



## 0. Préambule

Diffusion de l'air dans les bâtiments : enjeux, techniques et solutions selon HALTON

La diffusion de l'air joue un rôle clé dans le confort et la qualité de l'air intérieur. Qu'il s'agisse de bureaux, d'espaces tertiaires ou d'environnements spécifiques, le choix des diffuseurs, la conception du réseau de distribution et les stratégies de diffusion ont un impact direct sur la performance énergétique et le bien-être des occupants.

Lors de notre conférence sur la diffusion de l'air du 3 Mars 2025 à l'INSA de Rouen, nous avons exploré les principes fondamentaux, les différentes techniques de diffusion et les critères essentiels pour concevoir des solutions efficaces et adaptées à chaque environnement. Un sujet passionnant qui mêle physique des écoulements, confort thermique et optimisation énergétique !

## 1. Enjeux de la diffusion de l'air

Dans un bâtiment, la diffusion de l'air remplit deux fonctions essentielles :

- **Assurer le confort thermique** des occupants en maîtrisant la température et l'humidité.
- **Garantir une bonne qualité de l'air intérieur** en évacuant les polluants et le CO<sub>2</sub>, en assurant un renouvellement efficace de l'air.

Plusieurs paramètres influencent la performance de la diffusion d'air :

- **Le Delta T (écart de température entre l'air soufflé et l'air ambiant)**  
Un choix adapté du type de diffuseur en fonction du Delta T permet d'éviter les courants d'air désagréables et la stratification thermique.
- **La conception du réseau de gaines**  
Une architecture optimisée des conduits assure une répartition homogène du débit d'air (équilibre aéraulique) et limite les nuisances acoustiques.

- **Le type de diffuseur**

Son influence sur la vitesse, le mélange et la portée du flux d'air est déterminante. Un diffuseur bien choisi permet de maintenir un bon niveau de confort thermique en respectant les indices PMV-PPD et en limitant les vitesses d'air résiduelles dans la zone d'occupation (norme EN 16798-3).

Une diffusion d'air bien pensée est un équilibre entre performance énergétique, confort des occupants et qualité de l'air intérieur.

## 2. Notions élémentaires de la diffusion de l'air

La diffusion de l'air est régie par quelques notions élémentaires, à savoir :

### Effet Coanda

- L'effet Coanda permet au jet d'air de longer les parois et le plafond sur une plus grande distance. Ce phénomène est dû à une induction externe unilatérale (du bas vers le haut), qui améliore la portée du jet et favorise un meilleur mélange de l'air.
- Il est largement exploité dans plusieurs types de diffuseurs : poutres climatiques hybrides (avec façade rayonnante) et standards, diffuseurs linéaires, plafonniers, grilles et buses à haute induction.

### Zone d'occupation

- La norme **EN 13779** définit les limites de la zone d'occupation afin de garantir un confort optimal et une qualité d'air adaptée aux occupants.
- Le respect des critères de confort est essentiel dans cette zone, qui sert de base pour le dimensionnement des systèmes de diffusion d'air.
- En général, elle est délimitée par :
  - Un plan horizontal situé à **1,8 m du sol**.
  - Des plans verticaux placés à **0,50 m des parois**.

### Portée minimale et maximale de diffusion

- **Portée minimale :**
  - Correspond à la distance nécessaire pour éviter la présence d'obstacles perturbant le flux d'air.
  - Définie comme la longueur (ou le rayon) de la veine d'air garantissant une vitesse résiduelle dans la zone d'occupation comprise entre **0,25 et 0,10 m/s**.
  - La distance minimale entre deux diffuseurs doit être d'au moins **2 fois la portée minimale**.
- **Portée maximale :**
  - Détermine la surface maximale couverte par un diffuseur.
  - Au-delà de cette portée, il est nécessaire d'ajouter un diffuseur supplémentaire.
  - Correspond à une diffusion assurant une vitesse terminale de **0,10 à 0,25 m/s**.
  - Varie en fonction de l'écart de température entre l'air soufflé et l'ambiance. Les données de portée sont généralement communiquées en **conditions isothermes**.

On distingue 3 types de diffusion : la diffusion par mélange, le déplacement d'air et la diffusion par flux laminaire.

### 3. Types de diffusion d'air

#### 3.1. Diffusion par mélange

**Principe :** L'air est soufflé à **haute vitesse** dans le local, entraînant un **brassage dynamique** avec l'air ambiant par **induction externe**.

#### Avantages

- Assure une **homogénéité thermique** efficace.
- Adapté aux **espaces à forte charge thermique** et à **occupation variable**.
- Permet des **écarts de température soufflage-reprise importants**, en fonction du type de diffuseur.

#### Inconvénients

- **Dispersion des polluants** dans l'air ambiant.
- **Risque de courants d'air** en cas de choix inadapté du diffuseur vis-à-vis du conditionnement d'air.

#### Diffuseurs à fentes, plafonniers et grilles

- Adaptés aux environnements avec un **delta T soufflage-ambiance de +/- 12 °C**.
- L'**effet Coanda** est garanti si la **hauteur critique d'installation** est respectée, optimisant ainsi la **portée minimale et maximale du jet d'air**.

#### Diffuseurs hélicoïdaux

- Génèrent un **jet à haute vitesse**, favorisant une **forte induction externe** et un **mélange efficace** du volume d'air. Adaptés aux **locaux à grande hauteur** : halls, auditoriums, salles de conférence.

#### Diffuseur à induction

- **Principe**
  - L'air est soufflé à haute vitesse, créant une **aspiration d'air ambiant** dans le jet, améliorant ainsi l'**efficacité du mélange** et la **diffusion homogène**.
  - Fonctionnement similaire à la diffusion par mélange, avec une **meilleure performance en termes d'induction et de brassage**.
- **Applications**
  - **Poutres climatiques (hybrides ou non) :**
    - Exploitent l'**effet Venturi** pour améliorer l'induction et les performances énergétiques.
    - **Hybride : Façade perforée rayonnante** permettant de **maintenir une température stable** dans des locaux inoccupés sans apport d'air hygiénique, optimisant ainsi le bilan énergétique et le calcul **RE2020**.
  - **Diffuseurs à induction interne :**

- Conçus pour les locaux nécessitant **un fort taux de brassage** (ex. laboratoires, environnements nécessitant une forte homogénéité thermique).

### 3.2. Diffusion par déplacement

**Principe :** L'air est diffusé à **faible vitesse** ( $\leq 0,25$  m/s) au niveau du sol ou des parois. L'air frais, plus dense, **remplace naturellement l'air chaud et pollué**, créant une **stratification verticale**.

#### Avantages

- **Amélioration de la qualité de l'air :** les polluants et l'air chaud sont évacués vers le haut.
- **Confort thermique :** faible vitesse de soufflage, évitant les **courants d'air désagréables**.
- **Optimisation énergétique :** seul l'air de la **zone d'occupation** est traité, réduisant la consommation d'énergie.

#### Inconvénients

- **Chauffage impossible** avec ce mode de diffusion.
- **Portée limitée** (8 à 10 m) → nécessite une **disposition optimisée** des diffuseurs.

#### Applications types

- **Bâtiments à grande hauteur** (aéroports, opéras, amphithéâtres, salles d'audience, atriums) : stratification thermique efficace et confort acoustique amélioré.

### 3.2. Diffusion par flux laminaire

**Principe :** L'air est introduit de manière uniforme et unidirectionnelle, généralement du plafond vers le sol, à faible vitesse (0,2 à 0,45 m/s).

#### Avantages :

- Cette méthode limite quasiment tout mélange avec l'air ambiant, permettant ainsi à l'air neuf de remplacer progressivement l'air existant. Cela crée un environnement avec peu de turbulence.
- La reprise de l'air est généralement située en partie basse de la pièce, garantissant une évacuation efficace des contaminants.

#### Inconvénients :

- Sa mise en œuvre peut être complexe et elle est principalement adaptée aux espaces confinés nécessitant un contrôle strict du flux d'air.

## Applications typiques :

- La diffusion par flux laminaire est couramment utilisée dans des environnements où la qualité de l'air doit être particulièrement élevée, tels que les salles blanches, les blocs opératoires, certains laboratoires ou encore les stands de tir.

## 4. Sélection et Dimensionnement des Diffuseurs

### 4.1 Critères de Choix des Diffuseurs

#### 1. Portée minimum et maximum

- La portée détermine la capacité du jet d'air à couvrir la distance nécessaire pour garantir un mélange efficace du volume d'air.
- Un choix inapproprié de la portée peut entraîner des sensations d'inconfort pour les occupants (vitesses résiduelles dans la zone d'occupation) et créer des zones qui échappent au mélange de l'air hygiénique.

#### 2. Delta T

- Un delta T trop élevé peut entraîner un inconfort thermique.
- Un delta T trop faible limite la portée du jet et diminue l'efficacité du système de diffusion.

#### 3. Brassage et effet Coanda

- Il est essentiel d'adapter le type de diffuseur en fonction du volume d'air à brasser, en tenant compte de l'effet Coanda pour optimiser la diffusion.

#### 4. Reprise d'air vicié

- La reprise d'air est cruciale pour évacuer l'air pollué et maintenir une pression équilibrée dans le local.
- Une reprise basse est plus efficace, car l'air chaud et pollué a tendance à monter.
- **Attention** : une bonne reprise ne compensera pas une mauvaise diffusion.
- **Exemple** : Il est plus facile de diriger un jet d'air en soufflage qu'en reprise : on peut éteindre une bougie en soufflant dessus, mais pas en aspirant.

### 4.2 Logiciel de Sélection

L'utilisation d'outils de simulation, tels que **HALTON ehit**, permet de déterminer les paramètres essentiels pour une sélection optimale du diffuseur :

- **Portée adaptée au local.**
- **Vitesse de l'air au niveau des occupants** (inférieure à 0,25 m/s).
- **Impact du delta T sur le confort thermique.**

**Halton eHit** (disponible sans téléchargement ni création de compte) est un outil de sélection pratique qui fournit des fiches techniques et des modèles 3D AutoCAD gratuits. Vous pouvez y accéder via ce lien : <https://ehit.halton.com/FR/>.

## 5. Dimensionnement du réseau de distribution

### Conception du Réseau de Gaines

- Les pertes de charge dans les gaines sont directement proportionnelles au carré de la vitesse de l'air. Par conséquent, doubler la vitesse augmente la perte de charge singulière par un facteur de quatre.
- Il est crucial d'équilibrer le débit dans chaque branche du réseau pour éviter :
  - La perte de débit dans les zones moins favorisées.
  - La surconsommation d'énergie du ventilateur.
  - Les vitesses d'air recommandées sont comprises entre 1,5 et 4 m/s dans les conduits situés dans des zones sensibles au bruit, et entre 7 et 8 m/s dans les gaines principales de distribution.
- Le dimensionnement de la puissance de la Centrale de Traitement d'Air (CTA) doit être effectué en tenant compte de la branche la plus défavorisée du réseau aéraulique :
  - Cela n'est pas nécessairement le cas du RDC (effet de rebond).
  - Il est conseillé de prévoir une perte de charge de 1 Pa par mètre linéaire de gaine pour le dimensionnement de la CTA.
  - Les coudes à 90° doivent être évités, particulièrement à haute vitesse (les pertes de charge peuvent varier de 20 à 40 Pa pour des vitesses de 6 à 8 m/s).
- Il est recommandé de favoriser les réductions de gaines pour maintenir une vitesse d'air comprise entre 1,5 et 4 m/s, afin de conserver une dynamique d'air optimale. Cela permet également :
  - De réduire les coûts.
  - D'éviter des réductions trop brusques pour limiter les turbulences, en particulier au niveau des appareils de mesure.

**Attention :** Veillez à bien considérer la hauteur statique du bâtiment, surtout pour les grandes tours, car elle peut impacter la puissance nécessaire du ventilateur de la CTA.

## Conclusion

La diffusion de l'air représente un équilibre entre confort, efficacité énergétique et qualité de l'air. Les solutions **HALTON** offrent une flexibilité permettant d'adapter la diffusion en fonction des spécificités de chaque bâtiment :

- **Diffusion par mélange** : Offre une couverture uniforme, mais présente le risque de pollution croisée entre les zones.
- **Diffusion par induction (poutres)** : Garantit un mélange performant et un confort optimal, bien qu'elle nécessite un circuit d'eau. Elle peut également être utilisée pour le **free-cooling**. Il est possible de combiner diffusion par induction et rayonnement pour améliorer les performances énergétiques, via des **poutres hybrides**.
- **Diffusion par déplacement** : Assure une qualité de l'air optimale, mais avec une portée limitée.
- **Diffusion par flux laminaire** : Permet un remplacement efficace de l'air ambiant avec un faible niveau de turbulence, idéal pour des environnements nécessitant un contrôle strict de la qualité de l'air, comme les salles blanches ou les blocs opératoires.

Une conception soignée du réseau de distribution, un choix réfléchi des diffuseurs et un dimensionnement précis du ventilateur sont des éléments essentiels pour garantir une diffusion d'air efficace et un confort durable.