Objet des études statistiques liées aux sondes résistives

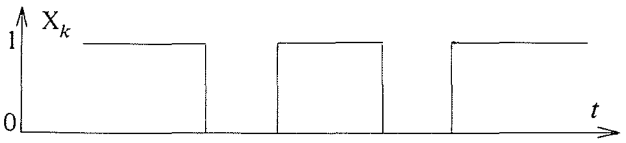
Object of statistical studies in connection with resistive probes

Joseph Lewi (*)

Docteur ès-Sciences
Ingénieur au C.E.A.

Dans le cadre du DTCE/SEEn, au CENS, nous avons mené jusqu'en 1975 un ensemble d'études dont le but était de retrouver les caractéristiques statistiques locales d'un écoulement diphasique air-eau à bulles, à partir des résultats fournis par une sonde résistive.

Une telle sonde a été mise au point par MM. Porte et Lecroart : elle permet, après traitement du signal et étalonnage d'obtenir la distribution locale d'existence des phases en fonction du temps



Un système de deux sondes (bisonde) dont les extrémités sont distantes de 1 mm environ, permet d'obtenir cette distribution en deux points voisins dans l'axe de l'écoulement.

A partir de ces signaux, en utilisant les appareils disponibles dans le laboratoire (compteurs, corrélateurs) on obtient directement le taux de vide local $\alpha = \dfrac{\Sigma t_g}{\Sigma t_g + \Sigma t_l}$ et la moyenne de la vitesse de passage des interfaces $Vm_i = \dfrac{l}{\Delta t_m}$ (l : distance entre les deux sondes, Δt_m : maximum de la fonction de distribution des temps de passage d'une sonde à l'autre).

On peut extraire plus d'informations de ces signaux mis en forme :

a) En supposant l'écoulement stationnaire en moyenne et les bulles sphériques, en négligeant l'écart local entre les vitesses de phases et en admettant que les sondes ne déforment pas l'écoulement (ce qui n'est pas tout à fait exact, comme l'ont montré des études photographiques) on peut relier la densité de probabilité des temps de passage des bulles sur la sonde à la granulométrie de ces bulles et à la densité de probabilité des vitesse [1].

b) Dans les mêmes hypothèses, celle-ci peut être reliée aux densités de probabilité des temps de passage du gaz et du liquide sur la sonde et à la densité de probabilité de l'intervalle de temps nécessaire aux bulles pour passer d'une sonde à l'autre [1].

c) L'exploitation de l'autocorrélation, de l'intercorrélation et des spectres de puissance des signaux fournit d'autres informations :

- c1) On montre que le maximum de l'intercorrélation correspond à une vitesse moyenne de l'écoulement, le sens de "vitesse moyenne" étant d'ailleurs difficile à préciser, sauf dans les cas particuliers où sont intercorrélés les signaux représentatifs du passage des interfaces [2].
- c2) L'étude de la bisonde comme système linéaire (représentée par une fonction de transfert fonction de la vitesse) peut être prometteuse : elle est ébauchée (voir annexe) et devrait être poursuivie.

(*) SERMA-C.E.N. Saclay – B.P. 2 – 91190 Gif sur Yvette.

Bibliographie

[1] LECROART H. et LEWI J. – *Mesures locales et leur interprétation statistique pour un écoulement diphasique à grande vitesse et taux de vide élevé,* XII^e Journées de l'Hydraulique, Paris, 1972.

[2] LEWI J. – *Contribution à l'étude dynamique des écoulements diphasiques gaz-liquide,* Thèse Université Paris VI, 1975.

Annexe – Schématisation d'une bisonde par une fonction de transfert

Considérons une bisonde délivrant des signaux $x(t)$ (signal amont) et $y(t)$ (signal aval). Soit $h(t)$ la fonction de transfert schématisant cette bisonde

$$y(t) = x(t) \times h(t) = \int_{-\infty}^{t} x\,(t-\alpha)\,h(\alpha)\,d\alpha$$

et soit $H(\omega)$ la transformée de Fourier de $h(t)$.

$S_{xx}(\omega)$, $S_{yy}(\omega)$, étant les spectres de puissance des signaux amont et aval et $S_{xy}(\omega)$ l'interspectre de puissance de ces signaux, on montre que :

$$\begin{cases} S_{xy}(\omega) = S_{xx}(\omega)\,.\,H^{x}(\omega) & (1) \\ S_{yy}(\omega) = S_{xx}(\omega)\,.\,|H(\omega)|^2 & (2) \end{cases}$$

Supposons que la sonde ne "perturbe" pas l'écoulement on a alors $S_{xx}(\omega) = S_{yy}(\omega)$

Donc $|H(\omega)|^2 = 1$ c'est-à-dire : $H(\omega) = e^{-jf(\omega)}$ (3) où $f(\omega)$ est une fonction réelle.

De la relation (1), on déduit alors que :

$$\begin{cases} |S_{xy}(\omega)| = |S_{xx}(\omega)| & (4) \\ f(\omega) = \arg\left(\dfrac{S_{xy}(\omega)}{S_{xx}(\omega)}\right) = \operatorname{arctg} \dfrac{J[S_{xy}(\omega)]}{R[S_{xy}(\omega)]} \end{cases}$$

$h(t)$ a donc la forme : $h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{j[\omega t - f(\omega)]}\,d\omega$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{j\omega\left[t - \frac{f(\omega)}{\omega}\right]}\,d\omega$$

La fonction $h(t)$ est bien entendu reliée à la vitesse du fluide.

Si celle-ci était constante, égale à v_0, on devrait avoir (dans l'hypothèse précédemment faite où le fluide ne perturbe pas l'écoulement) :

$$h(t) = \delta\left(t - \frac{\ell}{v_0}\right)$$

ce qui conduirait à $f(\omega)/\omega = \ell/V_0$

Posons $V(\omega) = \ell\omega/f(\omega)$

La fonction vitesse $v(t)$ doit se déduire de $v(\omega)$, d'une façon qui reste à déterminer.