



HAL
open science

EXCITATION ACOUSTIQUE IMPULSIONNELLE D'UNE INCLUSION CYLINDRIQUE LIQUIDE

P. Pareige, P. Rembert, J. Izbicki, G. Maze, J. Ripoché

► **To cite this version:**

P. Pareige, P. Rembert, J. Izbicki, G. Maze, J. Ripoché. EXCITATION ACOUSTIQUE IMPULSIONNELLE D'UNE INCLUSION CYLINDRIQUE LIQUIDE. *Journal de Physique Colloques*, 1990, 51 (C2), pp.C2-391-C2-394. 10.1051/jphyscol:1990292 . jpa-00230714

HAL Id: jpa-00230714

<https://hal.science/jpa-00230714>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

1er Congrès Français d'Acoustique 1990

EXCITATION ACOUSTIQUE IMPULSIONNELLE D'UNE INCLUSION CYLINDRIQUE LIQUIDE

P. PAREIGE, P. REMBERT, J.L. IZBICKI, G. MAZE et J. RIPOCHE

Laboratoire d'Electronique et d'Automatique (Ultrasons), URA CNRS 1373,
Université du Havre, Place Robert Schuman, F-76610 Le Havre, France

Résumé - Les expériences présentées consistent en l'examen des fréquences de résonances de la colonne d'eau remplissant une cavité cylindrique située dans un matériau élastique. Ces résonances sont isolées et identifiées par une nouvelle méthode expérimentale entièrement numérique. Ces résultats sont justifiés et comparés à des résultats théoriques déjà publiés. Il est montré que ces résonances correspondent à une onde stationnaire dans le diamètre de la cavité.

Abstract - The experiments presented consist of the examination of frequencies of resonances of a water-filled cylindrical cavity set in an elastic matrix. These resonances are isolated and identified by a new and completely numerical method. These results are justified and compared to theoretical results already published. It is shown that these resonances are associated with diametrical stationary waves.

INTRODUCTION.

Les auteurs proposent une étude expérimentale de la diffusion acoustique d'une cavité circulaire cylindrique située dans un matériau élastique. La cavité contient de l'eau et est insonée sous incidence normale par une onde à polarisation longitudinale. La cavité à fond plat de diamètre $2b = 1$ mm, a été usinée au centre d'un bloc d'aluminium cylindrique. Les axes verticaux de la cavité et du bloc sont parallèles. Les transducteurs de contact utilisés sont directionnels, possèdent une large bande et ont une fréquence centrale égale à 2,25 MHz. Le couplage entre ces transducteurs et l'aluminium est assuré par un gel acoustique. Une nouvelle technique expérimentale récemment mise au point au laboratoire est ici utilisée: la M.I.I.R impulsionnelle. C'est une méthode d'isolement et d'identification des Résonances d'un diffuseur soumis à une excitation impulsionnelle. Une description détaillée de cette méthode est donnée dans la référence [1]. L'insonation impulsionnelle est effectuée à l'aide d'un transducteur émetteur immobile dont la position sert de référence angulaire. La réponse est enregistrée par l'intermédiaire d'un transducteur récepteur se déplaçant autour du bloc depuis 24° jusqu'à 150° par pas de 6° (Fig.1). Ces contraintes sur les limites du balayage angulaire sont imposées par la mise en oeuvre du montage [2]. Pour chaque position, les spectres de résonance nécessaires à l'identification des résonances de la cavité sont obtenus en traitant par un algorithme, faisant intervenir une Transformée de Fourier Discrète, les signaux diffusés sans leur écho spéculaire [3]. Le traitement de l'ensemble des signaux temporels permet une analyse spectrale des vibrations de la colonne de liquide contenue dans la cavité [4]. Il est ainsi possible de déterminer les fréquences de résonance de la colonne de liquide mais aussi le mode de vibration de ces résonances.

RESULTATS ET DISCUSSION.

L'étude expérimentale permet d'isoler 4 résonances dont les fréquences réduites $k_1 b$ (k_1 : nombre d'onde de l'onde acoustique dans l'eau) sont 3.85, 5.34, 7.05 et 8.65. En comparant les spectres obtenus en rétrodiffusion (Fig.2, $\theta=0^\circ$) et lorsque les directions des deux transducteurs sont perpendiculaires (Fig.2, $\theta=90^\circ$) on constate que l'amplitude de deux raies a fortement décréu; ceci laisse supposer pour ces fréquences un mode de vibration impair. Pour ces 4 fréquences, les diagrammes angulaires (amplitude du signal diffusé en fonction d'un angle azimutal θ à fréquence fixe) ont été tracés en utilisant la M.I.I.R impulsionnelle (Fig.3 & 4). Afin de montrer que l'amplitude des résultats obtenus est sans commune mesure avec le bruit de fond, sur chaque diagramme figure l'évolution du signal diffusé à une fréquence non résonnante. Bien que des études théoriques déjà publiées [5-6] prédisent l'existence de résonances de différents modes, les diagrammes angulaires obtenus montrent clairement que seuls certains modes de vibration peuvent être mesurés. Les modes identifiés présentent un champ rayonnant exclusivement de type monopolaire ou dipolaire. Une vérification théorique de ces résultats est donnée par les valeurs de:

$J'_n(k_1 b) = 0$ avec J'_n dérivée d'ordre n de la fonction de Bessel

En effet cette équation caractérise les fréquences propres de la colonne d'eau [5-7]. Les racines de l'équation qui correspondent au problème sont pour $n = 0$: 3.83 et 7.02 ; pour $n = 1$: 5.33 et 8.54 [8].

Pour des raisons déjà précisées, les diagrammes angulaires n'ont pas pu être relevés sur une demi-circonférence complète. S'il n'y a aucun doute sur l'attribution expérimentale du mode zéro à deux des résonances identifiées, il peut y en avoir un sur l'attribution du mode un aux deux autres. Une vérification reste possible en partant du fait établi que la puissance rayonnée par un dipôle est proportionnelle à la quatrième puissance de la fréquence d'oscillation du dipôle. Une valeur proportionnelle à la puissance rayonnée est obtenue en calculant l'aire sous la courbe de l'amplitude au carré du diagramme angulaire de mode un. Le rapport des valeurs obtenues pour les deux diagrammes est égale à 6.354. Le rapport des fréquences à la puissance quatre est $(8.65/5.34)^4 = 6.885$. L'erreur est de 4.3% et reste trop négligeable pour remettre en cause les hypothèses de départ.

Lors de l'étude de la cavité en rétrodiffusion, le signal temporel obtenu en monostatique (un seul transducteur est utilisé en émetteur/récepteur) est composé d'un écho spéculaire et d'une suite d'échos réémis d'amplitudes décroissantes. Il a été établi un lien entre la suite d'échos et l'allure du spectre de résonances. En effet les raies apparaissent sur le spectre séparées par un intervalle en fréquence qui correspond à l'inversé du temps nécessaire à l'onde longitudinale pour parcourir un aller et retour dans le diamètre de la colonne d'eau:

$\Delta N = \Delta k, b, C_1 / 2b\pi = C_1 / 4b$ avec C_1 : célérité de l'onde dans l'eau.

Cette hypothèse est corroborée par le déphasage de π radians qui apparaît entre 2 échos successifs de la suite. L'eau étant moins réfringente que l'aluminium les rayons réfractés génèrent une caustique à l'intérieur de la cavité remplie d'eau (Fig.5). Dès qu'un rayon touche la caustique sa phase est modifiée de $-\pi/2$ [9-10]. Ce qui correspond bien à un déphasage de π radians pour un aller et retour du rayon réfracté dans l'eau. Ces différents échos reçus correspondent donc aux réflexions d'une onde dans le diamètre dans la cavité.

La Fig.6 permet une étude attentive de l'allure du signal temporel enregistré en bistatique pour différentes positions du transducteur récepteur. A $\theta = 0^\circ$, le signal diffusé par la cavité présente l'allure bien connue d'un spéculaire et d'une suite d'échos réémis. Les variations de phase des différents échos s'interprètent par le passage par la caustique des rayons réfractés. Cette structure du signal tend à disparaître lorsque θ approche de la valeur 90° et à réapparaître pour des angles de valeur croissante et supérieure à 90° . A $\theta = 90^\circ$, le signal diffusé par la cavité pleine d'eau, après que celle-ci ait été insonée, ne contient que les informations relatives aux modes 0. On constate sur la Fig.5 qu'à $\theta = 90^\circ$ le diamètre de la cavité ne traverse pas la caustique et donc ne subit pas l'effet de celle-ci.

Il semble qu'il y ait un lien entre les faits constatés suivants:

- Existence des caustiques
- Réception d'échos déphasés de π
- Existence de mode de vibration $n = 0$ et $n = 1$

L'observation des modes 0 et 1 peut s'interpréter de la façon suivante: Les sources de vibration existant dans la cavité sont situées sur les différents diamètres et forment des cercles concentriques. Suivant les fréquences de résonance de la cavité, ces sources sont en nombre pair ou impair. A grande distance de la cavité, si le nombre de sources est pair on observe un mode $n = 1$; si le nombre de sources est impair, on observe un mode $n = 0$.

CONCLUSION.

L'ensemble des expériences présentées dans cet article ont permis de déterminer les fréquences de résonances de la colonne d'eau remplissant la cavité. L'application de la M.I.I.R Impulsionnelle à l'étude de la diffusion acoustique par la cavité a permis d'identifier le mode de ces résonances. Les modes identifiés présentent un champ rayonnant exclusivement de type monopolaire ou dipolaire. Les vérifications théoriques corroborent ces résultats. Les variations de la phase des signaux temporels s'interprète par la création de caustiques à l'intérieur de la cavité. La présence de ces caustiques semble être à l'origine de l'existence exclusive des deux modes observés.

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] Pareige P., Rembert P., Izbicki J.L., Maze G., Ripoche J., Phys. Lett. (1989) 135A 143-146
- [2] Pareige P., Rembert P., Maze G., Ripoche J., Ultrasonics International 89 proceedings, Madrid, à paraître.
- [3] Delestre P., Izbicki J.L., Maze G., Ripoche J., Acustica, (1986) 61 83-85
- [4] Pareige P., Maze G., Izbicki J.L., Ripoche J., J. Acoustique (1988) 1 165-169
- [5] Pao Y.H., Sachse W., J. Acoust. Soc. Am. (1974) 56 1478-1486
- [6] Pao Y.H., Mow C.C., J. Acoust. Soc. Am. (1976) 59 1046-1056
- [7] Maze G., Izbicki J.L., Ripoche J., 7^{ème} congrès français de mécanique, Bordeaux, actes (1985) 228-229
- [8] Kinsler L.E., Frey A.R., Coppens A.B., Sanders J.V., Fundamentals of acoustics, Ed Wiley, (1982), p. 452.
- [9] Griffin J.H., Miklowitz J., Int J Solids Struct (1974) 10 1333-1356
- [10] KO W.L., J. of Applied Mechanics (1970) 37 345-355

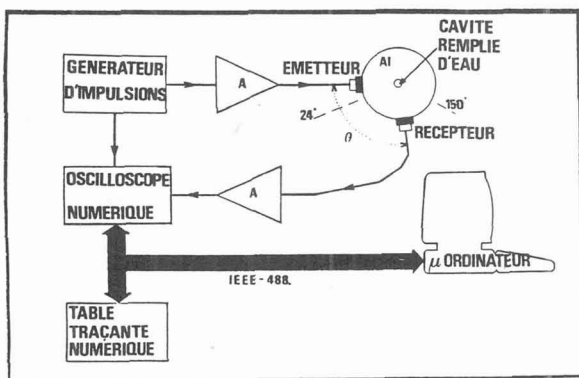


Fig.1 Dispositif expérimental

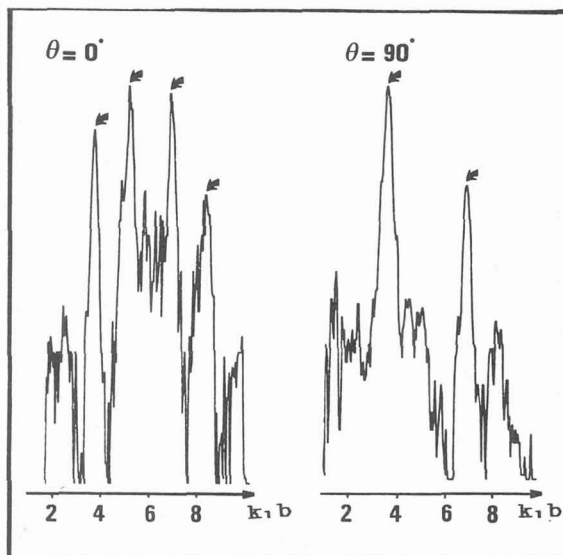


Fig.2 Spectres des résonances obtenus en monostatique ($\theta = 0^\circ$) et en bistatique ($\theta = 90^\circ$)

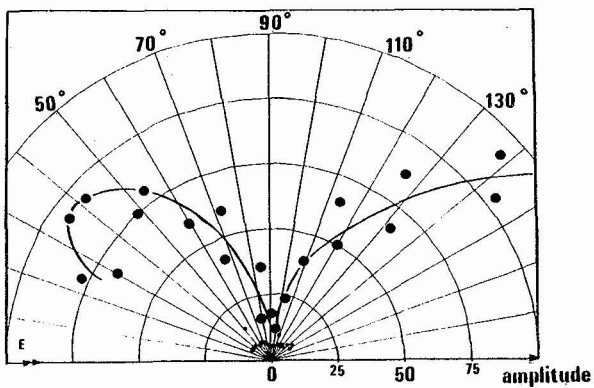
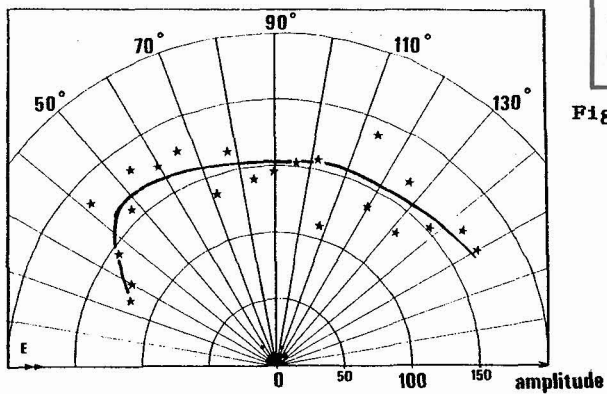


Fig.3 Identification des résonances aux fréquences réduites $k_1 b = 3.85$ (★) et $k_1 b = 5.34$ (●) et amplitude hors résonance (*).

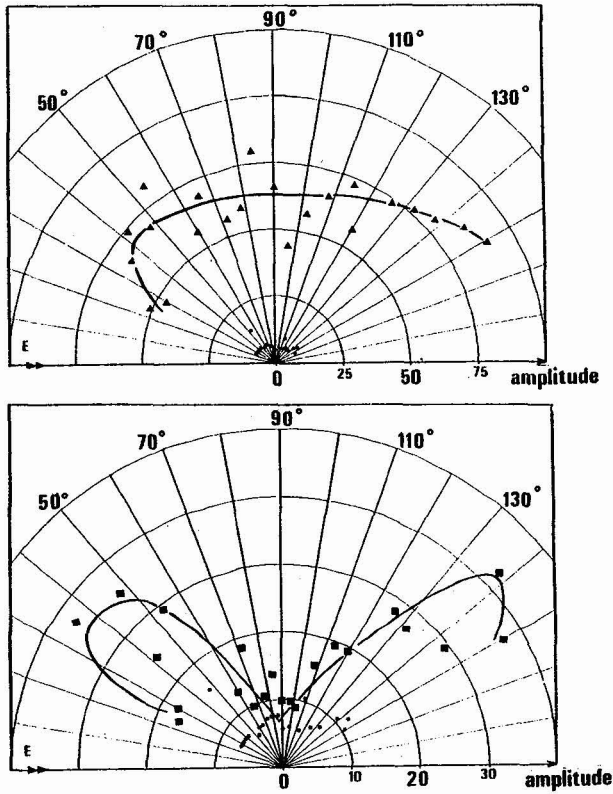


Fig. 4 Identification des résonances aux fréquences réduites $k_1 b = 7.05$ (\blacktriangle) et $k_1 b = 8.65$ (\blacksquare) et amplitude hors résonance (*).

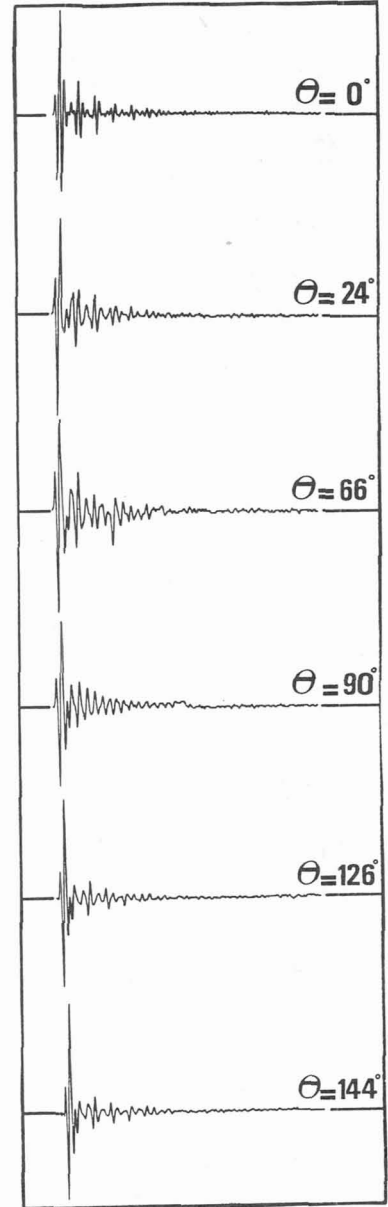


Fig. 6 Signaux temporels diffusés par la cavité pour différentes valeurs de θ .

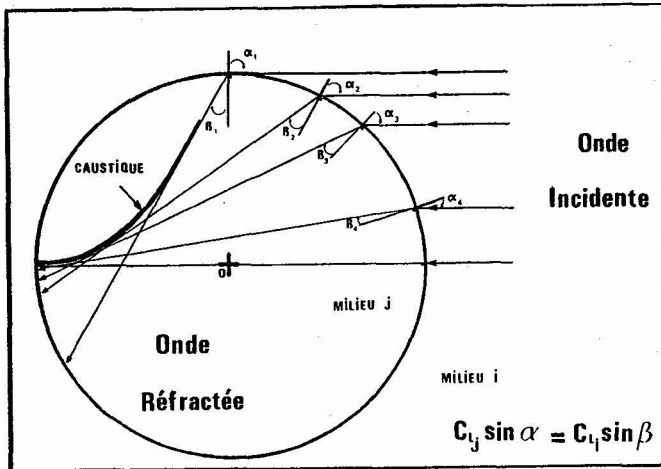


Fig. 5 Tracé des rayons réfractés par la cavité et caustique.