

PRÉFACE

Concevoir une installation de climatisation, au sens de la création d'un climat artificiel apte à répondre à un cahier des charges donné, nécessite le calcul des puissances nécessaires au chauffage, rafraîchissement, ventilation et conditionnement de l'air. Trop souvent le concepteur se limite à ce calcul sans prendre en compte la manière dont l'air traité va être introduit dans le local. Ce local ainsi considéré comme une boîte noire peut alors être le siège d'inconfort thermique. Qui n'a pas changé de place dans une salle de conférence ou de spectacle afin d'éviter une douche d'air froid intolérable ? Peut-on considérer (pour être caricatural) qu'un local traité par un ventilo-convecteur est correctement dimensionné pour une température de 25 °C si le rouleau convectif ne balaye que la moitié du local conduisant à une température de 20 °C dans son voisinage et de 30 °C sur l'autre moitié du local ?

La réglementation thermique française 2000 commence à introduire des notions de confort, avec des perspectives dans l'avenir encore plus contraignantes dans ce domaine.

Le cheminement de l'air dans un local est très difficile à appréhender. Il existe trois approches du problème :

- l'expérience, mais dans le domaine du bâtiment, le prototype est la réalisation définitive et l'expérimentation consiste en général à constater que le système fonctionne ou pas !
- la simulation numérique utilisant des codes de calculs de dynamique des fluides, mais les coûts associés et le haut niveau de qualification que réclame l'utilisation de ces codes font que cette approche est réservée à des réalisations de grande envergure ;
- l'utilisation de formules simplifiées permettant de déterminer les vitesses et températures d'air dans le local, sachant que ces deux paramètres sont déterminants pour l'évaluation du confort.

C'est pour cette dernière approche rapide et simple que l'ouvrage de Daniel Marchal apporte une aide très précieuse. Il fournit en effet des formules pour la plupart des procédés de diffusion d'air permettant de déterminer la portée d'un jet ainsi que la température et la vitesse de l'air diffusé à son arrivée dans la zone d'occupation du local.

Le professionnel pressé pourra directement se reporter aux fiches résumées en annexe 3. Les formules fournies, pour la plupart originales, sont toutefois démontrées rigoureusement dans la première partie et s'appuient sur des résultats expérimentaux ainsi que sur des simulations numériques évoquées en annexe 2. De nombreuses applications numériques traitées dans la deuxième partie viennent illustrer l'utilisation des formules démontrées dans la première.

Grâce à son expérience des problèmes de thermique et aéraulique acquise au sein du CETIAT, Daniel Marchal nous offre un précieux document pour évaluer de façon simple et rapide le confort thermique associé à la plupart des procédés de diffusion d'air.

Alain TRIBOIX

Maître de conférences à l'École Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg

SOMMAIRE

Avant-propos	9
PREMIERE PARTIE : ANALYSE DES ECOULEMENTS	13
1-1 PROPRIETES CLASSIQUES DES JETS D'AIR	15
1.1.1. Propriétés communes à tous les jets d'air dans l'air	15
1.1.2. Jet circulaire libre	18
1.1.3. Jet de paroi plan	18
1.1.4. Jet de paroi radial	19
1.1.5. Conditions de soufflage plus complexes	20
1-2 ADHERENCE D'UN JET S'ECOULANT LE LONG D'UN PLAN	23
1.2.1. Définition de la pression d'adhérence d'un jet	24
1.2.2. Application à l'étude de la stabilité d'un jet de paroi plan non isotherme	30
1.2.3. Adhérence d'un jet isotherme à une surface convexe cylindrique	33
1.2.4. Adhérence du jet froid tridimensionnel	35
1-3 JETS DE RÉVOLUTION AUTOUR D'UN AXE VERTICAL	39
1.3.1. Jet de paroi radial	39
1.3.2. Effet de la pesanteur s'opposant à l'écoulement d'un jet libre circulaire	42
1.3.3. Effet de la mise en rotation de l'air – Association à celui de la pesanteur	46
1-4 EFFETS DU CONFINEMENT	51
1.4.1. Configurations géométriques rencontrées en pratique	51
1.4.2. Equilibre de la température du local dans le cas du soufflage vertical	53
1.4.3. Equilibre de la température dans le cas du soufflage horizontal de plafond	61
1.4.4. Vitesse maximale dans la zone occupée	64
DEUXIEME PARTIE : CONCEPTION DES SYSTEMES	69
2-1 SYSTEMES A JETS LINEAIRES DE PLAFOND	71
2.1.1. Différents arrangements possibles	71
2.1.2. Fonctionnement en régime de chauffage	73
2.1.3. Fonctionnement en régime de rafraîchissement	75
2.1.4. Applications numériques	76
2-2 SYSTEMES UTILISANT DES DIFFUSEURS A AXE VERTICAL	87
2.2.1. Adhérence du jet froid au plafond	88
2.2.2. Champ de vitesse du jet libre	90
2.2.3. Applications	91
2-3 SYSTEMES UTILISANT DES JETS VERTICAUX ASCENDANTS	95
2.3.1. Modes de fonctionnement	95
2.3.2. Conditions nécessaires pour un fonctionnement satisfaisant	96
2.3.3. Applications numériques	98
SYMBOLES ET UNITÉS	105
ANNEXE 1 : NOTIONS ET CRITÈRES DE CONFORT THERMIQUE	107
ANNEXE 2 : PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA SIMULATION NUMÉRIQUE DES ÉCOULEMENTS	111
ANNEXE 3 : FORMULAIRE RÉSUMÉ	117
BIBLIOGRAPHIE	125