



**HAL**  
open science

## **Etude de la forme de la cavite sur les parametres des accelerometres thermiques**

Valentin Toulmé, Soukaina Ben Salk, Marc Faucher, Philippe Combette, Alain  
Giani

### ► **To cite this version:**

Valentin Toulmé, Soukaina Ben Salk, Marc Faucher, Philippe Combette, Alain Giani. Etude de la forme de la cavite sur les parametres des accelerometres thermiques. Journées Nano, Micro et Optoélectronique, JNMO 2024, Oct 2024, Sète, France. <hal-04946463>

**HAL Id: hal-04946463**

**<https://hal.science/hal-04946463v1>**

Submitted on 7 Nov 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## ETUDE DE LA FORME DE LA CAVITE SUR LES PARAMETRES DES ACCELEROMETRES THERMIQUES

Toulmé Valentin<sup>1</sup>, Ben-Salk Soukaina<sup>2</sup>, Faucher Marc<sup>3</sup>, Combette Philippe<sup>4</sup>, Giani Alain<sup>5</sup>

<sup>1</sup> IES, Montpellier 34000, France .

<sup>2</sup> IEMN, 59652 Villeneuve d'Ascq

\* E-mail : [valentin.toulme@umontpellier.fr](mailto:valentin.toulme@umontpellier.fr)

### RESUME

Les accéléromètres thermiques à convection (ATC) sont développés dans l'objectif de réaliser des mesures à haute intensité, ce que ne peuvent pas faire les accéléromètres classiques du fait de la présence de masse sismique dans leur conception. Le sujet présenté ici porte sur l'étude de l'impact de la forme de la cavité sur les paramètres des ATC (plage de mesure et temps de réponse). Il y est présenté les différentes simulation CFD réalisées ainsi que les résultats obtenus.

### 1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, différentes technologies d'accéléromètres ont été développées pour la mesure de vibration et de choc. Ces capteurs sont grandement utilisés dans l'aviation, l'industrie ou encore l'automobile, comme par exemple dans le cas des airbag, des crash-tests ou pour des applications de défense [1]. Les principes de fonctionnement les plus utilisés sont basés sur les effets piézoélectriques, ou piézorésistifs, ou encore, sur les changements capacitifs. Cependant, la présence de masse sismique dans ces technologies présentent quelques désavantages, comme une plage de mesure réduite du fait de leur fragilité, et des coûts de fabrication important. Les accéléromètres thermiques, développé depuis plusieurs années, sont une bonne alternative pour résoudre les problèmes précédemment cités. La technologie de ces capteurs est basée sur la convection thermique libre, l'absence de masse sismique leur permet d'avoir une grande plage de mesure de choc, allant jusqu'à des dizaines ou des milliers de g.

Ces capteurs sont basés sur la convection thermique libre dans une cavité remplie de gaz. Ils sont composés d'un fil chauffant, entouré de part et d'autre de deux fils permettant de mesurer la température, le tout dans une cavité fermée (figure 1a). Lorsque le fil chauffant est alimenté, celui-ci va créer un gradient thermique symétrique autour de lui (Figure 1b). Sous l'effet d'une accélération  $\Gamma$ , le gradient de thermique va se déformer et ainsi crée une différence de température  $\delta T$  entre les deux détecteurs, proportionnel à l'accélération subit. Ainsi, la sensibilité du capteur équivaut à  $S = \delta T/\Gamma$  (°C/g) [1].

### 2. DESCRIPTION DE L'ETUDE

Afin de déterminer la plage de sensibilité des capteurs nous avons réalisé des simulations CFD avec le logiciel Fluent®. Les simulations ont été réalisées pour

quatre modèles. Le premier est le plus simple des quatre, il est composé de deux cercles concentriques qui représentent le fil chaud ainsi que la cavité. Les modèles 2 et 3 sont composés d'une cavité hexagonale (forme réel de la cavité), l'un avec la présence des détecteurs (modèle 2), et l'autre sans les détecteurs (modèle 3) (Figure 1c). Ainsi, il est possible avec ces deux derniers modèles, de voir l'influence des détecteurs sur la sensibilité des capteurs. Le quatrième modèle est une modélisation 3D de la cavité avec les fils de détection.

Des simulations CFD sur les modèles cercles concentrique ont déjà été réalisées dans une précédente thèse [2]. La plage d'accélération était de 1g à 100 000g et les tailles de cavité entre 1600 et 200  $\mu\text{m}$ . De nouvelles simulations ont été faites avec des accélérations allant jusqu'à 1 000 000g et des tailles de cavité inférieures à 75 $\mu\text{m}$ .

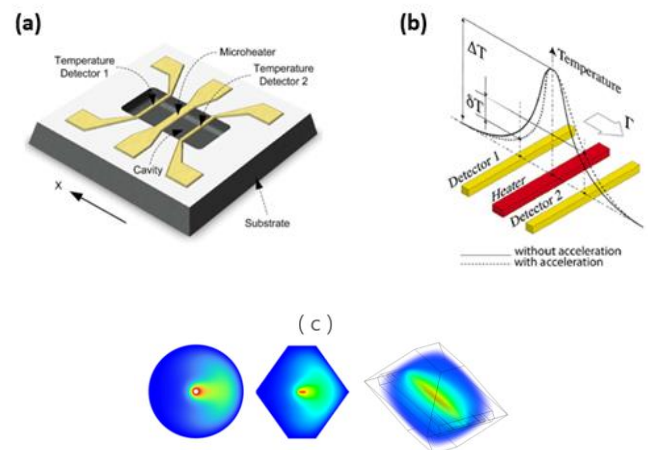


Figure 1 : (a) Structure d'un accéléromètre thermique à convection. (b) Gradient thermique avec et sans accélération. (c) Modélisation des deux formes utilisées, cercles concentriques et forme hexagonale (2D), ainsi que la modélisation 3D de la cavité.

### 3. RESULTATS

Le graphique 2 montre les résultats issus des simulations de la sensibilité en fonction de l'accélération. Dans la zone où la sensibilité reste constante, nous avons une réponse linéaire du capteur, ce qui peut être considéré comme la plage de mesure du capteur.

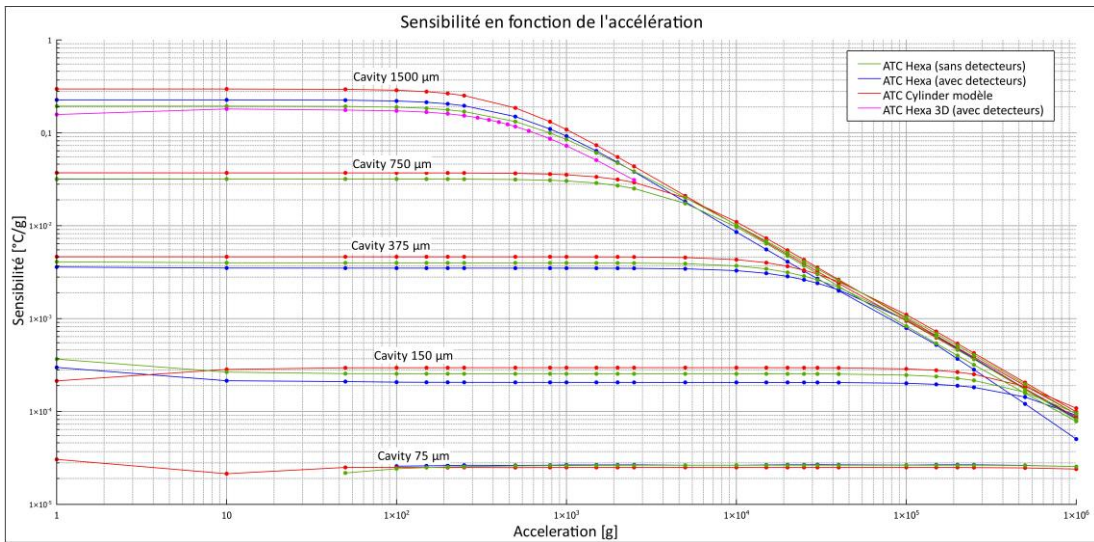


Figure 2 : Graphique de l'évolution de la sensibilité en fonction de l'accélération pour les quatre modèles

Nous pouvons aussi voir qu'il y a une légère différence entre les modèles. Cependant, la principale différence est due à la forme de la cavité. Pour ce qui concerne le modèle 3D, il y a une différence entre le modèle hexa avec détecteur en 2D et celui en 3D, cependant, la aussi l'ordre de grandeur reste le même (écart de 0.048°C/g).

#### 4. CONCLUSIONS

Comme nous l'avons vu, la sensibilité d'un capteur est principalement influencé par la forme de la cavité. Nous pouvons donc tracer l'évolution de la sensibilité en fonction de la taille de la cavité (diamètre dans le cas du premier modèle, et largeur pour les trois autres). Dans le graphique log-log (figure 3) on trouve une pente pour la courbe égale à 3, ce qui correspond au terme cubique de l'équation de la sensibilité [1], [3], terme caractérisant les dimensions de la cavité.

Nous pouvons conclure que pour les simulations en régime permanent, la forme de la cavité ou la présence des détecteurs n'influence que très peu la réponse des capteurs. L'utilisation d'un modèle simplifié pour les simulations CFD permet de réduire le temps de calcul tout en ayant les mêmes résultats qu'avec un modèle plus complexe.

La différence entre les simulations 2D et 3D reste faible, elle est principalement du au fait qu'en 3D, le gradient thermique le long du fil de chauffe est pris en compte, contrairement au modèle 2D.

Les résultats étant très proche, il n'est pas nécessaire de réaliser systématiquement les simulations en 3D, même si celles-ci restent plus précises.

Nous allons aussi réaliser des simulations (2D et 3D) en mode transitoire afin de déterminer l'influence des détecteurs sur le temps de réponse et la bande passante des capteurs.

#### 5. REFERENCES

- [1] A. Garraud, « Amélioration des performances et nouveau concept de détecteurs de capteurs inertiels à détection thermique », Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 2011.
- [2] A. Garraud, P. Combette, J. M. Gosalbes, B. Charlot, et A. Giani, « First high-g measurement by thermal accelerometers », in *2011 16th International Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference*, Beijing, China: IEEE, juin 2011, p. 84-87. doi: 10.1109/TRANSDUCERS.2011.5969142.
- [3] A. Garraud, P. Combette, F. Pichot, J. Courteaud, B. Charlot, et A. Giani, « Frequency response analysis of an accelerometer based on thermal convection », *J. Micromechanics Microengineering*, vol. 21, n° 3, p. 035017, mars 2011, doi: 10.1088/0960-1317/21/3/035017.

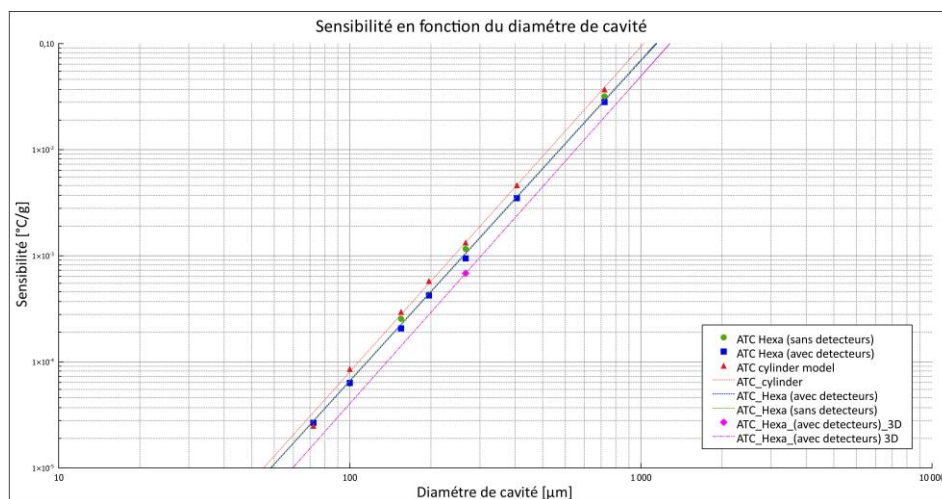


Figure 3 : Evolution de la sensibilité en fonction de la taille de cavité