

ACOUSTIQUE. — Recherche par échantillonnage conditionnel des structures turbulentes acoustiquement actives dans les jets subsoniques froids. Note (\*) de Daniel Juvé et Michel Sunyach, présentée par M. Edmond A. Brun.

En utilisant la méthode dite de causalité exprimée sous une forme non moyennée, on peut définir une répartition instantanée de sources acoustiques au sens de Lighthill. Cette méthode est appliquée à un jet subsonique froid, à partir des fluctuations de vitesse fournies par une sonde à fil chaud et de la pression acoustique rayonnée en champ lointain. On met ainsi en évidence le caractère intermittent de la contribution instantanée de chaque point du jet. Un exemple est donné pour un point situé en aval du cône potentiel. En utilisant un critère portant sur la dérivée seconde de vitesse, on observe que 70 % de l'énergie acoustique est rayonnée pendant moins de 20 % du temps.

*Using the causality method with no time averaging we define an instantaneous distribution of acoustic sources in the Lighthill sense. Applied to a cold subsonic jet this method reveals the intermittent character of the noise emission. As an example for a point located downstream of the potential core 70 % of the acoustic energy is radiated during less than 20 % of the time.*

Il est actuellement admis que la zone de réarrangement située après la fin du cône à potentiel est responsable de la plus grande partie du bruit émis par les jets dans la gamme de fréquence correspondant au maximum du spectre [(<sup>1</sup>), (<sup>2</sup>), (<sup>3</sup>)]. Par ailleurs, plusieurs auteurs ont proposé de relier l'émission acoustique au processus d'évolution des grosses structures qui contrôlent le développement du jet [(<sup>4</sup>), (<sup>5</sup>)]. Cette liaison n'a cependant pas encore été

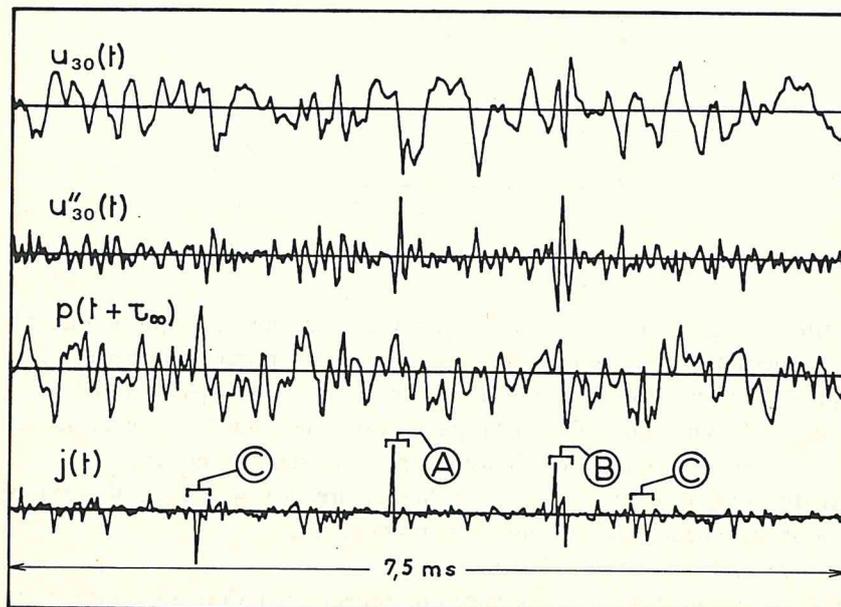


Fig. 1

démontrée de manière convaincante. En effet, après les trois premiers diamètres du jet, ces structures organisées sont masquées par le développement de la turbulence, et ne peuvent être détectées par les méthodes classiques. Nous avons donc cherché à mettre au point une méthode d'analyse conditionnelle.

Par analogie avec la méthode de causalité développée par Siddon (<sup>6</sup>), nous avons introduit la contribution instantanée  $j(x, y, t)$  du point  $y$  du jet à l'intensité acoustique correspondant

au « shear-noise » mesuré au point  $\mathbf{x}$  du champ lointain, soit

$$j(\mathbf{x}, \mathbf{y}, t) = \frac{U_r}{2\pi a_\infty^3 r} p(\mathbf{x}, t) \frac{\partial^2}{\partial t^2} u_r(\mathbf{y}, t - \tau_\infty),$$

expression dans laquelle  $u_r$  désigne la vitesse fluctuante dans la direction du point d'observation,  $U_r$  la vitesse moyenne dans la même direction, et  $\tau_\infty = r/a_\infty = |\mathbf{x} - \mathbf{y}|/a_\infty$ , le temps de propagation acoustique. Le jet étudié a un diamètre  $d = 20$  mm et la vitesse  $U_r$  à la sortie de la buse est de 135 m/s. Le point de l'écoulement choisi est situé sur l'axe de ce jet, à une distance  $y_1/d = 5$ . Le nombre de Strouhal  $fd/U_1$  correspondant au maximum de la contribution issue de ce point est de l'ordre de 0,3.

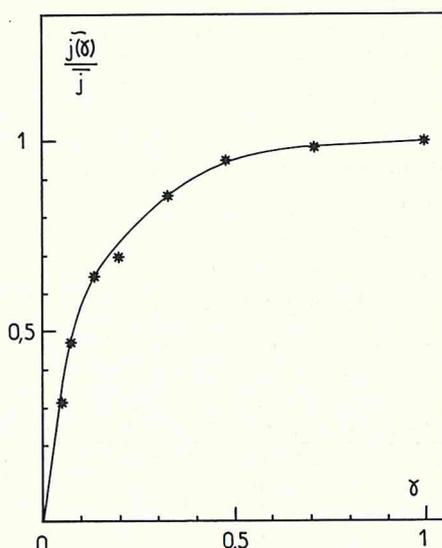


Fig. 2

L'obtention du signal  $j(\mathbf{x}, \mathbf{y}, t)$  est faite par voie numérique, ce qui permet de réaliser simplement le décalage temporel et la double dérivation par rapport au temps. Les différents signaux, préalablement filtrés à l'aide d'un filtre passe bas à 16 KHz ( $fd/U_1 = 2,5$ ) sont échantillonnés à 40 KHz afin d'obtenir la qualité optimale pour les signaux dérivés.

La figure 1 donne un exemple d'échantillon pour les signaux suivants :

- fluctuation de vitesse turbulente  $u_{30}(t)$ , dans la direction inclinée de  $30^\circ$  sur l'axe du jet, direction pour laquelle le « shear-noise » est prépondérant;
- dérivée seconde  $u'_{30}$  de cette fluctuation;
- pression acoustique  $p(t + \tau_\infty)$  décalée du temps de parcours acoustique  $\tau_\infty$ ;
- $j(t)$  produit des deux signaux précédents.

L'examen détaillé de ces visualisations permet d'effectuer les constatations suivantes :

- la dérivée seconde  $u'_{30}$  présente des périodes actives, comportant des pics de niveau élevé, séparés par des intervalles plus calmes de durée aléatoire;
- le signal  $j(t)$  a une nature intermittente et on note que les grandes amplitudes apparaissent pendant les périodes d'activité de  $u'_{30}$ ;
- ces mêmes périodes d'activité correspondent fréquemment à des fronts raides du signal de vitesse, mais cette correspondance n'est pas réciproque.

Par ailleurs, le fait que les contributions au signal  $j(t)$  présentent des signes différents (positif pour les événements du type A, variable pour les événements du type B, négatif pour ceux du type C) atteste que le phénomène observé ne se limite pas au point étudié, et peut correspondre à une phase particulière de l'interaction des différentes structures turbulentes.

Pour obtenir des renseignements quantitatifs sur l'importance de ces périodes actives, on a réalisé une étude conditionnelle du signal. Le critère d'échantillonnage choisi porte sur la valeur absolue de l'amplitude du signal  $u''_{30}$ . A chaque seuil d'amplitude correspond une valeur du coefficient d'intermittence  $\gamma$  (fraction du temps utile) et une valeur relative  $\tilde{j}(\gamma)/\bar{j}$  de la contribution au bruit émis pendant le temps utile rapporté à la moyenne totale. Les résultats sont reportés sur la figure 2 dans laquelle les différentes valeurs de  $\gamma$  sont réalisées par variation du seuil imposé à  $u''_{30}$ . On observe que 70 % de l'énergie acoustique est rayonnée pendant seulement 20 % du temps. Des résultats analogues ont été obtenus pour d'autres points du jet <sup>(3)</sup>.

On peut conclure que l'utilisation d'une telle méthode d'échantillonnage, associée à une analyse spatio-temporelle du champ de vitesse permettra de préciser la nature des zones turbulentes responsables de l'émission acoustique et leur liaison avec les grosses structures qui contrôlent le développement du jet.

(\*) Séance du 18 septembre 1978.

<sup>(1)</sup> W. T. CHU et R. E. KAPLAN, *J.A.S.A.*, 59, n° 6, 1976, p. 1268-1277.

<sup>(2)</sup> M. J. FISCHER, M. HARPER-BOURNE et S. GLEGG, *J. Sound and Vib.*, 51, n° 1, 1977, p. 23-54.

<sup>(3)</sup> D. JUVE, *Analyse par une méthode d'intercorrélation de l'émission acoustique moyenne et instantanée d'un jet subsonique* (Thèse D.I., Univ. Lyon-I, 1978).

<sup>(4)</sup> J. LAUFER, R. E. KAPLAN et W. T. CHU, *On the Generation of Jet Noise*, Agard Conf. Proceedings, n° 131, on noise mechanisms, 21, 1973.

<sup>(5)</sup> J. E. FLOWERS-WILLIAMS, *Ann. Rev. Fluid. Mech.*, 9, 1977, p. 447-468.

<sup>(6)</sup> T. E. SIDDON, *Noise Source Diagnostic Using Causality Correlations*, Agard conference, n° 131, on noise mechanisms, 7, 1973.

École centrale de Lyon, Laboratoire de Mécanique des Fluides, Laboratoire associé au C.N.R.S.,  
36, route de Dardilly, 69130 Écully.

