

L'imagerie acoustique appliquée au diagnostic et à la détection de défauts sur machine tournante

E. CARDENAS CABADA^a, N. HAMZAOUÏ^b, Q. LECLERE^c, J. ANTONI^d

a.b.c.d. Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA-Lyon
25 bis Avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne Cedex, France
a. edouard.cardenas@insa-lyon.fr, b. nacer.hamzaoui@insa-lyon.fr
c. quentin.leclere@insa-lyon.fr, d. jerome.antonio@insa-lyon.fr

Mots clefs : holographie acoustique, beamforming, diagnostic

1 Résumé étendu :

L'imagerie acoustique a de nombreuses applications dans le domaine industriel. La localisation de sources acoustiques est largement utilisée dans le domaine de l'automobile et de l'aéronautique dans le but d'améliorer le confort des passagers. Les méthodes d'imagerie acoustique telles que l'holographie de champ proche [1] et le beamforming [2] se sont également révélées efficaces dans le domaine du diagnostic et de la détection de défauts. Il est d'usage d'utiliser des capteurs vibratoires pour la surveillance des machines car le diagnostic par analyse vibratoire fait appel à des outils et des indicateurs maîtrisés. Cependant, ce type d'analyse requiert un positionnement stratégique des capteurs qui n'est pas toujours réalisable. La détection de défaut par imagerie acoustique peut se défaire de cette contrainte ce qui lui confère un avantage précieux dans certaines configurations. Elle permet également d'avoir une vision globale de la répartition de l'énergie non seulement sur les dimensions temporelle et fréquentielle mais aussi sur la dimension spatiale. Cette étude a pour but de montrer l'intérêt de ce type d'analyse pour la détection de défauts sur les machines tournantes.

La machine tournante ici testée est considérée comme une source répartie linéairement. L'holographie acoustique nécessite une antenne qui épouse la forme de la surface à inspecter. Une antenne linéaire est suffisante pour détecter des défauts répartis le long d'une droite. L'antenne, composée de 30 microphones espacés de 2 cm, est placée à 4,5 cm parallèlement à la source de manière à respecter les conditions de champ proche. Des acquisitions de 15 secondes en fonctionnement ont été effectuées. Les signaux temporels enregistrés sont ensuite utilisés pour l'application des codes d'imagerie acoustique.

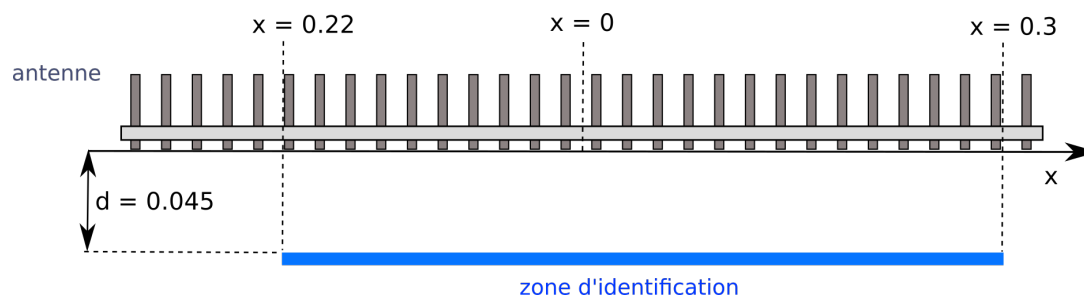


FIGURE 1 – Schéma de l'acquisition

Dans un premier temps, le spectrogramme (figure 2) du signal enregistré par un microphone peut donner des informations sur le type de défaut présent tandis que les traits verticaux sont caractéristiques d'impacts. Une figure de ce genre aurait pu être obtenue grâce à un signal vibratoire. Néanmoins, la répartition de l'énergie dans le domaine temps-fréquence seule ne nous donne pas accès à la localisation spatiale du défaut. L'imagerie acoustique permet d'obtenir la carte énergétique spatiale de la machine sur une fenêtre temporelle et fréquentielle définie. Les codes d'imagerie sont appliqués sur les signaux fenêtrés et filtrés de manière à obtenir une courbe représentant la répartition de l'énergie le long de la droite d'identification.

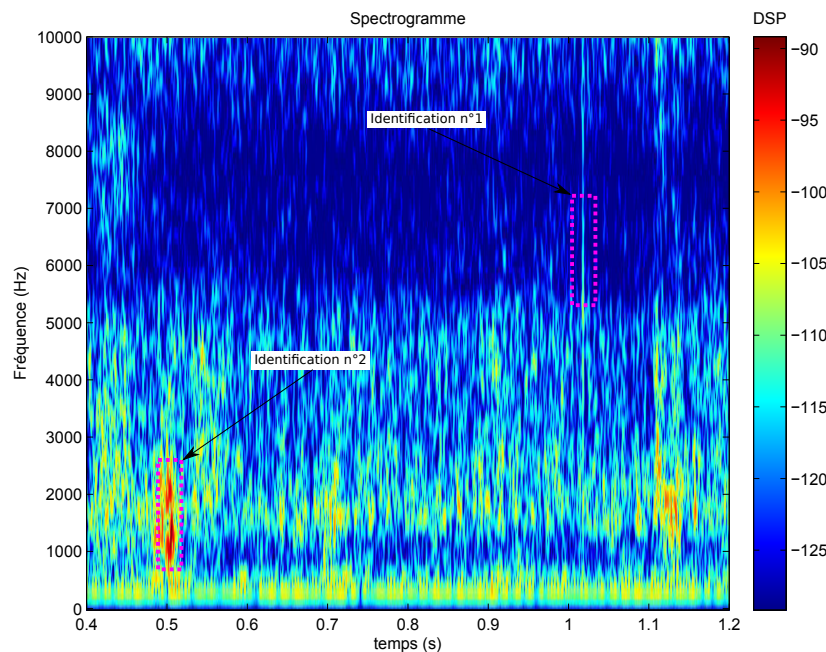


FIGURE 2 – Spectrogramme du signal enregistré par le microphone n°9

Le défaut étant repéré dans l'espace temps-fréquence, une opération de fenêtrage temporelle et de filtrage fréquentiel est appliquée sur les signaux enregistrés par chaque microphone. Cela permet de concentrer l'imagerie acoustique sur la cause du défaut. Les codes de calcul nous permettent d'obtenir des cartographies énergétiques dans le domaine espace-fréquence. Pour localiser avec précision la source du défaut, une intégration sur les fréquences restantes est effectuée. Ainsi, un graphique montrant l'énergie normalisée en fonction de l'espace est obtenu (figures 3 et 4).

L'identification n°1 correspond à un choc sur la figure 2. Les deux techniques d'imagerie mènent au même diagnostic quant à la localisation de la source du choc. La figure 3 montre que l'énergie rayonnée vient principalement du point d'ordonnée $x = -0.15$

La deuxième identification relève d'un impact plus énergétique comme on peut le voir sur la figure 2. Ce défaut a une signature spectrale plus basses fréquences que le premier. La figure 4 montre le résultat de l'imagerie sur la zone d'identification n°2. La figure 4 révèle une source dominante à l'abscisse $x = -0.10m$. On remarque que la résolution spatiale du beamforming est moins bonne que celle de l'holographie. Nous observons là une des limites de cette méthode : sa résolution spatiale s'écroule en basses fréquences. L'holographie acoustique quant à elle présente des limites en hautes fréquences non

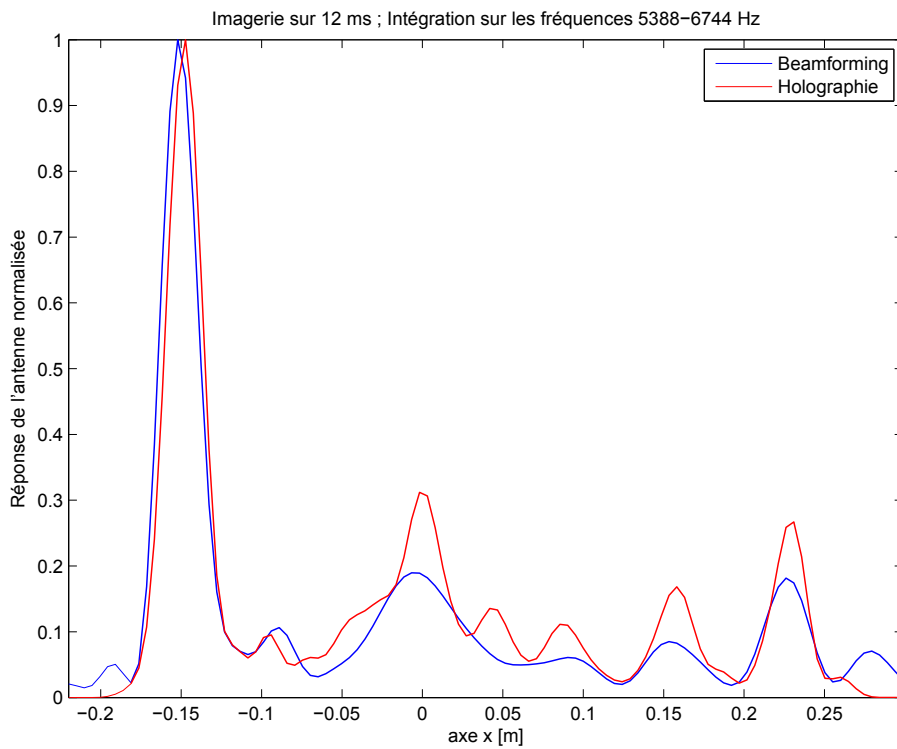


FIGURE 3 – Résultat de l'imagerie acoustique sur la zone d'identification n°1

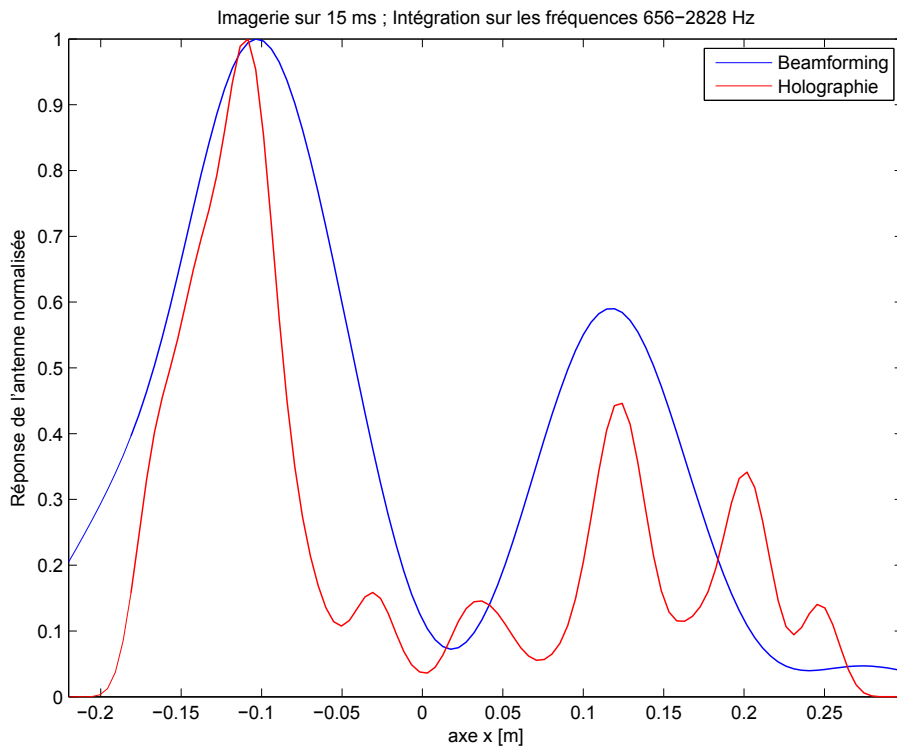


FIGURE 4 – Résultat de l'imagerie acoustique sur la zone d'identification n°2

observées ici. On comprend alors l'intérêt de coupler ces deux méthodes.

Cette étude montre l'intérêt de l'utilisation de l'imagerie acoustique pour la détection de défaut sur machine tournante. Le défaut présent dans un signal acoustique peut être isolé grâce à une opération de fenêtrage temporel ainsi qu'un filtrage fréquentiel. L'application des codes d'imagerie acoustique sur ces signaux préalablement traités permet de localiser spatialement le défaut et ainsi de connaître l'élément défaillant sur la machine tournante.

Références

- [1] J. Antoni, A Bayesian approach to sound source reconstruction : Optimal basis, regularization, and focusing, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), April 2012, 2873-2890
- [2] J. Billingsley, R. Kinnst, The Acoustic Telescope, *Journal of Sound and Vibration* (1976) 48(4), 485-510