

Instabilités dans les jets et les panaches

DEREBAIL MURALIDHAR Srikanth, GARNAUD Xavier, LESSHAFFT Lutz, SCHMID Peter, & HUERRE Patrick

Laboratoire d'Hydrodynamique (LadHyX), CNRS - Ecole Polytechnique 91128 Palaiseau cedex
patrick.huerre@ladhyx.polytechnique.fr

Cet exposé porte sur l'étude de la dynamique des structures tourbillonnaires dans deux types d'écoulements cisailés libres : le jet et le panache. Les jets interviennent en propulsion aéronautique, un des enjeux essentiels étant de rendre compte du contenu fréquentiel du champ proche où vivent les tourbillons, pour en déduire celui du rayonnement acoustique perçu par un observateur dans le champ lointain. Les panaches sont des écoulements de convection produits par les forces de flottabilité, par exemple une source de chaleur localisée. Cette configuration est omniprésente en dynamique des fluides environnementale : panaches de volcans dans l'atmosphère, panaches de bulles dans l'eau, panaches hydro-thermiques, panaches de fumée des incendies, panache de fumée produit par une cigarette, etc.

Dans ces deux types de configuration, existent des structures cohérentes dont il s'agit de caractériser la distribution spatiale et le contenu fréquentiel. Le point de vue adopté ici est celui des instabilités hydrodynamiques : en d'autres termes, les structures tourbillonnaires sont considérées comme constituées d'une superposition de modes d'instabilité évoluant sur un écoulement de base stationnaire. Il s'agit alors de déterminer le développement spatio-temporel de ces ondes.

Les instabilités de la configuration "jet" ont de loin été les plus étudiées. D'après les expériences, les spectres de fréquence mesurés sont continus et présentent un maximum au mode "préféré" du jet à un nombre de Strouhal dans la gamme $St = 0.3 - 0.5$ selon les expériences. Par ailleurs, on observe que la réponse du jet à un forçage harmonique appliqué à la sortie de la buse est maximale au même nombre de Strouhal préféré du jet. Le jet se comporte donc comme un *amplificateur de bruit*.

La réponse optimale globale d'un jet à un forçage harmonique de fréquence donnée est étudiée numériquement afin de rendre compte de ce phénomène. On trouve ainsi que la réponse optimale à un forçage axisymétrique est obtenue à un nombre de Strouhal $St = 0.45$, en bon accord avec les observations. Par contre, les modes hélicoïdaux $m = 1$ et $m = 2$ donnent lieu à des gains en énergie plus importants à basse fréquence du fait qu'ils demeurent instables en aval du cône potentiel.

A notre connaissance, il n'existe en revanche que très peu d'études expérimentales approfondies sur l'évolution des instabilités dans un panache. Une analyse théorique locale quasi-parallèle a été initiée en vue de caractériser le domaine d'instabilité ainsi que les domaines instable convectif/instable absolu d'un panache laminaire, solution auto-semblable dans l'approximation de couche limite des équations de Boussinesq. Pour un nombre de Prandtl $Pr = 1$, le panache devient linéairement instable convectif vis-à-vis du mode hélicoïdal $m = 1$ dès que le nombre de Grashof local dépasse la valeur critique $Gr_c = 0.015$. L'instabilité devient absolue pour tout nombre de Grashof supérieur à $Gr_a = 20$. Tous les autres modes $m = 0$ et $m > 1$ demeurent stables pour tout Grashof. Le panache laminaire se comporte comme un *oscillateur*.