Camouflage acoustique passif en utilisant de fines cheminées résonantes

Lucas CHESNEL, Inria, ENSTA Paris, Institut Polytechnique de Paris - Palaiseau, France
Jérémy HELEINE, POEMS, ENSTA Paris - Palaiseau, France
Sergei A. NAZAROV, Saint-Petersburg State University - St. Petersburg, Russie

Dans ce travail, on considère la propagation d'ondes acoustiques en 2D dans un guide Ω, non borné dans la direction (Ox) et contenant un obstacle borné. En dehors de la région contenant l'obstacle, Ω coïncide avec le guide de référence $\mathbb{R}\times]0,1[$. Cela nous amène à étudier le problème

$$\left\{\begin{array}{rcll} \Delta u + k^2 u & = & 0, & \text{dans } \Omega, \\ \partial_n u & = & 0, & \text{sur } \partial\Omega, \end{array}\right. \qquad (1)$$

où ∂_n correspond à la dérivée normale. On fixe le nombre d'onde $k \in]0,\pi[$ de sorte que seuls les modes $w^{\pm}\colon (x,y) \mapsto e^{\pm ikx}$ peuvent se propager. On s'intéresse à la solution de (1) générée par l'onde incidente w^+ venant de $-\infty$. Elle admet la décomposition

$$u(x,y) = \left| \begin{array}{rl} w^+(x,y) + Rw^-(x,y) + \dots, & \quad \text{pour } x \to -\infty, \\ Tw^+(x,y) + \dots, & \quad \text{pour } x \to +\infty, \end{array}\right.$$

les points de suspensions désignant des termes évanescents. Les amplitudes complexes R et T sont appelés coefficients de réflexion et de transmission.
Le but de cette présentation est d'expliquer comment camoufler l'obstacle en perturbant la géométrie. La difficulté dans ce travail réside dans le fait que la dépendance des coefficients de diffraction par rapport à la géométrie est implicite et non linéaire. Nous choisissons de travailler avec des fines cheminées, de largeur $\varepsilon \ll 1$, comme illustré sur la Figure 1 (droite). Plus précisément, l'ajout de cheminées crée une nouvelle géométrie Ω^ε et induit de nouveaux coefficients de diffraction R^ε et T^ε. Notre objectif est de montrer comment on peut placer des cheminées et régler leurs longueurs pour obtenir, quand ε tend vers zéro, $R^\varepsilon = o(1)$, $T^\varepsilon = 1 + o(1)$, comme si, approximativement, il n'y avait pas d'obstacle. L'intérêt des fines cheminées qui sont des objets quasi 1D est que l'on peut obtenir des formules relativement explicites.
L'approche est basée sur un développement asymptotique de la solution de diffraction par rapport à ε quand ε tend vers zéro. Un ingrédient clé dans cette approche est que l'on travaille autour des longueurs de résonance des ligaments : cela permet d'obtenir des effets d'ordre un avec des perturbations géométriques de taille ε. Ces travaux font l'objet de l'article [1].

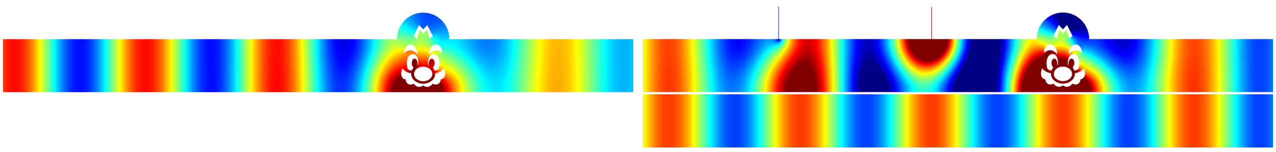

FIGURE 1 – Gauche : diffraction de w^+ en présence de l'obstacle. Droite : deux cheminées ont été ajoutées et réglées pour avoir $R^\varepsilon \approx 0$ et $T^\varepsilon \approx 1$ comme dans la bande de référence (dernière image).

[1] L. Chesnel, J. Heleine, S. Nazarov. *Acoustic passive cloaking using thin outer resonators.* Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, 2022. En révision.

Contact : `jeremy.heleine@ensta-paris.fr`