

CARACTERISATION D'UN JET MULTIPLE TOURBILLONNAIRE

L. Loukarfi , A. Bettahar
Maîtres de Conférences à l'Université H. B. de Chlef
Département de Mécanique
B.P. 151, Route de Sendjas, 02000 Chlef - ALGERIE -
Tél/Fax: (+213) 27 72 17 88

RESUME

Comparé au jet classique, le jet tourbillonnaire assure un bon mélange de l'air. Cet avantage est utilisé à profit pour destratifier dynamiquement et thermiquement les couches d'air d'une ambiance par l'utilisation de jets tourbillonnaires qui fusionnent.

Les conditions de cette interaction, telles que la nature du système de soufflage générant le tourbillonnement, la géométrie du diffuseur, l'inclinaison des ailettes, la température et la vitesses initiales de l'air soufflé, l'espacement entre les jets... sont étudiés en vue d'optimiser la qualité du mélange, selon deux configurations d'essais.

Celle qui présente un déséquilibre en température assure une meilleure homogénéisation de l'écoulement résultant. Ce qui suggère la possibilité de l'appliquer aux systèmes de chauffage et de climatisation.

ABSTRACT

Compared to the classical jet, the swirling jet gives a good mixing of breathed air. This advantage allows to homogenize the surrounding atmosphere thanks to use the swirling jets with merge.

The interaction condition such as the swirl generator type, the geometry of diffuser, the slit inclination, the initial temperature and velocity of diffused air, the space between diffusers... are studied in order to improve the mixing quality, according to tow configurations.

The homogeneization which is done with the unbalanced multiple jet, allows the application of heating and climatisation systems.

MOTS CLES

Jet tourbillonnaire, homogénéisation, recirculation, température de déséquilibre, interaction de jets

NOMENCLATURE

α	Angle d'inclinaison des ailettes par rapport à la verticale (degrés)
D	Diamètre du diffuseur (m)
r	Coordonnée radiale (m)
T	Température dans le jet chauffé tourbillonnaire (°C)
T _a	Température ambiante (°C)
T _{Max}	Température maximale de l'écoulement d'air (°C)
T ₀	Température initiale de l'écoulement d'air au niveau du diffuseur (°C)
x	Coordonnée axiale (m)

1. INTRODUCTION:

Il existe peu de mesures sur l'interaction des jets tourbillonnaires. La plupart des études traite de jets simples ou de l'interaction de jets ronds, plans ou rectangulaires. Les conclusions importantes retenues ont trait à la nature, à la disposition, au nombre de jets utilisés dans des conditions plus ou moins différentes selon l'objectif de leurs applications. Les caractéristiques du jet résultant qui en découlent sont appliquées dans plusieurs domaines industriels tels que la combustion dans les moteurs, le séchage, l'agro-alimentaire, l'aéronautique, le confort thermique, etc.

2. INTERET DU JET TOURBILLONNAIRE :

Le tourbillonnement, dans l'écoulement :

- réduit la longueur de flamme dans les brûleurs,
- influe sur les coefficients de transport,
- augmente les intensités de turbulence, les contraintes de cisaillement, le transfert de chaleur dans la combustion,
- favorise la recirculation,
- influe sur le coefficient de frottement à la paroi et sur le débit d'entraînement,
- atténue la structure tridimensionnelle typique au jet multiple en fournissant la production de turbulence, surtout près de la zone initiale de l'écoulement résultant où les contraintes normales sont associées à des gradients élevés de vitesses. En effet, ces contraintes sont supérieures à celles du jet multiple classique ou à celles des jets coaxiaux appliqués aux brûleurs.

L'orientation des ailettes à l'extrémité du diffuseur influe beaucoup sur les grandeurs mesurées dans l'écoulement. En effet, plus l'inclinaison des ailettes α augmente et plus vite la vitesse axiale décroît et la température axiale diminue [1], [2].

L'augmentation de l'inclinaison des ailettes provoque de fortes turbulences à l'origine du jet. Au-delà de 5.D, l'intensité s'affaiblit et se régularise le long de l'écoulement quelque soit α .

Pour $\alpha = 60^\circ$, le jet est radial et les vitesses radiales sont plus étalées que celles où $\alpha = 30^\circ$ ($\alpha = 60^\circ$ surface à température uniforme).

La vitesse tangentielle s'amenuise le long de l'écoulement et d'autant plus vite que α est grand.

Le nombre de swirl passe par un maximum pour $\alpha = 60^\circ$ et diminue au-delà de cette valeur.

3. INTERACTION DE JETS TOURBILLONNAIRES:

On s'intéresse ici au cas de trois jets placés au même niveau dont les axes sont parallèles à 2D les uns des autres. Deux cas sont envisagés: une configuration A2 où le jet central a une température double de celle des jets adjacents et une configuration B2 de jets à même température [3].

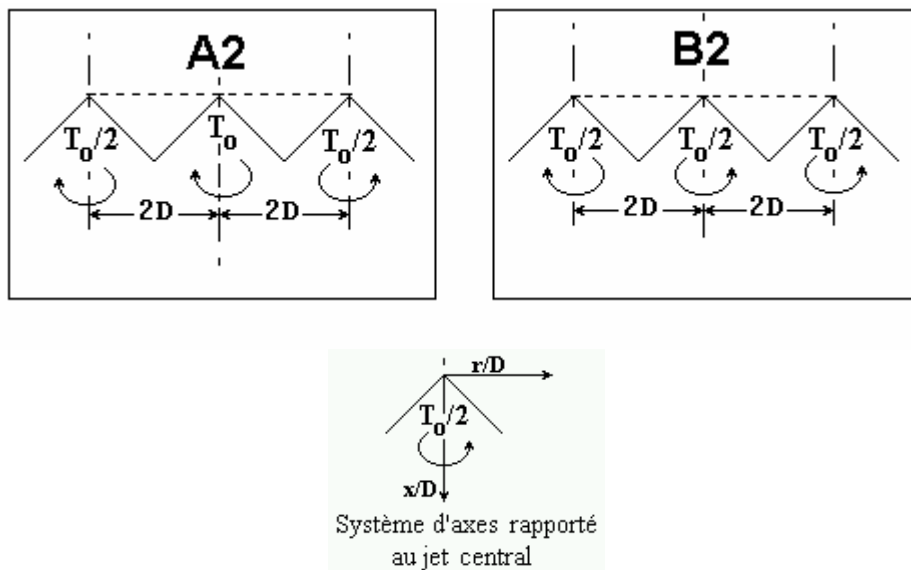


Figure 1 :
Configurations A2, B2.

On y constate que dans le cas de la configuration A2, la décroissance axiale de la température est plus importante et que radialement, on obtient déjà à partir de $x/D = 8$, une homogénéisation remarquable de la température, comme le montre la figure 3:

L'influence du sens de rotation des jets extérieurs vis-à-vis du jet central est importante. Faire tourner en sens opposé, le sens des jets améliore encore l'uniformisation de température [2].

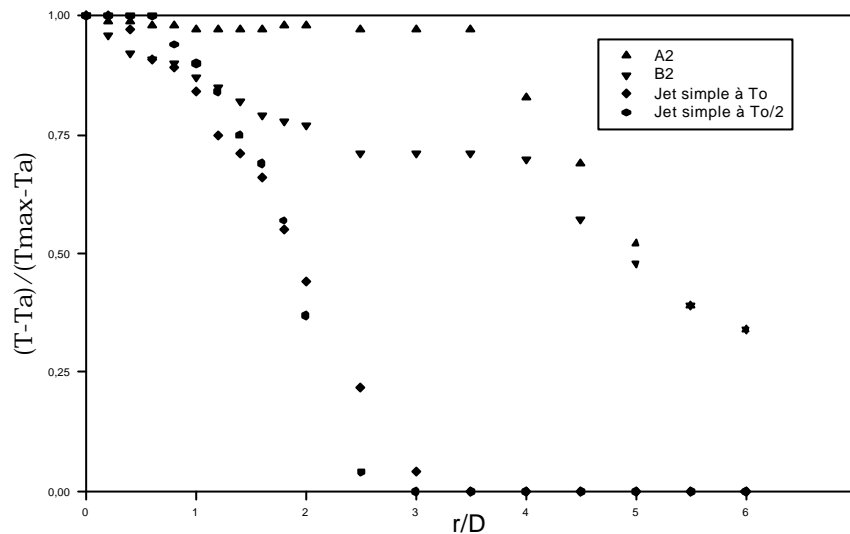


Figure 2 :
Températures radiales dans les configurations A2 et B2 à la station $x/D = 8$.

4. CARACTERISATION DU JET MULTIPLE TOURBILLONNAIRE

L'analyse des résultats antérieurs a permis d'établir les éléments d'appréciation de base qui sous-tendent le comportement des jets. Ces éléments ressortent à travers les caractéristiques géométriques, dynamiques et thermiques, qui peuvent être liées à la nature de l'écoulement.

En vue de l'application du jet tourbillonnaire à la climatisation des locaux, des dispositions diverses ont été étudiées telles que le jet libre tourbillonnaire simple, avec ou sans température, le jet libre tourbillonnaire multiple avec ou sans température et avec ou sans obstacle [4].

L'entraînement de l'air induit par la rapide décroissance de la vitesse moyenne autour de l'axe associé à l'augmentation des intensités de fluctuations implique un important transfert radial de quantité de mouvement générant ainsi une augmentation du mélange turbulent.

Les mesures expérimentales du champ de l'écoulement sans température relatif au jet libre tourbillonnaire simple sont comparées à celle du jet libre classique. Les résultats montrent que le tourbillonnement augmente l'étalement du jet et d'autant plus que le nombre de swirl croît. Les amplitudes de vitesses axiales sont plus faibles contrairement à celles des intensités de turbulence correspondantes. Les profils radiaux des vitesses sont réduits mais étalés tandis que ceux des turbulences radiales sont plus importants au début de soufflage de l'écoulement pour s'affaiblir loin à l'aval de l'orifice de soufflage.

L'étude du jet libre tourbillonnaire multiple montre que celui-ci se développe plus rapidement que le jet multiple classique.

Le nombre de jets fait diminuer les vitesses. L'écart entre les diffuseurs diminue aussi les vitesses tout en retardant la fusion des jets

En augmentant les intensités de fluctuations et l'étalement du jet résultant. Par rapport au jet simple tourbillonnaire, l'espacement du jet multiple est légèrement plus grand. Pour les grands nombres de swirl, au delà de 10 diamètres, les profils de vitesses du jet multiple tendent vers des profils similaires à ceux du jet simple. L'interaction entre jets permet une distribution des vitesses dans la zone de mélange. Les régions à hauts gradients de vitesses sont le siège des tensions normales et de cisaillement, maximales [5].

Toute la zone initiale de l'écoulement étudié, proche du diffuseur présente des irrégularités dans les profils obtenus, du fait de la géométrie du générateur de swirl et donc des conditions de soufflage.

L'étalement du jet résultant de multiples jets tourbillonnaires est plus important que celui obtenu avec un jet simple tourbillonnaire.

Le jet central modifie le comportement des jets adjacents [5].

Cette évolution des profils dans le triple jet montre l'intérêt du jet central dans la redistribution des vitesses.

Il en est de même pour les intensités de fluctuations et les profils d'énergies cinétiques de turbulence.

La décroissance des températures axiales, pour les jets triples étudiés, est exponentielle. Elle est moins accentuée lorsque le jet résultant rencontre un obstacle.

Les profils des températures radiales pour le simple jet, sont plutôt déterminés par les conditions géométriques initiales. Au delà de 10 diamètres de l'origine de l'écoulement, la similitude thermique avec le jet classique est retrouvée. Dans la zone initiale de soufflage, ce sont dans toute la section du jet, les profils à double crête, bien connus, qui prédominent [1].

Le cas où le jet chauffé central diffuse en sens inverse des flux moins chauds, adjacents et sur le même plan (A2), assure une meilleure homogénéisation des températures radiales, dans toute la section du jet résultant. Cependant, l'amplitude moyenne est divisée par 2 ou 3 par rapport à celle obtenue avec d'autres configurations, selon le cas.

L'espacement entre jets triples, lorsqu'il augmente, permet de diminuer l'amplitude des profils radiaux des températures tout en assurant un étalement et une homogénéisation substantiels [5].

En outre, l'existence de l'impact a pour conséquence un retour d'air chaud qui induit l'augmentation de l'amplitude thermique et une meilleure homogénéisation aux bords du jet résultant. Loin, à l'aval des diffuseurs, l'impact donne une homogénéisation thermique remarquable. Contrairement à l'évolution axiale, la décroissance radiale des maxima de températures est beaucoup moins accentuée pour le jet multiple que pour le jet simple [5].

5. CONCLUSION:

Par rapport au jet simple et dans les mêmes conditions, le jet multiple déséquilibré en température, assure plus homogénéisation thermique, avec un étalement plus important, ce qui permet de traiter un large espace.

L'énergie cinétique turbulente initiale tirée de l'écoulement moyen et portée par les gros tourbillons est dissipée par les contraintes visqueuses [6].

Grâce à un système simple, il en ressort de cette étude, qu'il est possible d'homogénéiser l'ambiance d'un local en utilisant des températures de déséquilibre. On pourrait, dans un avenir proche, affiner ces rapports de températures et étudier l'influence effective sur le rendement du système, de l'écartement vertical et horizontal entre les diffuseurs.

La géométrie du diffuseur, l'inclinaison des ailettes, l'espacement entre diffuseurs, la position de l'obstacle sont autant de paramètres qui peuvent influencer le comportement du jet résultant.

L'optimisation de ces paramètres permettrait alors d'influencer la qualité de la destratification opérée dans l'ambiance traitée. Ce qui suggère la possibilité d'application de l'interaction des jets tourbillonnaires au chauffage et à la climatisation des locaux de grande hauteur [7].

REFERENCES:

- [1] Amal M., *"Contribution à l'étude du swirling jet avec ou sans sillage pour le chauffage de grands bâtiments"*, Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université de Valenciennes, France, (1987).
- [2] Florent P., Loukarfi L., *"Utilisation de mélange de jets hélicoïdaux pour le chauffage de grands bâtiments"*, S.F.T., Congrès français de Thermique, 13-15 mai 1996, Valenciennes (France), Elsevier, Vol.4, pp.18-24, (1996).
- [3] Loukarfi L., Florent P., Bettahar A., *"Contribucion Experimental Al Estudio De la Destratificacion En Temperatura De Un Ambiente Por Interaccion de Chorros Torbellinos"*, Publica Fluidos O.N.A. Barcelona (Espagne), pp.378-385, (1997).
- [4] Loukarfi L., Florent P., Bettahar A., Elandaloussi B., *"Quelques configurations de jets triples tourbillonnaires en vue de l'homogénéisation thermique d'une ambiance"*, 13^{ème} Congrès Français de Mécanique, 1-5 septembre 1997, Poitiers (France), pp.71-74, (1997).
- [5] Loukarfi L., *"Contribution expérimentale à l'étude de la destratification par interaction de jets tourbillonnaires: Application à la climatisation des grands locaux"*, Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Oran, (1998).
- [6] Pratte B. D., Keffer J. R., *"The swirling turbulent jet"*, JI of Engineering Transactions of the J.S.M.E., pp. 739-748, (1972)..
- [7] Lalot S., Potier X., Loukarfi L., Florent P., *"Utilisation du mélange de jets hélicoïdaux pour l'homogénéisation du soufflage"*, Transactions of the C. S. M. E, Canada, Vol. 25, n° 1, pp. 51-61, (2001).