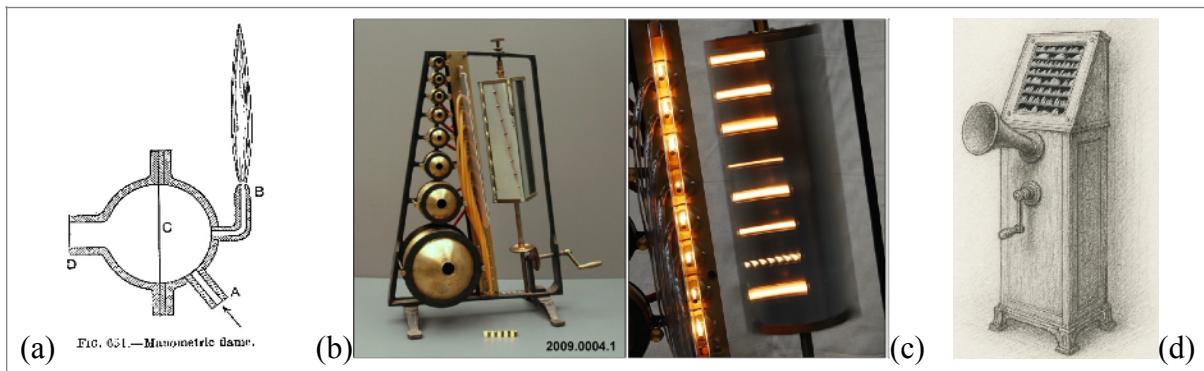


Analyseur sonore de Koenig 2.0 : Jumeau numérique

Type d'offre :
Stage (Internship)

Lieu :
Mathematical & Numerical Modelling Laboratory (M2N)
Applied Mathematics & Statistics Department (EPN6)
Conservatoire Nationale Arts et Métiers (le CNAM)
2 rue Conté
75003, Paris Cedex 03



(a) Capsule manométrique ; (b) Analyseur à flamme (Musée des sciences et de la technologie, Canada) ; (c) Flammes observées (une modulée) dans le miroir ; (d) Concept du jumeau numérique.

Contexte :
L'Analyseur à flamme de Koenig (dit *Analyser du timbre du son* [3]), développé par Rudolph Koenig en 1862 dans son atelier de l'Île Saint-Louis, fut un instrument pionnier pour la visualisation de l'analyse spectrale. Il utilisait des résonateurs de Helmholtz pour la décomposition fréquentielle, associés à un dispositif de visualisation de la flamme conçu par Koenig. Ce dispositif exploitait les vibrations acoustiques de l'air dans les résonateurs pour moduler le débit de gaz alimentant la flamme (capsule manométrique), tandis qu'un miroir tournant rendait ces modulations visibles à l'œil humain [2,4]. A un prix de 650 fr (~24,1k€ aujourd'hui) c'était réservé aux spécialistes. Cette méthode d'analyse fréquentielle du son fut largement utilisée jusqu'au début du XX^e siècle, avant d'être remplacée par des dispositifs électroniques, rendant l'analyseur à flamme obsolète vers les années 1920-1930. Bien que certaines publications scientifiques traitent de la photographie des flammes, très peu décrivent le fonctionnement détaillé, les capacités et surtout les limitations réelles de l'appareil.

Objectifs :
Le projet *Koenig2.0* vise à développer un modèle numérique de l'Analyseur de flamme en s'appuyant sur le cadre de calcul *Flower.jl*. Basé sur la représentation de flamme fondée sur l'équation G pour la dynamique des fluides à haute performance, précédemment développée en langage *Julia* [1], ce travail étend les capacités du solveur pour reproduire la dynamique des interactions flamme-acoustique. La formulation de l'équation G décrit le front de flamme au moyen d'un schéma numérique intégré. Le développement de la simulation sera guidé par les données acquises sur une réplique physique [5], à l'aide d'une caméra à haute vitesse pour capturer la dynamique réelle de la flamme dans des conditions expérimentales. Un module de visualisation dédié sera développé afin de représenter les structures de flamme simulées de manière à reproduire fidèlement les observations expérimentales. Le modèle

numérique, alimenté par le signal audio d'un microphone comme source acoustique et par une manivelle contrôlant la vitesse de rotation du miroir numérique (déterminant l'échelle de temps de la fenêtre d'analyse observée dans le miroir) sera transformé, via le module de visualisation, en un jumeau numérique interactif de l'analyseur.

Profil :

Le candidat doit être à la recherche d'un stage de fin d'études en génie mécanique ou en mathématiques appliquées et avoir une expérience en informatique scientifique.

Compétences :

Une expérience en programmation et en méthodes numériques pour les EDP sera considérée comme un atout majeur.

Durée et date de début :

Le stage est proposé pour une période de 4 à 6 mois, à compter du 1er mars 2026.

Documents requis :

Les candidats doivent soumettre un CV et une lettre de motivation.

Contacts :

Prof. Taraneh Sayadi - taraneh.sayadi@lecnam.net

Bibliographie

- [1] T. Fullana, V. Le Chenadec, T. Sayadi. Adjoint-based optimization of two-dimensional Stefan problems. *J Comp. Phys.*, Vol:475(C), 2023. [doi:10.1016/j.jcp.2022.111875](https://doi.org/10.1016/j.jcp.2022.111875)
- [2] R. Koenig, *Quelques expériences d'acoustique*. Sec VII.II Moyen de comparer et de combiner plusieurs sons, Paris: Gauthier-Villars, 1882. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5688601m/f55.item>
- [3] R. Koenig, *Catalogue des appareils d'Acoustique construits par Rudolph Koenig*, Paris, 1889, Item 242, <https://www.sil.si.edu/DigitalCollections/trade-literature/scientific-instruments/files/51736/imagepages/image87.htm>
- [4] D. Pantalony, *Altered Sensations - Rudolph Koenig's Acoustical Workshop in Nineteenth-Century Paris*. Dordrecht: Springer, 2009.
- [5] F. Soirot, *Combustion et Acoustique : L'Analyseur de Koenig*, Stage L3 UPEC, encadré par Katz & Sayadi, 2022.