes de diffusion scientifique (publications, communications, ... ).

La diffusion des résultats passera par des productions scientifiques (publications, logiciels, patents...) de niveau mondial. Par ailleurs, le projet mettra en œuvre une communication vers des cibles diverses telles que communautés scientifiques, médias, décideurs, grand public, scolaires, etc., avec un calendrier adapté. Des outils spécifiques pourront être développés comme des sites web, des newsletters ou encore des rencontres, colloques internationaux, écoles d'été et conférences.

**Scien\_ce ouverte** : le projet s'inscrit-il dans une démarche de science ouverte? Si, oui décrire sa mise en œuvre.

Le CNRS développe une politique forte en faveur de la science ouverte. La science ouverte consiste à rendre « accessibles autant que possible et fermés autant que nécessaire » les résultats de la recherche. À ce titre, le CNRS vise à ce que 100 % des textes des publications issues des travaux de ses unités soient rendues accessibles, notamment grâce au dépôt dans HAL. Les données produites doivent aussi être rendues disponibles et réutilisables, sauf restriction particulière. Par ailleurs, les principes directeurs de l'évaluation individuelle sont revus en conformité avec la déclaration DORA, plus qualitatifs et tenant compte de toutes les facettes du métier de chercheur.

**Science et société** : le projet envisage-t-il une communication auprès du grand public ? Si oui : préciser de quelle manière et à quelle échéance.

La relation science-société est désormais reconnue comme une dimension à part entière de l'activité scientifique. Le projet développera cette dimension en synergie avec tous les partenaires. Les travaux de recherche qui en seront issus contribueront à éclairer la décision publique. Des initiatives de sciences participatives pourront être initiées avec des acteurs de l'écosystème socio-économique et culturel du projet.

**Indicateurs** : préciser les indicateurs de suivi du déploiement du projet et la méthodologie de leur suivi.

L'activité sera évaluée notamment sur la base de la production scientifique (publications, logiciels, patent, etc.), sur les partenariats institutionnels et privés formalisés par des contrats, sur le rayonnement international, sur la valorisation des travaux vers des communautés scientifiques pluridisciplinaires, sur l'innovation et son transfert vers la société et sur la diffusion scientifique à destination de publics non spécialistes.