

Porteur(s) : W. Chaibi (ARTEMIS)

Partenaire(s) : J. Lodewyck (SYRTE)

Résumé du projet en Français :

Dans la deuxième génération des antennes gravitationnelles (Advanced Virgo, Advanced LIGO), la sensibilité est limitée aux alentours de 100 Hz par le mouvement aléatoire de la surface du miroir induit par sa température finie. Ce phénomène, appelé bruit thermique, limite également la stabilité des cavités de références, condition nécessaire pour que l'interrogation des atomes ne soit pas perturbée par l'effet Dicke dans les horloges optiques. La réduction du bruit thermique est ainsi d'un intérêt fondamental aussi bien pour les horloges optiques que pour les détecteurs d'ondes gravitationnelles.

Au-delà des méthodes cryogéniques, la sensibilité de ces systèmes au bruit thermique interne des miroirs peut être notablement réduite en utilisant des modes d'Hermite-Gauss (HG) d'ordre supérieur. Le but de ce projet consiste à démontrer la possibilité d'injecter des modes HG dans une cavité de haute finesse et leur efficacité à réduire du bruit thermique.

Alors que pour les détecteurs d'ondes gravitationnelles, plusieurs développements sur les lasers de haute puissance sont nécessaires, l'implémentation des modes HG sur les cavités optiques de référence peut être immédiate.

Abstract in English:

The sensitivity of second generation of gravitational antennae (Advanced Virgo, Advanced LIGO) around 100 Hz is limited by random motion of the mirror surface due to its finite temperature. This phenomenon is called thermal noise and is the limit of reference cavities stability, which, through the Dicke effect, disturbs optical clocks. Therefore, reducing thermal noise is fundamental both for optical clocks and gravitational waves detectors.

In addition to cryogenic technics, the sensitivity of these systems to mirrors internal thermal noise can be reduced by the use of high order Hermite-Gauss (HG) modes. This project aims at proving the possibility to inject HG modes into a high finesse cavity and show their efficiency to reduce thermal noise.

Whereas many developments on high power lasers are required for gravitational waves detectors, HG modes can be immediately implemented on reference cavities.

Résultats marquants :

La génération des modes d'ordre supérieur est basée sur la diffraction de Fraunhofer d'un mode gaussien puis une purification du mode par l'intermédiaire d'une cavité « mode-cleaner ». Le test de la pureté des modes d'ordre supérieur ainsi générés est basé sur la mesure de leur efficacité d'injection dans une cavité triangulaire. L'effet des désalignements augmentant avec l'ordre du mode, le système d'injection a été soigneusement réalisé et l'on obtient 96% et 93% pour les modes $HG_{5,5}$ et $HG_{10,10}$ respectivement. La limite de cette technique est clairement visible sur le mode $HG_{15,15}$ dont l'efficacité d'injection dans la cavité test ne dépasse pas 78%. Cette limite semble être due à une pseudo-dégénérescence générée par les défauts de la cavité « mode-cleaner » elle-même et qu'elle ne peut lever à cause de sa finesse finie. Ces considérations ont été confirmées par des simulations numériques. Une nouvelle cavité linéaire est en cours de mise en place pour une étude expérimentale de ce phénomène.

Highlights:

The generation of higher order modes is based on Fraunhofer diffraction of a Gaussian beam. Then, it is spatially filtered through a mode-cleaner cavity. The purity of the higher order mode thus generated is quantified by its

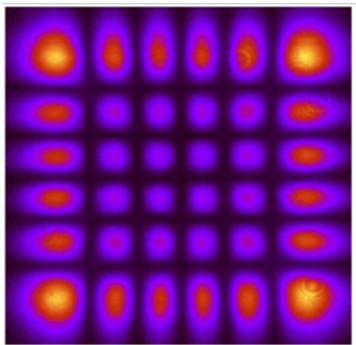
injection efficiency into a triangular cavity. Since the effect of misalignment increased with the mode order, special care was taken while carrying out the injection system. One then obtains 96/93% for the $HG_{5,5}/HG_{10,10}$ modes. The limit of this technique is clearly visible in the mode $HG_{15,15}$ whose injection efficiency in the test cavity does not exceed 78%. This limit seems to be due to a pseudo-degeneracy generated by the defects of the mode-cleaner cavity itself and that it cannot lift because of its finite finesse. These considerations have been confirmed by numerical simulations. A new linear cavity is being set up for an experimental study of this phenomenon.

Publications and communications linked with the funded project:

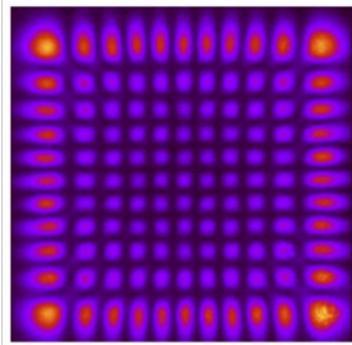
Peer-reviewed articles:

“Generation of higher-order Hermite-Gaussian modes via spatial light modulation“. Submitted to Optics Letters

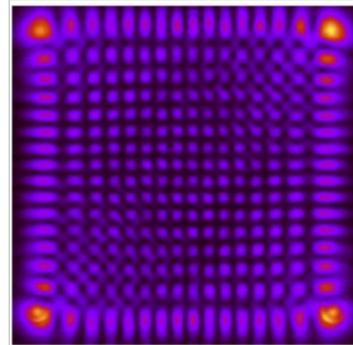
Pictures with captions (curve, photo, scheme ...):



$HG_{5,5}$



$HG_{10,10}$



$HG_{15,15}$

Intensity profile measurements of the $HG_{5,5}$ mode (top), the $HG_{10,10}$ mode (center) and the $HG_{15,15}$ mode (bottom) using a Dataray WincamD beam camera before the two-mirror modecleaner cavity.