

Caractérisation thermique et dynamique d'un multijet tourbillonnaire à orifices déséquilibrés en positions

M. BRAIKIA^A, A. KHELIL^A, L. LOUKARFI^A H. NAJI^B,

^A Université H.B., B.P. 151, 2000 Chlef, Algérie.

^{B*} Université Lille 1 - Sciences et Technologies, Polytech'Lille, LML – UMR 8107 CNRS, Boulevard Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq, France

Résumé :

Le mélange de jets a motivé de nombreuses études depuis plusieurs années en raison de son intérêt théorique et de ses nombreuses applications industrielles. Les jets tourbillonnaires et turbulents interviennent dans une large variété de dispositifs industriels pour leur capacité à procurer de forts taux de mélange dans de multiples configurations : moteurs de fusées, moteurs diesel, torches à plasmas, brûleurs, dispersion de polluants, refroidissement, systèmes de ventilation et de climatisation. Différentes campagnes expérimentales ont conduit à l'optimisation de la géométrie des diffuseurs ce qui a permis de bien saisir l'importance des paramètres de contrôle comme l'inclinaison des ailettes, la présence du jet central, le nombre de jets adjacents, le nombre de tourbillonnement, le sens de rotation du jet central par rapport aux jets périphériques. Le but de cette étude est d'examiner l'influence du déséquilibre en position et en température du jet central par rapport aux jets adjacents, afin d'identifier la configuration la plus efficace en termes d'amélioration du mélange en sortie de l'écoulement résultant.

Abstract:

The mixing jets have motivated many studies over several years due to its theoretical interest and its many industrial applications. The swirl turbulent jets involved in a wide variety of industrial devices for their ability to provide high levels of mixing in multiple configurations: rocket engines, diesel engines, plasma torches, burners, dispersion of pollutants, cooling, ventilation systems and air conditioning. Different studies have led to the optimization of the geometry of diffuser allowing to understand the importance parameters like the inclination of the air vanes, the presence of the central jet, the number of adjacent jets, the swirl number and the rotation of the central jet compared with peripheral jets. The purpose of this study is to examine the influence of the imbalance in position and temperature of the central jet compared to peripheral jets adjacent to identify the most efficient configuration in terms of improving mixture in resultant flow.

Mots clés: jet multijet tourbillonnaire, homogénéisation thermique, homogénéisation dynamique, orifices déséquilibrés en position, épanouissement.

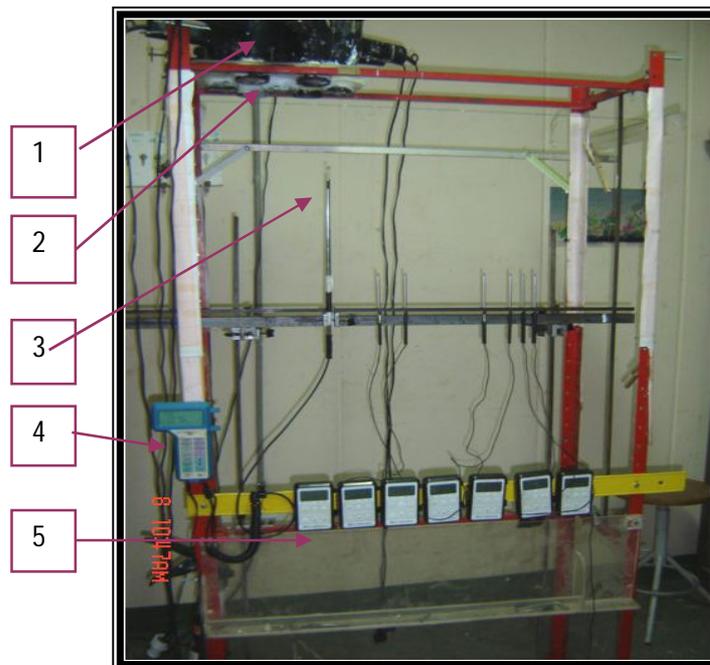
1-Introduction:

La multiplication des jets tourbillonnaires associée au choix des dispositions des diffuseurs d'air permet d'améliorer substantiellement la destratification thermique de l'ambiance traitée. L'interaction entre jets tourbillonnaires permet une redistribution des températures dans la zone de mélange comme pour les vitesses tout en permettant l'épanouissement du jet résultant [1]. L'optimisation des paramètres tels que la géométrie du diffuseur, l'inclinaison de la vitesse initiale, l'espacement entre jets, le nombre de jets diffusés, l'inclinaison des jets latéraux par rapport à l'axe central du jet résultant, le débit relatif entre jets périphériques et jet central, influencent l'écoulement résultant tant du point de vue dynamique que thermique [2],[3]. Dans cet écoulement, l'énergie est transférée vers la direction radiale grâce au tourbillonnement qui caractérise le multijet utilisé et contribue à améliorer sensiblement la qualité des mélanges d'air dans les locaux à climatiser ou dans les confinements gazeux [4]. Aussi, le jet central dans toutes les configurations étudiées joue un rôle important dans la destratification thermique puisqu'il, modifie le comportement des jets adjacents périphériques et améliore l'homogénéisation de l'écoulement. La modification de la position

relative des jets latéraux par rapport au jet central a une influence sur la diffusion [5]. Les résultats montrent que la position relative des jets latéraux par rapport au jet central permet d'influencer la vitesse axiale du jet résultant. L'augmentation de la diffusion latérale, conduit à une meilleure homogénéisation. Le jet central contrôle cette configuration de déséquilibre en position en pilotant les jets adjacents. On note cependant que cette différence de position entraîne une diminution de vitesse dans les zones proches de l'origine du soufflage. Cette configuration pourrait intéresser les industriels de contribuer à l'amélioration du confort thermique dans les enceintes.

2-Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental étudié se compose d'un châssis sur lequel est fixée une plaque en plexiglas, comportant à sa partie supérieure un dispositif fixe de soufflage d'air chaud et dirigé vers le bas. Sur la partie inférieure de ce dispositif, sont fixés les différents types de diffuseurs à ailettes inclinées, en fonction de la configuration étudiée. Les températures et vitesses de l'écoulement sont mesurées par un thermo-anémomètre multifonctions (type VELOCICALC) qui est un instrument de haute précision. Les données peuvent être visualisées sur l'écran, imprimés ou téléchargées vers un tableur qui nous permet de transférer facilement des données à un ordinateur pour le traitement statistique. Les sondes thermiques sont supportées par des tiges qui sont facilement guidées verticalement et horizontalement pour balayer le maximum d'espace dans le sens axial et radial. Le système multijets conçu au laboratoire représente une couronne de 6 jets hélicoïdaux entourant un jet hélicoïdal central. Le débit s'opère à des nombres de Reynolds, allant de 10^4 à 3.10^4 . L'étude a été réalisée dans des conditions de flux de chaleur uniforme pour chaque diffuseur.



1- Dispositif de soufflage d'air, 2- Diffuseur d'air avec ailettes inclinées, 3-Sonde du thermo-anémomètre, 4-Thermo-anémomètre, 5-Thermomètre.

FIG. 1- Dispositif Expérimental.

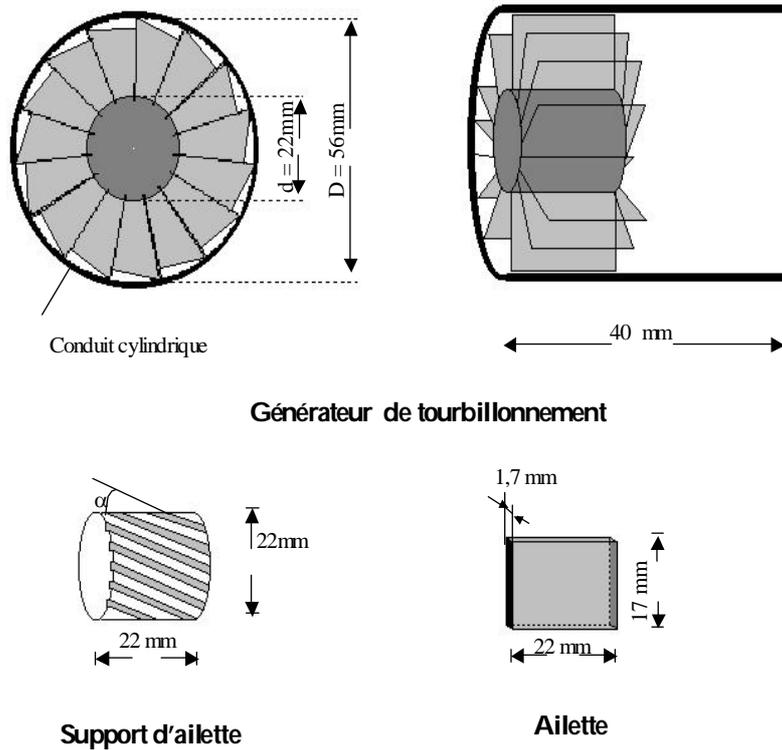


FIG. 2- Schéma détaillé du dispositif de génération de tourbillonnement.

3- Configurations des jets étudiées:

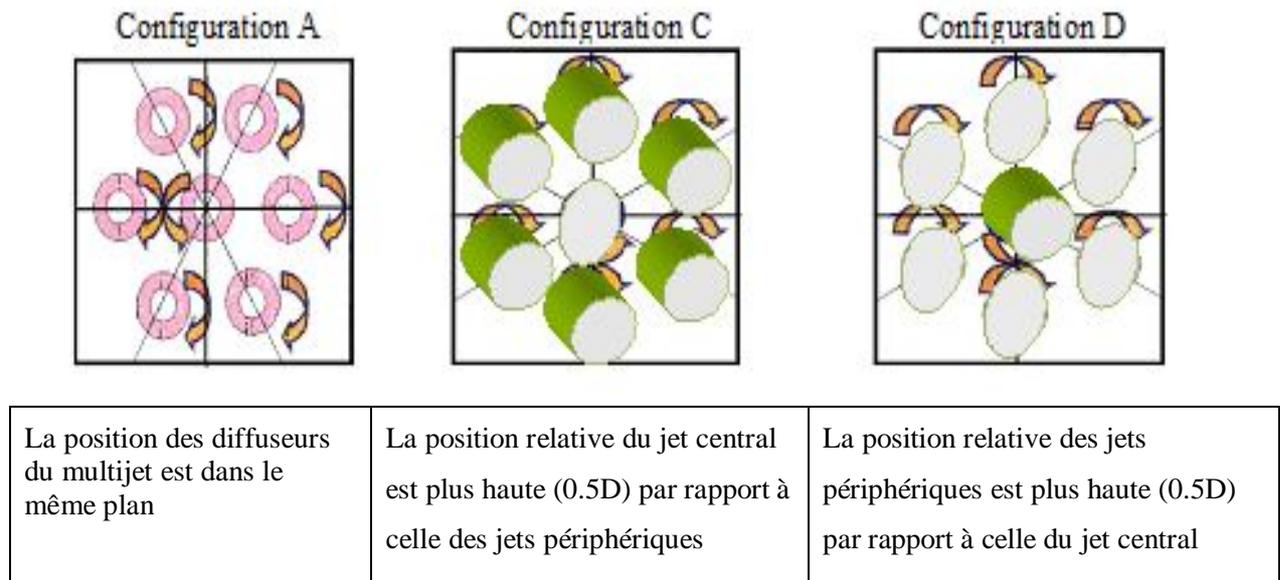


FIG. 3- Configurations étudiées

4-Influence de la position relative des jets latéraux par rapport au jet central

Ile est remarquable de noter que la modification de la position relative des jets latéraux par rapport au jet central a une influence sur la diffusion de l'écoulement. Les résultats (figures 4,5 et 6) montrent que lorsque la position relative des jets périphériques est plus haute de (+ 0.5D) par rapport a celle du jet central (configuration C), la vitesse axiale diminue plus rapidement que dans le cas où la position des diffuseurs du multijet est dans le même plan (configuration A). On augmente ainsi la diffusion latérale, ce qui conduit à

une meilleure homogénéisation. Aussi, on constate que pour le cas de la configuration C, l'épanouissement du jet résultant est plus important par comparaison au cas de la configuration A et de la configuration D, représentée par une position relative des jets périphériques plus haute de $+0.5D$ par rapport à celle du jet central. Ainsi la configuration C permet donc de traiter un grand volume d'air, comme le montre la figure 6, ce qui incite à l'exploiter pour chauffer ou refroidir rapidement des enceintes [6] et [7]. Par contre la configuration A (figure 7 et 8) permet une stabilisation thermique plus importante dans toutes les stations étudiées et une énergie cinétique axiale tendant à se distribuer radialement, d'où l'intérêt à son utilisation dans le cas où l'on désire obtenir un meilleur confort thermique pour les occupants de l'enceinte [8].

Les droites de la figure 9 représentent les enveloppes du jet résultant c'est-à-dire les angles des cônes décrivant chaque configuration d'écoulement. Un générateur de fumées a été utilisé pour délimiter les enveloppes du jet résultant par rapport au milieu ambiant. Aussi, pour affiner les positions de l'interface intermittente entre les deux milieux, un fil de laine fixé en bout d'une longue tige métallique (afin d'éviter de perturber l'écoulement) a été utilisé en complément.

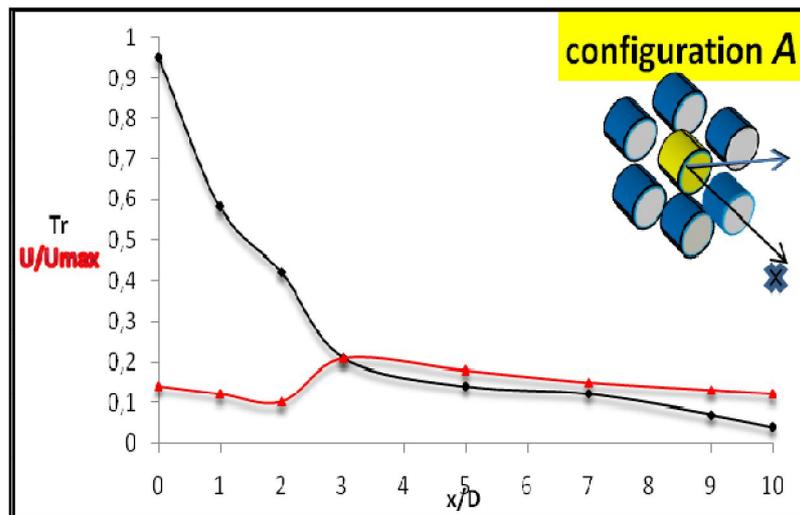


FIG.4 : Profils de température et de vitesse axiale pour la configuration A

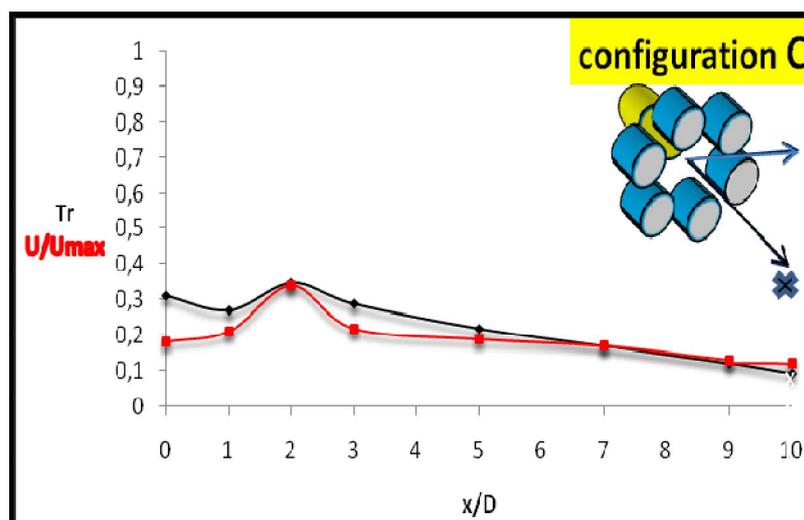


FIG.5 : Profils de température et de vitesse axiale pour la configuration C

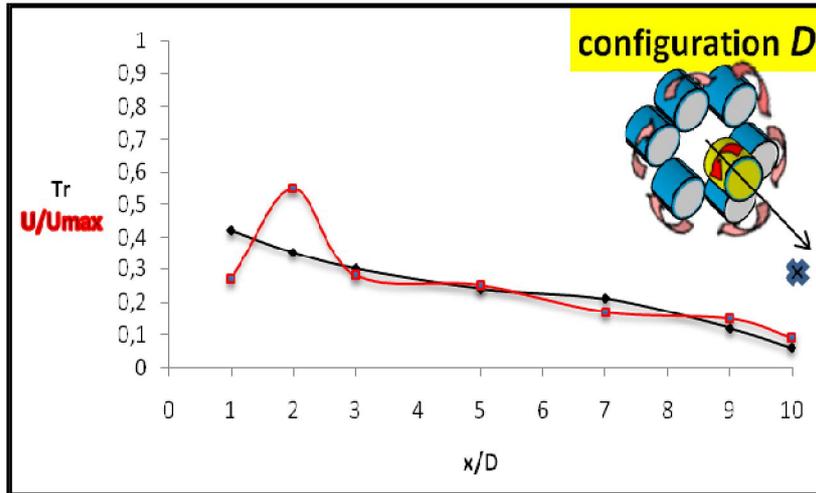


FIG.6 : Profils de température et de vitesse axiale pour la configuration D

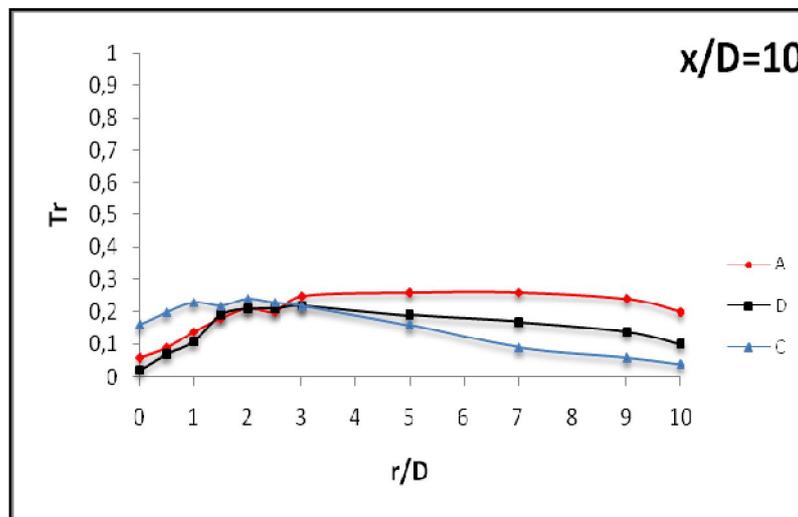


FIG.7 - Profils de températures radiales à x/d=10

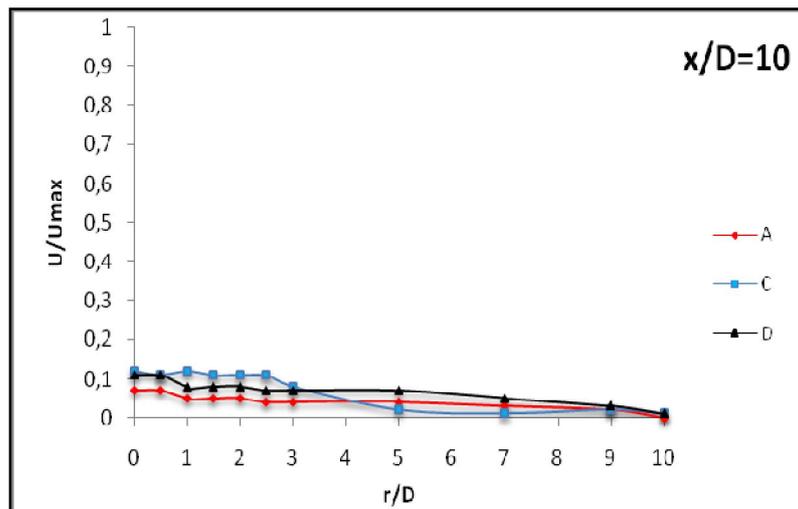


FIG.8 - Profils de vitesses radiales à x/d=10

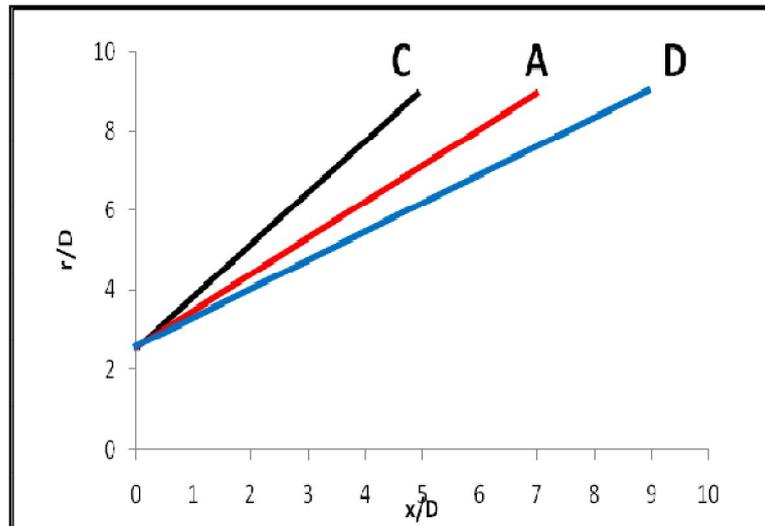


FIG.9- Epanouissement du multijet tourbillonnaire pour les trois configurations étudiées

5-Conclusion :

L'objectif principal de cette étude d'investigation expérimentale vise à rechercher la meilleure configuration du système multijets d'un écoulement tourbillonnaire d'air, permettant l'amélioration de l'homogénéisation thermique et dynamique, en vue de son intégration dans les unités de diffusion d'air utilisées dans les domaines de la ventilation, la climatisation et le conditionnement d'air. L'analyse des configurations étudiées montrent clairement que l'interaction entre les jets tourbillonnaires induit une redistribution de la température dans la zone de mélange, tout en permettant la diffusion du jet qui en résulte. Le jet central contrôle le système de diffusion tourbillonnaire. Il joue donc un rôle important dans l'amélioration de l'homogénéisation de l'écoulement résultant. Selon le cas, on peut soit traiter de grands espaces soit parfaire les conditions de confort pour les occupants des locaux, lorsque ce type de système est utilisé pour le conditionnement d'air. Mais aussi, l'industriel saura bien l'exploiter en vue d'homogénéiser les mélanges dans les enceintes, ou tout type de confinement comme les chambres de combustion.

Références :

- [1] Heitor M. V., Moreira A. L. N., (1992), "On the analysis of turbulent transport processes in non reacting multijet burners flows", *Experiments in Fluids*, 13, pp. 179-189.
- [2] Loukarfi L., Florent P., Bettahar A., Elandaloussi B., (1997), "Quelques configurations de jets triples tourbillonnaires en vue de l'homogénéisation thermique d'une ambiance", 13^{ème} Congrès Français de Mécanique, 1-5 Septembre, pp.71-74, Poitiers, France.
- [3] Loukarfi L., Braikia M., Djafer L., "Amélioration de la qualité des mélanges par multijets rotationnels : résultats de synthèse" CFM 2003, 1-5 septembre 2003, Nice, France.
- [4] Volchkov E.P., "An experimental study of the flow stabilization in a channel with a swirled periphery jet", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43, (2000), pp. 375-386.
- [5] Braikia M., Loukarfi L., Djafer L., "Homogénéisation thermique par multijets rotationnels". CIM 2005 12^{ème} Congrès International de Métrologie 20-24 Juin 2005 Lyon, France.
- [6] Armfield S. W., "Prediction of turbulence quantities for swirling flow in conical diffusers", *AIAA Journal*, Vol. 28, n° 3, mars 1990.
- [7] Braikia M., Loukarfi L., Kellaci A., Djafer L., "Etude des caractéristiques d'un jet hélicoïdal avec obstacle". CFM 2007, 27-31 Août 2007, Grenoble, France.
- [8] Braikia M., Loukarfi L., Djafer L., "Profils de Températures d'un multidiffuseur tourbillonnaire dans une enceinte". 5^{èmes} Journées d'Etudes Techniques, JET'2008, 07-09 Mai 2008, Marrakech, Maroc.