LOCALISATION DE SOURCES PAR INTENSIMÉTRIE TRIDIMENSIONNELLE

J. Rebillat, J. Patrat

► To cite this version:

J. Rebillat, J. Patrat. LOCALISATION DE SOURCES PAR INTENSIMÉTRIE TRIDIMENSIONNELLE. Journal de Physique IV Proceedings, 1992, 02 (C1), pp.C1-435-C1-439. 10.1051/jp4:1992193 . jpa-00251265

HAL Id: jpa-00251265

<https://hal.science/jpa-00251265>

Submitted on 1 Jan 1992

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.

LOCALISATION DE SOURCES PAR INTENSIMÉTRIE TRIDIMENSIONNELLE

J.C. REBILLAT et J.C. PATRAT

Laboratoire d'Etudes Aérodynamiques (L.E.A.), C.E.A.T., 43 route de l'Aérodrome, F-86000 Poitiers, France

RESUME : Nous proposons une nouvelle méthode de localisation de sources acoustiques, utilisant la sonde intensimétrique tridimensionnelle mise au point au C.E.A.T. Dans le cas de sources placées sur une surface ou une ligne connue, une mesure unique est possible. Cependant il existe un biais de mesure. Des mesures en plusieurs points permettent de supprimer ce biais et donnent des informations sur l'étendue spatiale de la source.

ABSTRACT : The aim of this paper is a new method to localise real acoustical sources lying on known surfaces or axes, using C.E.A.T. new 3D acoustical intensimetry probe. A bias measurement exists when doing only one measurement. This error is lower than a given calculated value. Multipoints measurements allow biasless determination and give an approached value of the length of the source.

I : INTRODUCTION.

Les études de bruit de jets supersoniques, en vue de localisation des sources en particulier, en liaison avec les problèmes vibro-acoustiques des lanceurs, conservent une importance actuelle [1 et 2].

Au L.E.A. [3], nous avons mis au point une méthode de détermination du vecteur Intensité Acoustique I , grâce à une sonde sphérique. Dans le cas d'une source monopolaire isotrope, la direction de I indique celle de la source. Si la source est sur un axe ou une surface simple connue, une seule détermination de I permet une localisation spatiale. Deux mesures sont nécessaires dans le cas le plus général.

Cette méthode paraît utilisable pour localiser les sources acoustiques dans un jet, dans l'hypothèse où elles sont sur l'axe de celui-ci. Mais les sources ont une étendue spatiale qui ne permet pas l'hypothèse monopolaire.

Nous montrons que, dans ce cas, des erreurs de biais apparaissent. Une borne supérieure de cette erreur est calculée, en utilisant une modélisation numérique plane de l'Intensité Acoustique de N monopôles [4].

II : BIAIS DE MESURE

Soit, figure 1, une source à symétrie de révolution autour de l'axe Ox et de centre X . L'Intensité I mesurée en M , détermine sur cet axe un centre apparent X' .

L'éloignement ΔX de ces deux centres caractérise l'erreur de localisation

$$\Delta x = \overline{X'X} = \frac{-\sin(\psi' - \psi)}{\sin \psi \sin \psi'} H \quad (1)$$

$$\psi = (\overrightarrow{OX}, \overrightarrow{XM}) \quad \psi' = (\overrightarrow{X'X}, \overrightarrow{X'M})$$

$$\text{si } \Delta \psi = \psi' - \psi \text{ est petit alors } \Delta X \approx - \frac{\Delta \psi}{\sin^2 \psi} H \quad (2)$$

Figure 1 : Biais de mesure

Soit L une longueur caractéristique du problème physique, pour avoir des grandeurs géométriques adimensionnelles, on pose $x = X/L$, $\varepsilon = \Delta X/L$, $h = H/L$, $r = R/L$ .... et $k = kL$.

III : MODELE DE RAYONNEMENT ACOUSTIQUE DE SOURCES PONCTUELLES [4]

Soit N monopôles dans un plan, aux points (r_i, θ_i) . Le pôle i est caractérisé par son intensité réduite $a_i(\omega)$, une phase η_i , ainsi que par la fonction de cohérence entre deux pôles i et j : $\gamma_{ij}^2(\omega)$. Avec A_0 une intensité de référence, on calcule, au point M (r, θ) , une intensité réduite, colinéaire avec le vecteur Intensité acoustique.. Le vecteur I est donné par ses deux composantes radiale et tangentielle :

$$I_R(r, \omega) = \sum_i a_i^2 \frac{r_i^2}{r^2} \frac{\partial r_i}{\partial r} + \sum_{i,j, i \neq j} \gamma_{ij} a_i a_j \frac{r_i^2}{r_i r_j} \frac{\partial r_j}{\partial r} \left(\cos \phi_{ij} + \frac{1}{kr_j} \sin \phi_{ij} \right) \quad (3)$$

$$\phi_{ij} = k(r_i - r_j) - (\eta_i - \eta_j) \quad (4)$$

La composante tangentielle I_T s'obtient en remplaçant $\partial r_j / \partial r$ par $(1/r) \cdot \partial r_j / \partial \theta$

La déviation angulaire est obtenue à partir de l'arc tangente de I_T / I_R .

IV : DIPOLE.

Le cas théorique le plus simple est le dipôle centré à l'origine. Dès lors l'incidence θ s'identifie avec ψ . Les pôles sont $P_1(1,0)$ et $P_2(1,\pi)$, en opposition de phase. Soit la longueur effective L égale à la 1/2 distance entre les pôles. Pour r grand :

$$r_1 \approx r_2 \approx r \text{ et } r_1 - r_2 \approx 2L \cos \theta \text{ quand } r \rightarrow \infty$$

Pour une cohérence différente de 1, les équations 3 conduisent à :

$$I_R \approx 2(1 - \gamma_{12}) \quad I_T \approx \frac{-6}{r^2} (1 - \gamma_{12}) \sin \theta \cos \theta \text{ pour } r \rightarrow \infty \quad (5)$$

Comme I_T / I_R est petit, en utilisant la formule approchée (2) :

$$\epsilon \approx (1,5 \sin 2\theta) / h \quad (6)$$

L'erreur est maximale pour l'incidence $\theta = \pi/4$. Elle est nulle à l'aplomb de la source et très loin en amont et en aval. A cause des dispersions de mesure, cette dernière propriété n'est pas exploitable en pratique.

ϵ est inversement proportionnelle à h. Ceci nous conduit à proposer de caractériser le **biais de localisation** par une **erreur standard** $\mu = \epsilon \cdot h$. En effet pour un dipôle μ est indépendant de h.

$$\text{ERREUR STANDARD } \mu = \epsilon h = \frac{\Delta X}{L} \cdot \frac{H}{L} \quad (7)$$

Dans le cas d'un dipôle l'équation 6 permet de calculer une valeur maximale, erreur standard maximale μ_M :

$$\text{BORNE SUPERIEURE } \mu_m = 1,5 \quad \text{donc } -\mu_M < \mu < \mu_M \quad (8)$$

V : SOURCE ETENDUE LE LONG D'UN AXE

V.1 : Modélisation

Nous proposons de modéliser des sources supposées placées sur l'axe d'un jet (figure 1) par un ensemble de $N = 2M+1$ monopôles aux points de coordonnées cartésiennes : x_i et $y_i = 0$. La source centrale M est à l'origine. Les hypothèses faites sont :

H1 : les pôles sont en phase.

H2 : la répartition des intensités polaires ou des cohérences est gaussienne, de la forme :

$$\text{Exp} \left(-\frac{j^2}{\alpha M^2} \right) \text{ avec } \alpha = 4,3429/\beta \quad (9)$$

Pour calculer a_i , $j=|i-(M+1)|$ avec β l'affaiblissement en dB d'un pôle extrême (1 ou N) par rapport au pôle central M. Pour calculer γ_{im} : $j=|i-m|$ avec $\beta=\beta_c$, affaiblissement en dB entre deux pôles éloignés de L, la longueur de référence.

H3 : La longueur de référence est une longueur effective L_e donnée par :

$$2L_e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i a_i \quad (10)$$

V.2 Erreur standard

Un calcul numérique à partir des équations (3) permet de calculer l'erreur standard μ à partir des équations (1) et (7). En déplaçant le point d'observation, à h constant, μ varie de 0 à l'aplomb de la source, à une valeur maximale μ_m pour une incidence $\pi/4$, puis diminue. La figure 2 superpose les résultats de calculs à dix valeurs de h ($0,5 < h < 250$). Dans ces limites μ est indépendant de h . Cependant l'erreur maximale décroît quand h diminue en dessous de 5 : (figure 3).

Figure 2 : $\mu(x/h)$ biais selon la position.

Figure 3 : $\mu_m(h)$

Figure 4 : $\mu_m(ke)$ pour divers β

L'influence du nombre d'onde sur l'erreur maximale μ_m peut être observée, pour plusieurs valeurs de β (figure 4). Tant que $k < \pi/4$, μ_m est sensiblement constant. μ_m varie peu tant que $k = kL_e < \pi/2$. L'influence du nombre d'onde est donc faible quand la longueur effective totale ($2L_e$) de la source est inférieure à une demi longueur d'onde : $\lambda/2$.

La figure 5 donne les contours d'un bloc-diagramme de μ_m en fonction de β et β_c , avec $k=0,1$ et $h=10$. Les valeurs de β et β_c sont données avec une progression géométrique de pas 1,5.

Figure 5 : Contours de μ_m selon β et β_c

Ainsi les erreurs sont indépendantes de h , et aussi de k , si celui-ci est inférieur à $\pi/2$. Les paramètres importants sont β et β_c . Les valeurs avec β très grand ont peu d'intérêt : ce sont des situations où un modèle avec monopôle unique serait plus représentatif. Cependant il est intéressant de vérifier que dans ce cas l'erreur tend bien vers zéro.

En excluant aussi le cas $\beta=0$, qui est celui d'une source "rectangulaire" physiquement peu vraisemblable, et en limitant les calculs à $\beta < 60$, on obtient une bonne estimation de l'erreur maximale de biais μ_m :

$$0,5 < \mu_m < 1 \quad \text{avec } 1 < \beta < 60 \quad L < \lambda/2 \quad \text{quel que soit } \beta_c \quad (11)$$

V 3 EXEMPLE

Pour préciser la signification physique de (11) il est possible de considérer un jet de diamètre D , où pour une pulsation ω donnée, la longueur effective L_e serait de la forme αD .

$$\mu = \frac{\Delta X}{D} \cdot \frac{H}{D} \cdot \frac{1}{\alpha^2} < 1 \quad (12)$$

Une mesure unique de I conduit à une erreur inférieure à :

$$\alpha^2 \cdot D/H \quad (13)$$

Il est envisageable d'effectuer un ensemble de mesures, en divers points, à H constant. A ce moment l'écart entre les deux positions extrêmes déterminées est $2 \cdot \Delta X$. La position de la source est, sans ambiguïté, le milieu de ce segment.

Comme μ_m est compris entre 0,5 et 1, il est possible d'écrire :

$$0,5 < \frac{\Delta X}{D} \cdot \frac{H}{D} \cdot \frac{1}{\alpha^2} < 1 \quad (14)$$

En posant $\sigma = \sqrt{\frac{2 \Delta X}{D} \cdot \frac{H}{D}}$ il apparaît possible de calculer une estimation de α , et par conséquent, de la longueur effective de la source, à la pulsation ω :

$$\sigma \sqrt{2} < \alpha < \sigma \quad (15)$$

VI CONCLUSIONS

Dans l'hypothèse d'une source acoustique étendue avec une répartition symétrique autour d'un axe, modélisable par une répartition symétrique de monopôles sur cet axe, **il est possible de localiser le "centre" de cette source par une mesure intensimétrique 3D unique.** Il existe alors un biais réduit de mesure ε dont la borne supérieure est donnée par :

$$(\varepsilon h)_{\max} = 1$$

(16)

Une détermination **sans biais** est possible, à condition de faire des mesures en plusieurs points à la distance réduite constante h , avec une excursion angulaire très supérieure à $\pi/2$. Des informations sur la longueur effective de sources sont alors disponibles.

REFERENCES

- [1] S. CANDEL : La Recherche Aérospatiale No 1983/6 pp 395-411
- [2] D. GELY, G. ELIAS : 1er Congrès Fr. Acou. C2 T51 pp 1129-1190
- [3] O. COSTE, J-C. PATRAT : 1er Congrès Fr. Acou. C2 T51 pp 895-898
- [4] J-C. REBILLAT, S. RIFAI : J. Acou 3-1990 pp 263-271