

New approach of Thermal Noise Finite Element modelling for the Einstein Telescope cryogenic payload. Centre Spatial de Liège

Auteur : Houlmont, Gauthier

Promoteur(s) : Jacques, Lionel; Collette, Christophe

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

Année académique : 2025-2026

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/26085>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

New approach of Thermal Noise Finite Element modelling for the Einstein Telescope cryogenic payload

Houlmont Gauthier

Supervisor : L.Jacques

Co-supervisor : C.Collette

Master of Science in Aerospace Engineering - University of Liège

Academic year 2025-2026

Abstract

In the context of the third-generation gravitational wave detector design, several noises must be understood and minimized. One of them is thermal noise, described theoretically by the Fluctuation and Dissipation Theorem (FDT).

This study aims to mainly describe the impact of introducing a radiative heat exchanger in terms of thermal noise. Although thermal noise has been assessed for classical conductive cooling of the ET-LF payload, this has never been done for radiative cooling. The radiative cooling of the payload requires adding a significant amount of exchange area and this amount of surface might be a source of thermal noise. Moreover, the description of such a noise has been mainly analytical and applied to simple systems.

In order to describe higher order models, this study is based on a Finite Element approach (See Figure 1), using the state space matrices rather than using the *Levin's* method. Firstly, a comparison between analytical and FEM predictions is performed to validate the approach. Then, a sensitivity analysis is carried out to assess the influence of the fin properties, from the radiative heat exchanger (RHE), on thermal noise. In the end, studies of the E-TEST and ET models are performed to evaluate the impact of considering an RHE.

Results show that this addition of fins not only modifies the inertia and mass of the system, but also introduces new resonances that come from the plate modes, leading to a higher local thermal noise response. However, no overall increase in thermal noise was observed. The ET-LF model using a radiative cooling strategy shows that it satisfies the ET-LF requirements for Thermal Noise (See Figure 2). The study also highlights the importance of the boundary conditions and the assumption made in the literature.

In addition to having an estimate of the thermal noise in complex systems, this approach is easily adaptable to any model. It offers a valuable tool for design optimization, allowing different configurations to be tested, in order to minimize the thermal noise response.

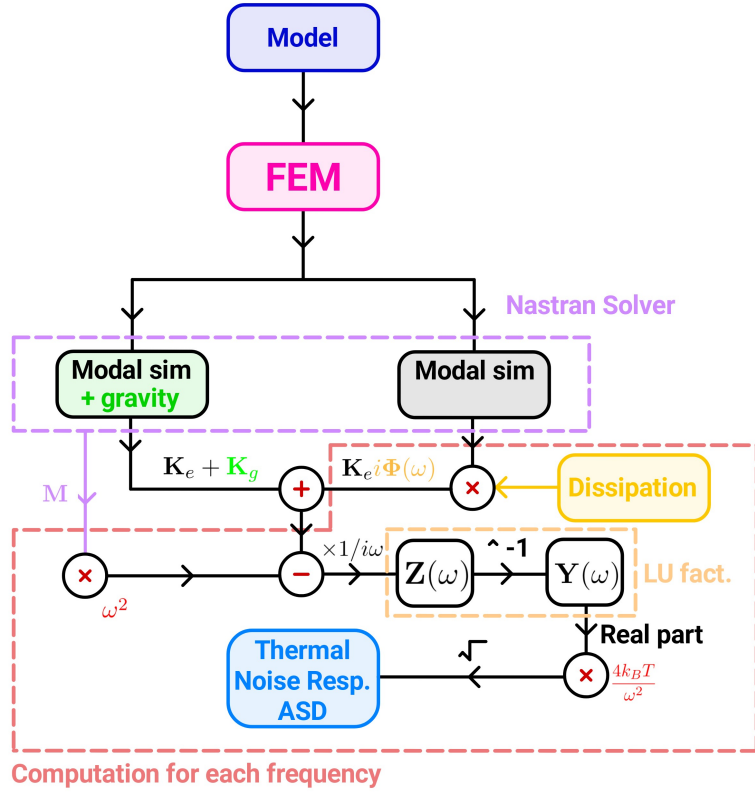


Figure 1: Finite Element Method : Thermal noise estimation scheme

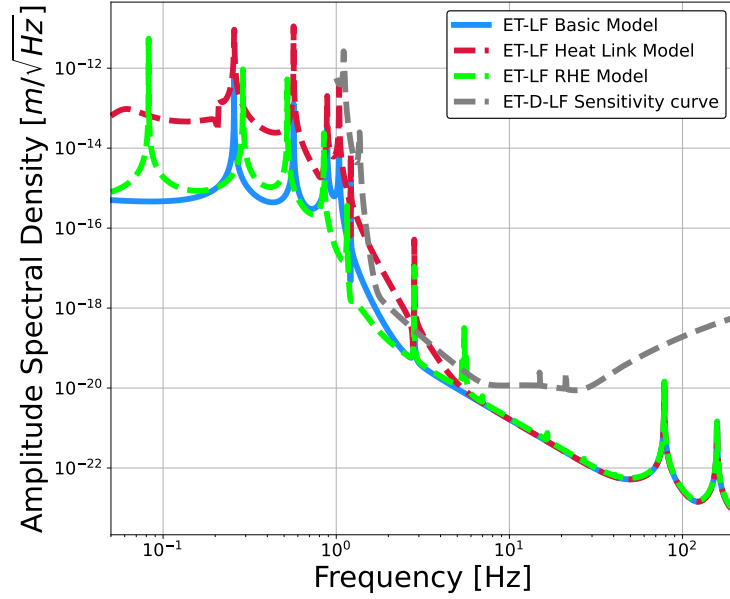


Figure 2: Thermal noise Response ASD - Comparison of the cooling strategies for the ET-LF concept (in the laser beam axis)