

ACOUSTIQUE. — *Étude de l'émission sonore d'un profil isolé placé à différentes incidences.* Note (\*) de MM. Henri Arbey, Michel Sunyach et M<sup>lle</sup> Geneviève Comte-Bellot, présentée par M. Edmond-A. Brun.

Une répartition de sources équivalentes, au sens de Lighthill-Curle, est évaluée à partir de mesures de corrélations entre les fluctuations de pression sur le profil et la pression acoustique rayonnée en champ lointain. Pour les différents types d'écoulement rencontrés quand l'incidence varie, un bon accord est constaté entre l'intensité acoustique mesurée et celle que l'on déduit de la répartition des sources équivalentes introduites.

A partir de l'expression donnée par Curle (1) pour la pression acoustique rayonnée par un obstacle placé dans un écoulement, et en négligeant les termes correspondant au sillage, on peut exprimer l'intensité acoustique rayonnée par un profil d'aile par la relation

$$\frac{\tilde{p}_e^2}{\rho_0 a_0} = \frac{l}{2A \rho_0 a_0^2} \frac{1}{|\vec{x}|} \Delta f \sqrt{\tilde{p}_e^2} \left\{ \int_{S_e} \sqrt{\tilde{\pi}_e^2} [R \tilde{\pi}_e \tilde{p}_e]_{\tau_0 - (1/4f)} ds - \int_{S_i} \sqrt{\tilde{\pi}_i^2} [R \tilde{\pi}_i \tilde{p}_e]_{\tau_0 - (1/4f)} ds \right\}$$

dans laquelle  $p$  désigne la pression acoustique mesurée dans la direction normale à la surface du profil à la distance  $|\vec{x}|$  du bord de fuite,  $\pi$  la pression à la surface du profil. Les

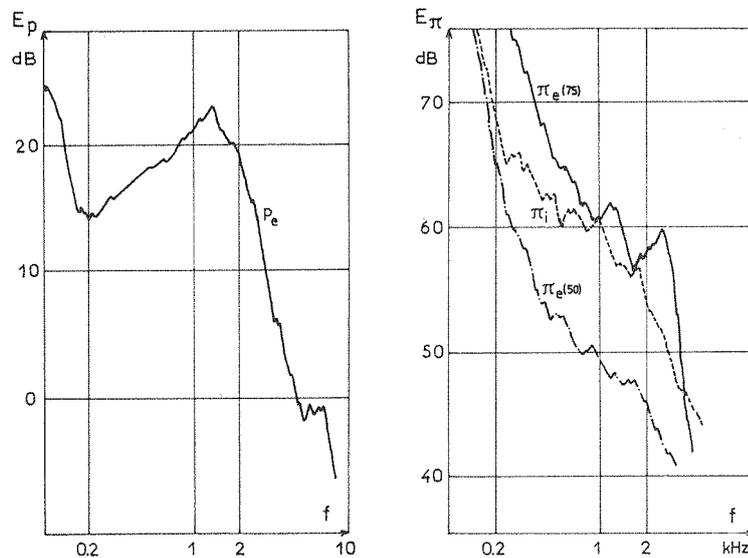


Fig. 1

indices  $e$  et  $i$  désignent l'extrados et l'intrados du profil dont l'envergure est  $l$ . Le symbole  $\sim$  indique des quantités filtrées dans la bande de largeur relative  $\Delta f/f = A = 0,30$ . Enfin  $\tau_0 = |\vec{x}|/a_0$  est le temps de propagation acoustique.

On a mesuré toutes les quantités intervenant dans cette relation, et l'on a comparé la valeur de chaque membre pour la bande de fréquence correspondant à l'échappement tourbillonnaire.

Le profil utilisé est un NACA 6 512 A<sub>10</sub> 10 bidimensionnel de 8 cm de corde et de 30 cm d'envergure, placé dans le plan de symétrie d'un jet rectangulaire débouchant dans une chambre anéchoïque <sup>(2)</sup>. La vitesse moyenne du jet est 20 m/s.

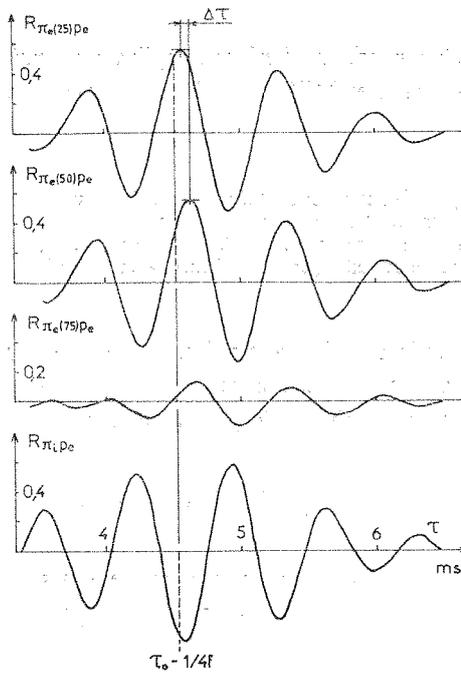


Fig. 2

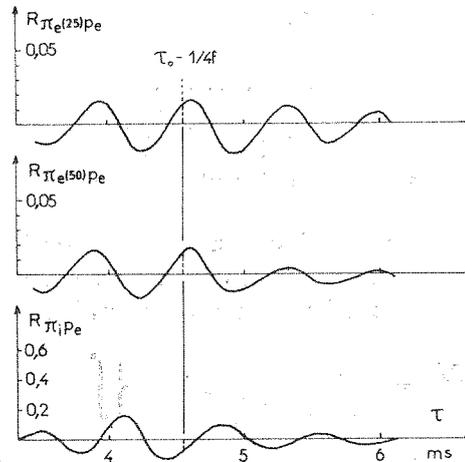


Fig. 4

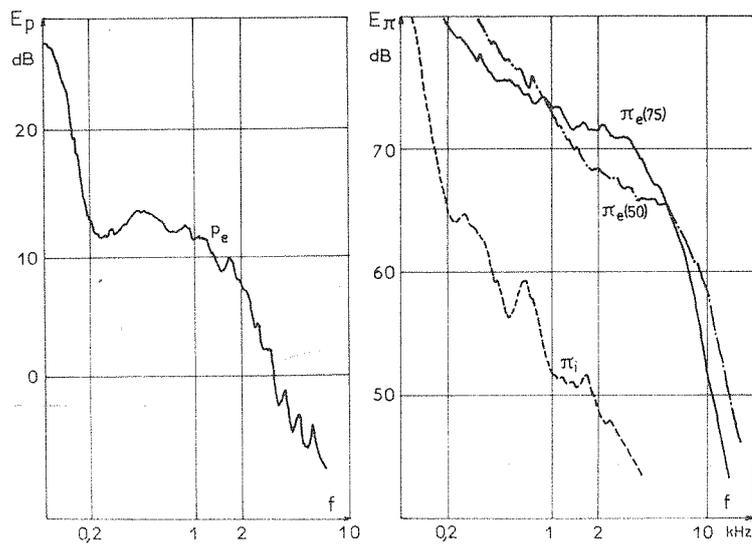


Fig. 3

L'incidence géométrique *i* du profil est repérée par rapport à l'axe de la buse. Par suite de la déviation du jet, cette incidence est supérieure à celle que l'on obtiendrait dans une veine infiniment large. En identifiant la nature des couches limites par des procédés d'évaporation (nitrobenzène sur fond de kaolin pour la transition, kérozène sur bioxyde de titane

pour le décollement), on peut estimer que l'écart entre l'incidence géométrique et l'incidence réelle atteint environ  $8^\circ$  pour la valeur maximale étudiée.

La pression acoustique  $p_e$  est mesurée par un microphone Bruel & Kjaer de 2,5 cm placé à 1,7 m sur la perpendiculaire au profil côté extrados. Des capteurs de type capacitif <sup>(3)</sup>, sensibles aux fluctuations de pression, sont incorporés au profil, trois sur l'extrados aux distances relatives  $s/c = 25; 50; 75\%$  de la corde  $c$  et deux sur l'intrados à  $s/c = 40$  et  $60\%$ .

Le calcul de l'intensité acoustique à partir de la forme donnée au deuxième membre, nécessite une intégration le long du profil. On l'a effectuée en interpolant les quantités  $\tilde{\pi}^2$  et  $R \tilde{\pi} \tilde{p}$  entre les capteurs et en les extrapolant vers le bord d'attaque et le bord de fuite. Ces approximations sont différentes suivant la nature de la couche limite au point considéré <sup>(4)</sup>. Nous allons les détailler pour deux incidences significatives  $9$  et  $19^\circ$ .

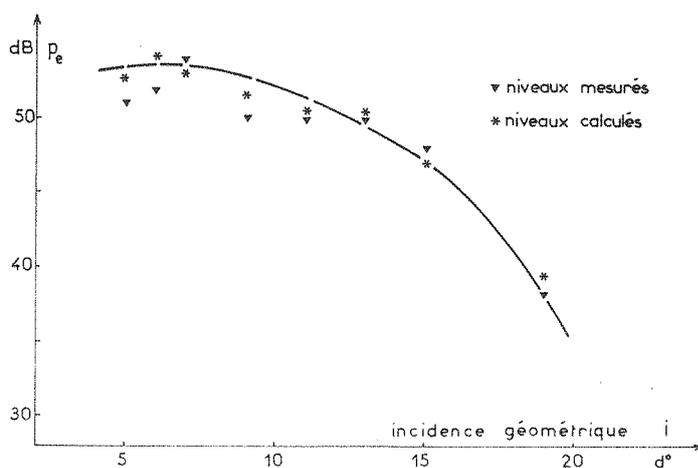


Fig. 5

$1^\circ i = 9^\circ$ . — Dans ce cas, la couche limite sur l'extrados est laminaire sauf vers l'extrémité  $s/c = 75\%$  où il y a un décollement laminaire suivi d'un recollement turbulent. La couche limite sur l'intrados est également laminaire. Le spectre E de la pression acoustique  $p_e$  et ceux de  $\pi_e$  à  $s/c = 50$  et  $75\%$ , et de  $\pi_i$  à  $s/c = 50\%$  présentent les caractères suivants (fig. 1) :

- net pic de Strouhal ( $f \approx 1\,500$  Hz) pour la pression acoustique rayonnée;
- pour les pressions relevées à la surface du profil, niveaux plus élevés sur l'intrados que sur l'extrados et croissance des niveaux en direction du bord de fuite. En outre, pour la courbe  $\pi_e$  (75), le décollement provoque un accroissement général du niveau et l'apparition d'une composante à  $f \approx 2\,500$  Hz.

La figure 2 présente les coefficients de corrélation correspondants. On observe que les niveaux sont élevés, sauf dans la région du décollement, et que le champ des fluctuations de pression se propage de l'aval vers l'amont à la célérité du son <sup>(5)</sup>.

Les approximations faites sont alors les suivantes :

- pour  $\tilde{\pi}_e^2$  et  $\tilde{\pi}_i^2$ , décroissance du niveau depuis le bord de fuite jusqu'au bord d'attaque (3 dB/cm).
- pour les coefficients de corrélation  $R_e \tilde{\pi} \tilde{p}_e$  et  $R_i \tilde{\pi}_i \tilde{p}_e$ , utilisation du glissement  $\Delta t$  des courbes de corrélation vers les petits retards, au fur et à mesure que le point considéré

est pris plus près du bord d'attaque ( $30 \mu$  s/cm). La contribution au bruit de la zone décollée est comparable à celle des zones voisines, car le produit  $\sqrt{\tilde{\pi}_e^2} \cdot R \tilde{\pi}_e \tilde{p}_e$  conserve approximativement la même valeur.

2°  $i = 19^\circ$ . — La couche limite sur l'intrados est laminaire comme dans le cas précédent, celle de l'intrados décollée dès le bord d'attaque. On observe alors sur la figure 3 que la composante à 1 500 Hz du spectre de la pression acoustique a considérablement diminué, tandis que le niveau de pression sur l'extrados est élevé et varie peu avec la position du capteur. Les niveaux de corrélation correspondants sont représentés sur la figure 4.

Les approximations faites pour calculer l'intensité acoustique sont dans ce cas :

- pour l'intrados : les mêmes que précédemment puisque la couche limite est laminaire;
- pour l'extrados : la valeur de  $\sqrt{\tilde{\pi}_e^2}$  est supposée constante le long du profil et le coefficient de corrélation est pris à sa valeur maximale, le glissement des courbes de corrélation ne se produisant plus puisque la pression à la paroi a un caractère aérodynamique dominant.

La figure 5 montre le bon accord entre les valeurs mesurées et calculées du bruit rayonné à la fréquence de Strouhal pour diverses incidences. L'écart n'excède pas 2 db pour les incidences comprises entre  $7^\circ$  et  $17^\circ$  et 3 db pour les incidences inférieures à  $7^\circ$  et supérieures à  $17^\circ$ . Ces écarts sont faibles, compte tenu des simplifications introduites dans le cas des couches décollées.

(\*) Séance du 15 septembre 1975.

(1) N. CURLE, *Proc. Roy. Soc., A*, 231, 1955, p. 505.

(2) J.-P. BERHAULT, M. SUNYACH, H. ARBEY et G. COMTE-BELLOT, *Acustica*, 29, 1973, p. 69-78.

(3) M. SUNYACH, H. ARBEY, D. ROBERT, J. BATAILLE et G. COMTE-BELLOT, *Correlations between far Field Acoustic Pressure and Flow Characteristics for a Single Airfoil (AGARD Conference, n° 131, Noise Mechanisms, Paper n° 5, 1973)*.

(4) H. ARBEY, *Contribution à l'étude du bruit d'un profil d'aile placé dans un écoulement (Thèse 3° Cycle, Université de Lyon I, 1975)*.

(5) R. W. PATTERSON, P. G. VOGT, M. R. FINK et C. L. MUNCH, *Vortex Noise of Isolated Airfoils [A. I. A. A., Paper n° 72, 1972, p. 656 (5th Fluid and Plasma Dynamics Conference)]*.

École Centrale de Lyon,  
Laboratoire de Mécanique des Fluides,  
Équipe de Recherche associée au C. N. R. S.,  
36, route de Dardilly,  
69130 Écully.