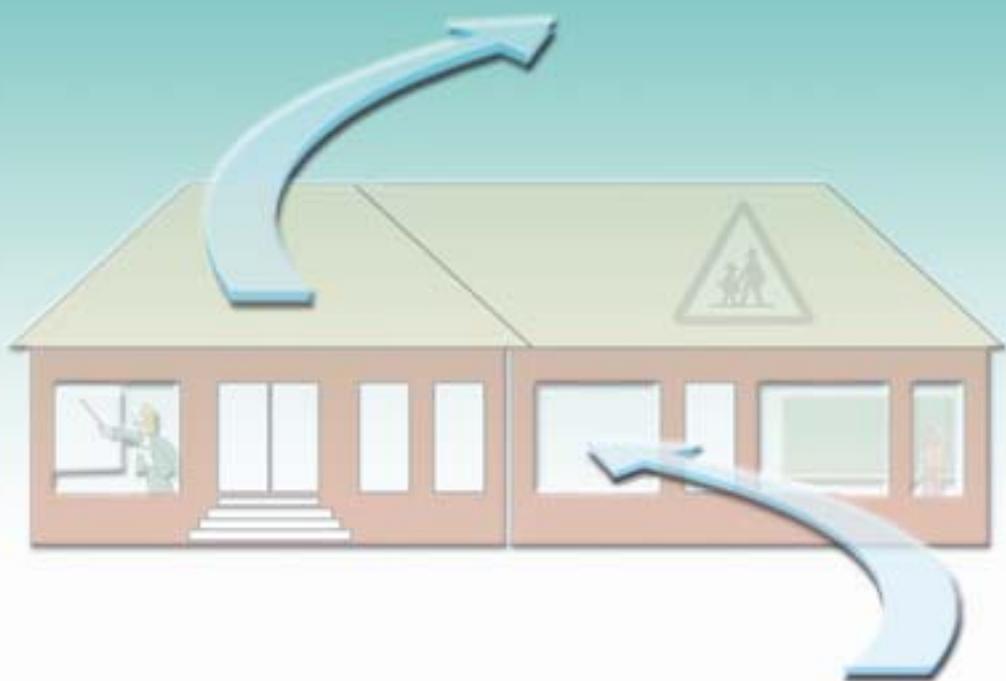


# VENTILATION PERFORMANTE DANS LES ÉCOLES

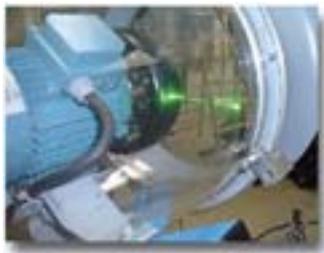
Guide de conception



 **CETIAT**

## OPTIMISEZ LA VENTILATION !

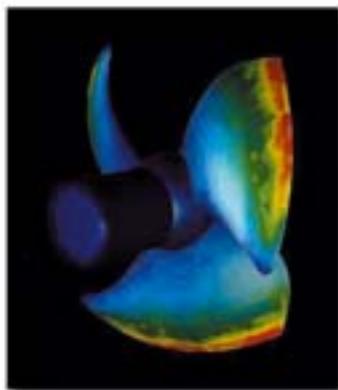
### Le CETIAT met à votre service :



- ✓ des moyens d'essai
- ✓ des études d'aide à la conception
- ✓ des formations
- ✓ la métrologie, l'expertise et le contrôle

### dans nos domaines d'excellence :

- ✓ Gestion de l'Air (mécanique des fluides, filtration et traitement de l'air, régulation...),
- ✓ Qualité des Ambiances (confort acoustique et thermique, Qualité d'Air Intérieur).



Visitez  
notre site internet  
[www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)



CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AÉRAULIQUES ET THERMIQUES

# OBJECTIF

Ce guide est un outil destiné aux maîtres d'ouvrages, architectes, bureaux d'études, installateurs, sociétés de maintenance et gestionnaires des établissements scolaires, de la maternelle au lycée, en passant par les écoles primaires et collèges. Dans le guide, ces différents établissements seront tous appelés **écoles**.

Le guide a pour objectif d'aider à concevoir les installations de ventilation de ces établissements, de façon à ce que les résultats obtenus principalement sur les plans de la qualité de l'air et de la maîtrise de l'énergie soient conformes aux besoins et durables, c'est à dire de façon à obtenir une **ventilation performante**.

Le guide est principalement orienté vers la **conception** de la ventilation (prise en compte des besoins des écoles, choix de solutions de ventilation adaptées) mais il donne également quelques conseils de mise en œuvre et de suivi des installations de ventilation.

# REMERCIEMENTS

Ce guide a été rédigé avec la collaboration de :

Christian BARBARIN (ANJOS)  
Martine BIANCHINA (UNELVENT)  
Maurice CHIESA (ATLANTIC)  
Roger CONCHE (FRANCE AIR)  
Patrick COULPIN (VIM)  
Olivier KRIKORIAN (ASTATO)  
Xavier PELLETER (ALDES)  
Emmanuel RUTMAN (CIAT)  
Anne-Marie BERNARD (CETIAT)

Tous nos remerciements vont à Pierre BARLES (PBC) pour sa rédaction et à Laetitia BRON (Favacom) pour les illustrations.

Nous remercions particulièrement pour leur participation financière la Commission Technique Ventilation du CETIAT, ALDES, ANJOS, ASTATO, ATLANTIC, CIAT, VIM, UNELVENT

# SOMMAIRE

<b>Problématique dans les écoles</b>	<b>3</b>
Des locaux " variés "	3
Des pollutions intérieures " particulières "	4
<b>Principaux critères à prendre en compte</b>	<b>8</b>
Qualité d'air et hygiène	8
Confort hygrothermique	12
Efficacité de ventilation	14
Confort acoustique	15
Maîtrise de l'énergie	16
<b>Principales solutions de ventilation</b>	<b>18</b>
Ventilation mécanique simple flux par extraction	18
Ventilation mécanique simple flux par insufflation	20
Ventilation mécanique double flux	21
Remarque sur les systèmes de conditionnement d'air	22
<b>Sélection d'une solution adaptée</b>	<b>23</b>
Critères de choix	23
Solution globale pour l'école	26
<b>Installation et suivi</b>	<b>27</b>
Règles d'installation	27
Réception	27
Formation des utilisateurs	28
Maintenance	28
<b>Références</b>	<b>29</b>

# PROBLÉMATIQUE DANS LES ÉCOLES

En général, les écoles comprennent différentes catégories de locaux, aux destinations particulières (salles de classe, bureaux, cuisine, restaurant, ...), occupés soit par les élèves principalement et souvent en grand nombre, soit par des salariés principalement. De ces locaux " variés " émergent des besoins variés, des pollutions " particulières ", que les installations de ventilation devront traiter afin de garantir des conditions d'hygiène et de santé pour les occupants.

## Des Locaux " variés "

Les salles de classe accueillent en général une trentaine d'élèves en même temps avec un professeur ; avec un renouvellement de l'effectif toutes les heures ou toutes les deux heures en moyenne. C'est sans doute le local qui est le plus " sensible " et le plus délicat à traiter.

C'est un lieu qui doit être

- confortable car la plupart des occupants sont immobiles,
- avec une bonne QAI (Qualité de l'Air) pour la santé (prolifération microbienne) et la concentration intellectuelle des occupants,
- calme (au niveau acoustique en particulier).

C'est aussi un lieu caractérisé par un fort taux d'occupation au m<sup>2</sup>.

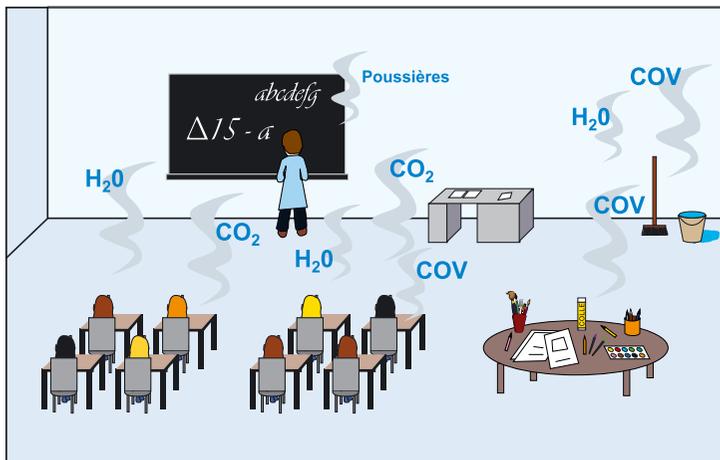
A côté des salles de classes, pour les besoins des élèves se trouvent les locaux de type bibliothèque ou centre de documentation et d'information (CDI), à taux d'occupation très variables ; les locaux médicaux (bureau du médecin, infirmerie, vestiaire), peu souvent occupés ; les sanitaires (utilisés aux récréations principalement).

La partie administrative est en général composée de bureaux (occupés toute la journée), archives (très peu occupées), salle des professeurs (occupation très variable), sanitaires. L'activité de tous ces locaux est typiquement celle de " bureaux ".

Enfin, la plupart des écoles (à partir de quelques classes) comprennent une salle de restaurant et une cuisine.

A cela, il faudrait ajouter les salles de sports, qui rentrent aussi dans le cadre de l'établissement scolaire ; mais elles sont souvent dans des bâtiments séparés et traitées, de fait, séparément. Le présent guide n'en traite pas spécifiquement.

## Des Pollutions Intérieures “ particulières ”



### Taux de CO<sub>2</sub> élevé

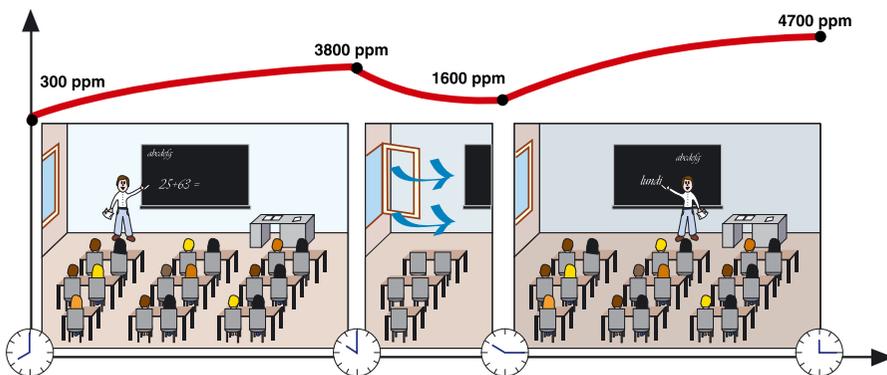
Le taux de CO<sub>2</sub> dans l'air intérieur d'un local peut être considéré comme un bon indicateur de la pollution intérieure liée aux occupants.

La limite de concentration de 1000 ppm de CO<sub>2</sub> à ne pas dépasser dans les locaux est couramment admise pour définir les débits de renouvellement d'air réglementaires [RSDTYP] [CDTRAV] (Attention, la concentration de CO<sub>2</sub> de l'air extérieur peut varier sensiblement suivant le lieu considéré ; le projet d'ISO TC 205 sur la qualité de l'air intérieur parle d'une limite de 700 ppm au dessus de la concentration extérieure [ISO205]).

Le taux de CO<sub>2</sub> dans les salles de classe, peut atteindre des valeurs importantes, en particulier dans les écoles non ventilées mécaniquement [RICH93] (des concentrations atteignant 7000 ppm ont été mesurées au bout de trois heures de cours dans des salles non ventilées).

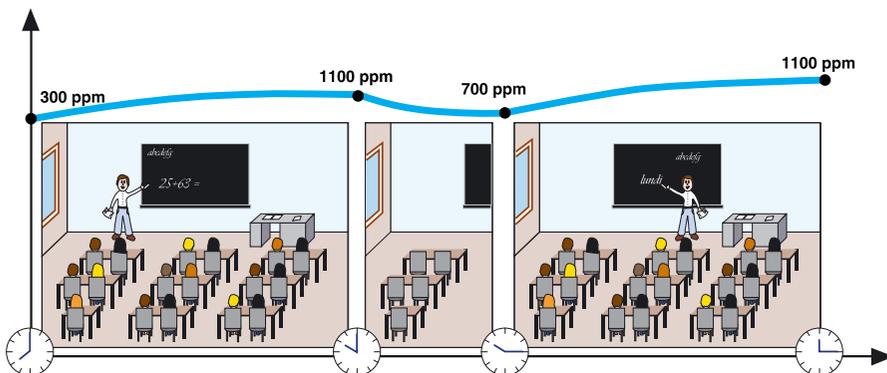
## Exemple d'évolution de concentration en CO<sub>2</sub> :

Classe de 25 élèves, 2h cours -> 1/4h intercour -> 2h cours



### Cas " sans ventilation " : infiltrations 0.2Vol/h (intercours 4Vol/h)

Remarque : sans aération à l'intercours, on atteindrait la valeur de 6200 ppm au bout de la période considérée (4h15).



### Cas " avec ventilation " : 18m<sup>3</sup>/h/pers->2.6Vol/h (en permanence)

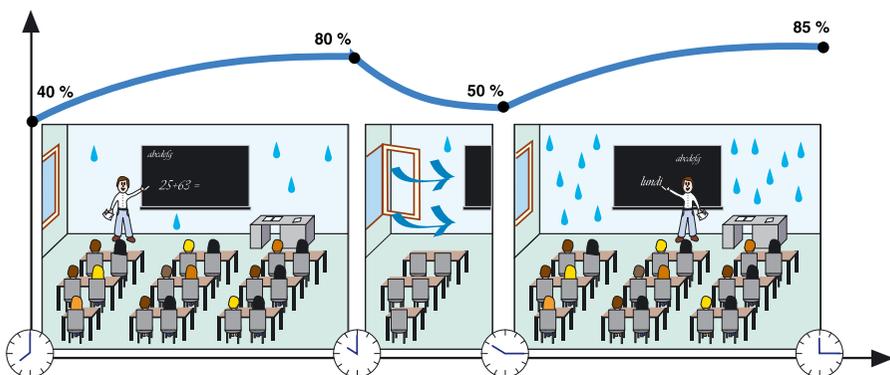
Attention : des taux élevés de CO<sub>2</sub> (5000, 10000 ppm,...) peuvent entraîner des migraines, sensations d'étouffement, nausées. Les conséquences sur la santé et le travail des élèves et professeurs ne sont pas négligeables.

## Dégagement important de vapeur d'eau

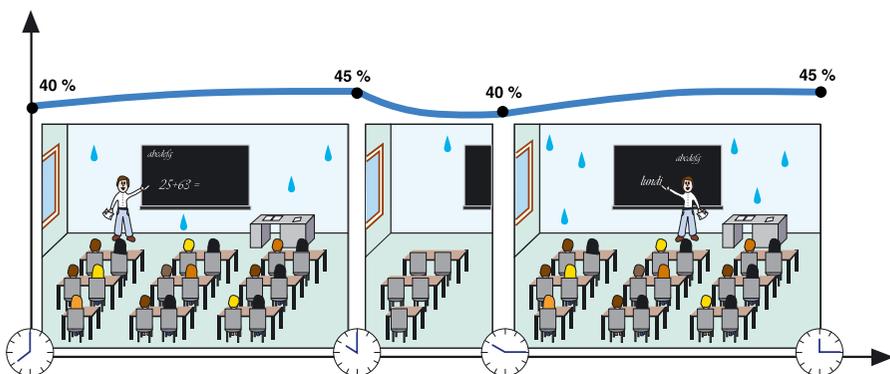
Dans une salle de classe, où 20 à 30 élèves sont présents simultanément, la génération d'eau sous forme de vapeur peut être de l'ordre de 1kg/h (variable suivant la saison).

La plage couramment admise pour les variations d'humidité relative intérieure, permettant à la fois un bon confort hygrothermique et une préservation du bâti est d'environ : 35% à 65%. En dessous de 30% l'air devient trop sec, au dessus de 70% l'air devient trop humide.

Reprenons dans l'exemple précédent (en négligeant absorption/désorption dans les parois et le mobilier, et en conditions climatiques de type " hiver ") :



Cas " sans ventilation " : infiltrations 0.2Vol/h (intercours 4Vol/h)



Cas " avec ventilation " :  $18\text{m}^3/\text{h}/\text{pers} \rightarrow 2.6\text{Vol/h}$  (en permanence)

## Autres émissions de polluants : odeurs, bactéries, COV...

Les émissions d'odeurs, en particulier les odeurs corporelles, sont importantes dans une salle de classe ; elles varient suivant la saison, suivant la température des locaux. S'il existe, certes, une accoutumance aux odeurs pour les personnes demeurant un certain temps dans l'ambiance, il ne faut pas oublier d'une part les différentes sensibilités des individus et d'autre part le fait que les personnes entrant dans l'ambiance, par exemple pour le cours suivant, peuvent être très gênées, si l'aération est insuffisante.

La génération de bactéries et autres champignons peut s'avérer plus problématique. Des analyses microbiologiques réalisées dans plusieurs écoles ont montré des charges fongiques et bactériennes parfois importantes [RICH93].

Enfin, dans les locaux scolaires, différents composés organiques volatils (COV), issus des produits de nettoyage, des outils scolaires (encres, colles, peintures,...), du mobilier sont régulièrement générés. Le cas des produits de nettoyage en particulier peut être sensible et nécessiter de ventiler notablement les locaux après le ménage, matin ou soir, et en tous cas avant l'arrivée des élèves.

Actuellement, les réglementations de différents pays commencent à imposer des limites à respecter pour les concentrations des polluants de types : COV, radon, poussières, formaldéhyde, etc... [IEAA36]. Des valeurs seuil sont également éditées par l'OMS lorsque le risque sanitaire est avéré.

# PRINCIPAUX CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE

Les principaux critères à prendre en compte pour la conception de la ventilation d'une école sont liés aux besoins des occupants (qualité d'air et hygiène), aux nécessités de maintenir des conditions ambiantes confortables (confort hygrothermique, confort acoustique), aux impératifs économiques (coûts d'investissement et de fonctionnement).

Le présent guide ne traite pas des exigences spécifiques liées à la sécurité incendie, qui doivent bien évidemment être respectées scrupuleusement [SECURI] lors de la conception de la ventilation.

## Qualité d'air et hygiène

Exigences réglementaires :

- Règlement Sanitaire Départemental Type (concerne le personnel non salarié) [RSDTYP],
- Code du Travail (concerne le personnel salarié) [CDTRAV],

définissent :

- les différents types de locaux : à pollution non spécifique ou à pollution spécifique ;
- les débits à prendre en compte dans les différents locaux ;
- certaines règles générales : balayage, intermittence, filtration, ouverture des fenêtres,...

La nouvelle réglementation thermique [RT2000], prend en compte ces exigences.

## Répartition des locaux par type d'activité

Locaux à pollution non spécifique : la pollution est liée à la seule présence humaine, à l'exception des locaux sanitaires ; sont compris aussi les circulations, archives,...

Locaux à pollution spécifique : cuisines, salles d'eau, cabinets d'aisances et tous autres locaux où existent des émissions de produits gênants ou nocifs autres que ceux liés à la seule présence humaine.

Dans les écoles, ces deux catégories de locaux sont présentes.

## Débits d'air réglementaires dans les locaux

Local	Débit d'air neuf à introduire [RSDTYP]	Catégorie (pollution S ou NS)	Occupation :	
			Taux	Fréquence
Salle de classe de maternelle, primaire, collège (sauf ateliers)	15 m <sup>3</sup> /h/pers.	NS	***	***
Salle de classe de lycée (sauf ateliers)	18 m <sup>3</sup> /h/pers.	NS	***	***
Bibliothèque, CDI	18 m <sup>3</sup> /h/pers.	NS	*	**
Bureaux	25 m <sup>3</sup> /h/pers.	NS	***	***
Salle de réunions, professeurs	18 m <sup>3</sup> /h/pers.	NS		**
Salle d'ens. pratique, ateliers,...	45 m <sup>3</sup> /h/pers.	S	***	**
Infirmierie	18 m <sup>3</sup> /h/pers.	S	*	**
Cabinet d'aisance isolé	30 m <sup>3</sup> /h/local	S		**
Cabinets d'aisances groupés (N)	30+15xN m <sup>3</sup> /h	S		**
Salle à manger	22 m <sup>3</sup> /h/pers.	NS	***	*
Cuisine : moins de 150 repas	25 m <sup>3</sup> /h/repas	S	***	*
Cuisine : de 150 à 500 repas	20 m <sup>3</sup> /h/repas	S	***	*
Archives, dépôts,...	*	NS	*	**
Couloirs, circulations	*	NS		**

\* pas d'exigence de débit mais ces locaux doivent être ventilés par l'intermédiaire des locaux adjacents sur lesquels ils ouvrent.

Locaux à pollution spécifique (S) ou non spécifique (NS).

Le type d'occupation (utile pour la régulation et la gestion) est précisé à l'aide de deux paramètres :

- taux d'occupation : variable () , nominal (maximal) (\*\*\*), faible (\*) ;
- fréquence d'occupation : pratiquement tout le temps (\*\*\*), de temps en temps (\*\*), pendant un temps donné (\*).

Exemples de débits à mettre en œuvre dans un collège type :

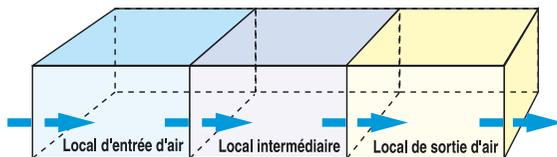
Local	Débit (détail de calcul)	Débit (résultat) (m <sup>3</sup> /h)
10 salles de classe (10x30 élèves)	10x30x15	4500
2 sanitaires élèves (2x10)	2x(30+15x10)	360
5 bureaux (3x1pers., 2x3pers.)	(3x25) + (2x3x25)	225
2 sanitaires administration (2x2)	2x(30+15x2)	120
Salle des professeurs (10 pers.)	10x18	180
Bibliothèque (15 pers.)	15x18	270
Infirmierie (3 pers.)	3x18	54
Restaurant (100 pers.)	100x22	2200
Cuisine (200 repas)	200x20	4000

En règle générale, pour répondre aux besoins des différents locaux, plusieurs systèmes de ventilation sont à prévoir (cf. ci-après " Solution globale pour l'école ").

## Quelques règles de ventilation, dans les textes

### • Règle du " balayage " :

[CDTRAV] " L'air provenant de locaux à pollution non spécifique peut être admis dans les locaux à pollution spécifique " ; [RSDTYP] " l'air provenant des locaux à pollution non spécifique peut éventuellement traverser ensuite d'autres locaux, si ceux-ci sont : des locaux de circulation, des locaux peu occupés (archives, dépôts), des locaux à pollution spécifique " .



### Attention :

- " Lorsque le local à pollution spécifique est ventilé par l'intermédiaire d'un local à pollution non spécifique (ou des circulations), le débit à prendre en considération doit être égal à la plus grande des deux valeurs... " .
- Pour être efficace, le balayage ne doit pas être perturbé par des entrées ou sorties d'air parasites (portes ouvertes, fuites,...) .
- Certaines nécessités d'isolement au bruit entre locaux ou des taux de renouvellement d'air importants peuvent limiter l'application de cette règle.

- **Aération par ouverture des fenêtres :**

[RSDTYP] " La ventilation des locaux peut être soit mécanique ou naturelle par conduits, soit naturelle pour les locaux donnant sur l'extérieur, par ouverture de portes, fenêtres ou autres ouvrants ".

[CDTRAV] " L'aération exclusive par ouverture de fenêtres ou autres ouvrants donnant directement sur l'extérieur est autorisée si le volume par occupant est égal ou supérieur à : a) 15m<sup>3</sup> pour les bureaux ainsi que pour les locaux où est effectué un travail physique léger, b) 24m<sup>3</sup> pour les autres locaux ".

**Attention** : L'aération par ouverture des fenêtres ne permet pas une ventilation correcte des locaux en toute circonstance ; aucune maîtrise des débits de renouvellement d'air n'est possible avec un tel dispositif. Les exigences de " volume/occupant " du Code du Travail et du Règlement Sanitaire Départemental Type interdisent de fait l'aération par ouverture des fenêtres dans de nombreux locaux des bâtiments d'enseignement, notamment du fait de la réduction du volume des salles.

- **Recyclage et filtration :**

L'air envoyé après recyclage dans les locaux à pollution non spécifique doit être filtré.

**Attention** : L'air recyclé n'est pas pris en compte pour le calcul du débit minimal d'air neuf réglementaire. Des préconisations particulières de filtration sont données lorsque l'introduction de l'air est mécanique (ventilation par insufflation, ventilation double flux) : [RSDTYP] Air neuf / 90% gravimétrique (classe G4 selon la norme EN779) ; [CDTRAV] Air recyclé / 50% opacimétrique (classe F5 selon la norme EN779) . Des recommandations plus fortes existent (exemple : UNICLIMA filtration en deux rangs de classe F7).

- **Locaux à taux d'occupation variable et/ou à occupation épisodique :**

[RSDTYP] " Si l'occupation des locaux est très variable, la ventilation modulée ou discontinue est admise sous réserve que la teneur en CO<sub>2</sub> ne dépasse pas les valeurs limites réglementaires ". " En cas d'inoccupation des locaux, la ventilation peut être arrêtée ; elle doit, cependant, être mise en marche avant occupation des locaux et maintenue après celle-ci pendant un temps suffisant. "

[RT2000] " La ventilation de locaux ou de groupes de locaux ayant des horaires d'occupation ou d'émission de polluants nettement différents doit être assurée par des systèmes de ventilation indépendants ". " La ventilation par dispositifs spécifiques doit pouvoir être arrêtée en cas de non-occupation ou de non-pollution des locaux ".

## Confort hygrothermique

Les caractéristiques de température, vitesse et taux d'humidité de l'air introduit, influencent le confort hygrothermique dans le local.

### Température et vitesse d'air

Dans une école, l'introduction de l'air pose principalement des difficultés dans les salles de classe, les restaurants et les cuisines, à cause des débits élevés à mettre en œuvre et des températures basses de l'air neuf en hiver, lorsque celui-ci n'est pas préchauffé. Les autres locaux posent a priori moins de difficultés vis à vis du confort.

La vitesse de l'air introduit dans un local, conjuguée à sa température initiale pour former un " jet d'air " plus ou moins chaud ou froid, peut conduire à différentes situations dans la zone d'occupation du local, et influencer le confort et la qualité de l'air [UNIDIF].

En hiver, l'air neuf amené dans une salle de classe, peut être :

- " froid " : air introduit par des entrées d'air en façade (système simple flux par extraction) ou par des diffuseurs d'air (simple flux par insufflation ou double flux, sans préchauffage ni récupération) ;
- " neutre " : air introduit par des diffuseurs d'air, dans un système par insufflation avec préchauffage (simple flux, double flux, CTA) ;
- " chaud " : air introduit par des diffuseurs d'air, dans un système de chauffage aéraulique (CTA) (le débit d'air introduit est supérieur au débit minimum hygiénique).

Dans les installations de ventilation (simple flux, double flux), les débits en jeu sont relativement faibles comparés à ceux utilisés dans les installations de conditionnement d'air.

Rappel : La sensibilité des individus aux courants d'air dépend de plusieurs paramètres : habillement, activité, température d'air, vitesse et intensité de turbulence de l'air. Pour satisfaire les recommandations de la Norme NF EN ISO7730 [IS7730], la gêne due aux courants d'air sera la même pour une intensité relative de la turbulence de l'air de 25% pour en été une température d'air de 27°C et une vitesse d'air de 0.29 m/s et en hiver une température d'air de 22°C et une vitesse d'air de 0.18 m/s. Dans les salles de classe, les températures d'air d'environ 22°C en hiver et 27°C maximum en été constituent des références admises [HPEENS].

## Humidité

L'humidité de l'air extérieur introduit influence également les conditions ambiantes et le confort. Schématiquement, l'air extérieur contient peu d'eau en hiver, plus d'eau en été :

Exemple :

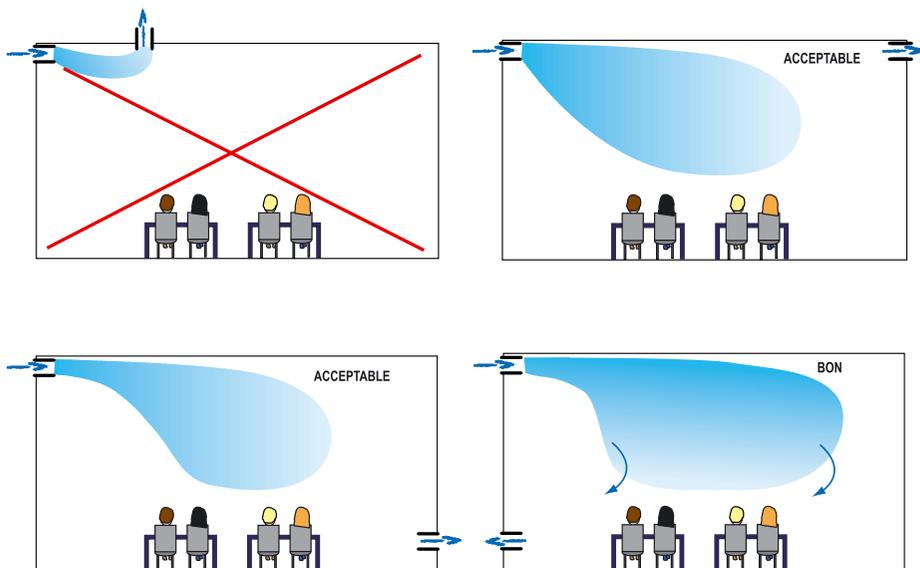
Hiver, 5°C, 30%HR -> 1.6g d'eau/kg d'air sec ;

Été, 30°C, 30%HR -> 8g d'eau/kg d'air sec.

Rappel : L'humidité relative intérieure devrait être maintenue, en toute saison, entre 30-35% et 65-70% [RECKN].

## Efficacité de ventilation

La diffusion d'air froid est la plus délicate à traiter. Toutefois, il ne faut pas négliger, en froid ou en chaud, la notion d'efficacité de ventilation, autrement dit la qualité du renouvellement d'air de la pièce, qui dépend notamment de l'implantation et des caractéristiques des entrées et sorties d'air.



## Confort acoustique

### Besoins, exigences réglementaires

L'acoustique des locaux scolaires, en particulier les salles de classe est un point très important qui doit être pris en compte lors de la conception du bâtiment et de son aménagement intérieur. Cela concerne les isolements en général (entre locaux, aux bruits d'impact et vis-à-vis de l'extérieur) et la qualité acoustique dans les locaux (traitement des matériaux pour améliorer l'intelligibilité, niveau sonore résiduel).

Or le système de ventilation peut influencer la qualité de l'ambiance sonore, parce qu'il génère des bruits et peut aussi en transmettre.

- **Pour la transmission du bruit extérieur**, l'exigence réglementaire [ACOENS] est la même que pour les bâtiments d'habitation [ACOLOG] : **isolement acoustique normalisé supérieur à 30 dB(A)**.
- **Pour la transmission du bruit entre les locaux** d'une école, l'isolement acoustique normalisé aux bruits aériens minimal (rose), est donné dans le tableau suivant [ACOENS]:

Local d'émission / Local de réception	Locaux d'enseignement Atelier calme Administration Salle d'exercice des écoles maternelles	Activités pratiques Salles de jeux des écoles maternelles Salles de musique Cuisines Locaux de rassemblement Salles de réunion Sanitaires	Salle à manger Salle polyvalente Salle de sports	Cages d'escalier	Circulation horizontale	Locaux médicaux	Ateliers bruyants (selon l'article 7 du présent arrêté (1))
Locaux d'enseignement, Activités pratiques, Bibliothèque, CDI, Salles de musique, Locaux médicaux, Atelier calme, Administration	44 (2)	52	52	44	28	44	56
Salle de repos	52 (3)	52	52	52	40	44	
Salle à manger Salle polyvalente	40	52 (4)			28	44	56

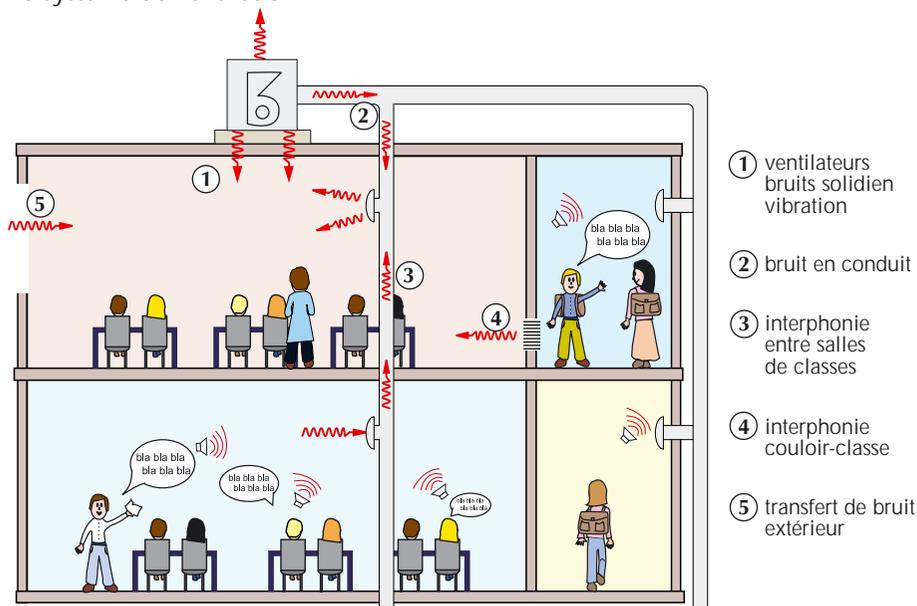
(1) «Les ateliers bruyants sont caractérisés par un niveau de pression acoustique équivalent pondéré A, défini par la norme NF S - 31-084, supérieur à 85 dB(A) au sens de l'article R.235-11 du Code du travail» (extrait de l'article 7).  
(2) Un isolement de 42 dB(A) est admis en cas de communication.  
(3) A l'exception de la salle d'exercice attachée à la salle de repos.  
(4) A l'exception de la cuisine ouverte sur la salle à manger.

- Pour le bruit des équipements du bâtiment, la réglementation [ACOENS] impose des niveaux de pression acoustique normalisés maximums donnés dans le tableau suivant :

Local	Niveau à ne pas dépasser si l'équipement fonctionne de manière continue (dB(A))	Niveau à ne pas dépasser si l'équipement fonctionne de manière intermittente (dB(A))
Bibliothèque, CDI, local médical, salle de repos	33	38
Autres locaux	38	43

## Bruit généré ou transmis par le système de ventilation

Le schéma ci-dessous représente les principaux bruits générés ou transmis par le système de ventilation.



Le guide de l'AICVF relatif au bruit des équipements du bâtiment [BRUIEQ] contient de nombreuses informations sur la partie ventilation (systèmes, composants) ainsi que des bases et méthodes acoustiques. Le guide explique notamment les origines des bruits, leurs transmissions, et les moyens de limiter les gênes entraînées.

## Maîtrise de l'énergie

Le fonctionnement de la ventilation entraîne :

- en hiver : une consommation d'énergie de chauffage pour compenser les déperditions liées au renouvellement de l'air,
- en toute saison : une consommation d'électricité pour les moteurs des ventilateurs (et certains systèmes de régulation).

Remarque : en été, dans certaines conditions climatiques, la ventilation peut permettre de rafraîchir des locaux.

## • Adaptation des débits aux besoins

L'adaptation des débits aux besoins permet de limiter très sensiblement les consommations d'énergie liées à la ventilation :

- **Marche/Arrêt des systèmes en fonction des horaires et des jours de fonctionnement de l'établissement (ex. horloges) ; elle est obligatoire ([RT2000])**
- Modulation des débits en fonction de l'occupation dans les salles de classe, bibliothèque, salles de réunions,... (ex. détection de présence, modulation en fonction du taux de CO<sub>2</sub>,...).

## • Etanchéité de l'installation

Une mauvaise étanchéité des réseaux peut faire " perdre " des quantités importantes d'air (20%, voire plus...), ce qui entraîne non seulement une mauvaise qualité d'air dans les locaux desservis, mais aussi des pertes d'énergie (cas où l'air prétraité ou traité ; cas où l'on compense ces pertes en " accélérant " la vitesse de rotation du ventilateur).

La nouvelle réglementation thermique française [RT2000] exige des réseaux aérauliques plus étanches que ceux que l'on trouve aujourd'hui [SAVDUC].

## • Récupération de chaleur

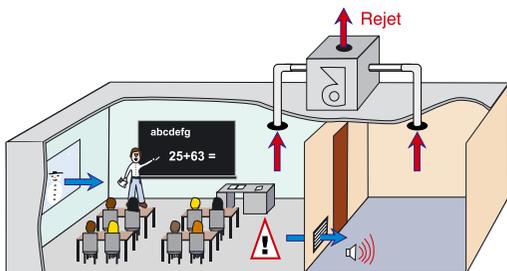
La récupération de chaleur sur l'air extrait des locaux, en hiver, est en général mise en œuvre dans les systèmes de ventilation double flux au moyen d'échangeurs : échangeurs à plaques, échangeurs rotatifs,...

Cette récupération peut atteindre 60 à 70% des déperditions liées à la ventilation, lorsque les réseaux sont placés dans les volumes chauffés.

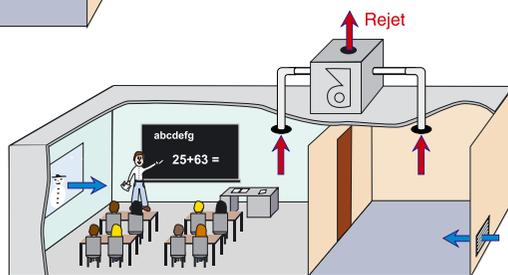
La récupération de chaleur peut également s'effectuer au moyen de pompes à chaleur permettant le transfert de chaleur entre l'air extrait et l'air insufflé. Ces installations sont plus complexes, plus coûteuses, mais autorisent d'importantes économies de fonctionnement.

# PRINCIPALES SOLUTIONS DE VENTILATION

## Ventilation mécanique simple flux par extraction



Simple Flux par extraction (SFe) avec balayage



Simple Flux par extraction (SFe) sans balayage

### Avantages

- taux de renouvellement d'air permanent ;
- réseau de conduits simple ;
- maîtrise des débits extraits ;
- possibilité de modulation des débits.

### Inconvénients

- application limitée si le débit devient trop élevé, en hiver : débit d'air froid trop important par les entrées d'air en façade ;
- difficulté d'isolation acoustique par rapport à l'extérieur ; traitement nécessaire par entrées d'air acoustiques.

## Eléments de dimensionnement

Dans les salles de classe, les débits maximums que l'on doit pouvoir atteindre sont élevés : typiquement de l'ordre de  $450\text{m}^3/\text{h}$  (cela représente environ 2 à 3vol/h d'une salle type).

Les entrées d'air sont en général dimensionnées pour 80% du débit nominal extrait ci-dessus, sous 20Pa, pour tenir compte du débit supplémentaire lié à la perméabilité. Le principal risque est lié à l'inconfort " froid " en hiver, compte tenu des débits importants d'air extérieur.

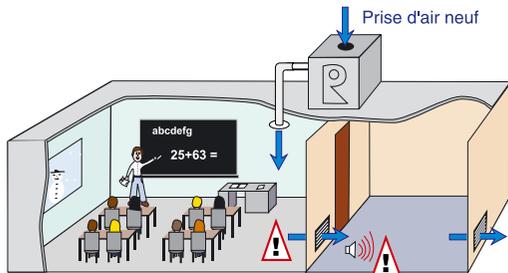
L'extraction d'air de la salle de classe se fait par des bouches d'extraction situées dans la salle, principalement, et indirectement pour une petite partie du débit par des bouches d'extraction situées dans les circulations, via des grilles de transfert entre la salle et les circulations [HPEENS] ; ce transfert doit être étudié en tenant compte notamment des problèmes acoustiques.

### Variante : ventilation stato-mécanique simple flux par extraction

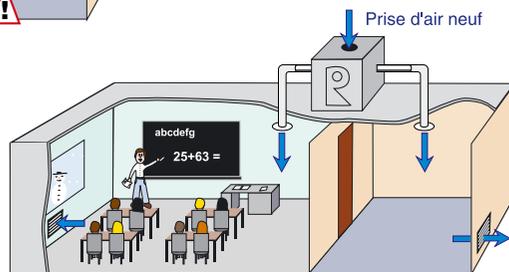
Chaque extracteur stato-mécanique coiffera un conduit desservant une colonne de salles de classes ou deux colonnes adjacentes (la somme des débits spécifiés doit être inférieure ou égale au débit nominal).

- **utilisations principales** : bâtiments sur plusieurs niveaux ; réhabilitation de systèmes de ventilation naturelle par conduits ;
- **avantage** : limitation de la consommation électrique des ventilateurs (pression, durée de fonctionnement) ;
- **inconvenients** : pas de possibilité de balayage entre locaux ni de modulation fine des débits ; réseau plus encombrant qu'en simple flux mécanique ; entrées d'air de section plus importante d'où risques de traversant, de transmission du bruit extérieur accrue ;
- **éléments de dimensionnement** : les entrées d'air doivent être dimensionnées pour 80% du débit nominal extrait ci-dessus, sous 10Pa (au lieu de 20Pa en simple flux mécanique).

## Ventilation mécanique simple flux par insufflation



Simple Flux par insufflation (SFI) avec balayage



Simple Flux par insufflation (SFI) sans balayage

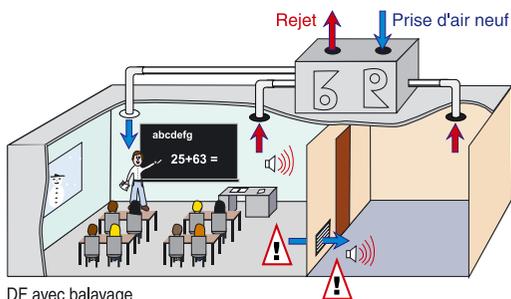
### Avantages

- taux de renouvellement d'air permanent ;
- réseau de conduits simple ;
- maîtrise des débits insufflés et de leur répartition (gain en efficacité de ventilation) ;
- possibilité de modulation des débits ;
- meilleur isolement acoustique par rapport à l'extérieur (lorsqu'il n'y a pas d'ouverture directe) ;
- possibilité de préchauffer l'air neuf ;
- filtration de l'air neuf.

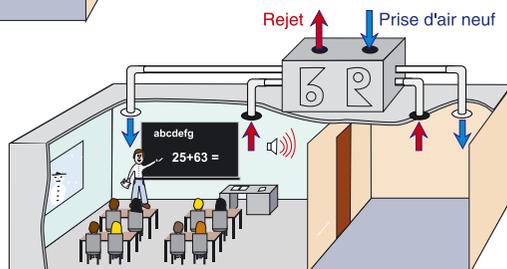
### Inconvénients

- difficulté d'isolement acoustique par rapport aux circulations voisines ou à l'extérieur (présence de grilles de transfert de capacités importantes (tout le débit doit passer par elles) ;
- transfert d'air et parcours de l'air difficiles à contrôler.

## Ventilation mécanique double flux



DF avec balayage



DF sans balayage

### Avantages

- maîtrise des débits de soufflage et d'extraction ;
- possibilité de traitement ou pré-traitement de l'air (filtration, préchauffage, rafraîchissement) ;
- possibilité de " forcer " le débit d'air neuf (amélioration du confort en période chaude) ;
- possibilité de récupérer de la chaleur sur l'air extrait : économies d'énergie ;
- meilleur isolement acoustique par rapport à l'extérieur (lorsqu'il n'y a pas d'ouverture directe).

### Inconvénients

- passage des conduits (deux réseaux) ;
- coût global du système ;
- problème d'étanchéité des centrales ;
- entretien ;
- consommation électrique ;
- bruit généré par le système ; traitement à prendre en compte (silencieux).

## Remarque sur la ventilation par les systèmes de conditionnement d'air

Les systèmes de conditionnement d'air *intègrent en général la fonction de ventilation*. Ils sont alors du type SFi ou DF (avec possibilité de recycler une partie de l'air dans certains cas) et sont à rapprocher des systèmes de ventilation précédents suivant leur principe de fonctionnement.

Avantages supplémentaires par rapport aux systèmes spécifiques de ventilation :

- la filtration est en général plus poussée ;
- l'air neuf est traité, donc réchauffé ou refroidi, et éventuellement humidifié ou déshumidifié.

Principaux inconvénients :

- l'entretien ;
- la nécessité de motoriser le registre d'air neuf pour une bonne gestion du renouvellement d'air en débit variable.

## Sélection d'une solution adaptée

En fonction des débits de ventilation à mettre en œuvre (adaptés aux besoins des occupants, et réglementaires), des autres exigences à respecter (confort thermique, confort acoustique, économies d'énergie, coût des systèmes à l'investissement et en exploitation) et des autres paramètres à prendre en compte (caractéristiques de l'air extérieur, environnement), il est possible de s'orienter vers différentes solutions, avec des degrés divers d'adaptation.

Ensuite, une sélection des solutions de ventilation peut être effectuée en fonction des types de locaux.

Enfin, une réflexion est menée sur la solution globale adaptée à l'ensemble de l'école.

## Critères de choix

### Légende des tableaux pages 24 et 25

#### **Systèmes :**

- SFe : ventilation mécanique simple flux par extraction
- SFI : ventilation mécanique simple flux par insufflation
- DF : ventilation mécanique double flux

#### **Variantes ou possibilités sur les systèmes :**

- " m " : modulation
- " p " : préchauffage
- " r " : récupération (échangeur statique)

#### **Remarques :**

- > Certaines variantes ou possibilités peuvent être cumulées sur un système donné. Toutefois, pour ne pas trop alourdir le tableau ci-après, seule une variante ou possibilité est proposée à la fois.
- > Les systèmes de conditionnement d'air ne sont pas présentés dans ce tableau (cf. Remarque au Chapitre précédent) ; cependant, au vu de l'ensemble des possibilités offertes par ces systèmes, il est conseillé de consulter les fabricants de ces matériels.

SOLUTIONS ->		SFe	SFe <sub>m</sub>	SFi	SFi <sub>p</sub>	SFi <sub>m</sub>	DF	DF <sub>r</sub>	DF <sub>p</sub>	DF <sub>m</sub>
Critère										
Filtration de l'air introduit (particules, gaz)	NA	NA	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Confort thermique	🚫	🚫	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Niveau sonore généré		dépend du dimensionnement et des caractéristiques des systèmes								
Isolément au bruit par rapport à l'extérieur	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Isolément au bruit par rapport aux autres locaux		dépend du balayage (du taux de transfert)								
Déperditions par renouvellement d'air	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Consommation électrique des ventilateurs	😊	😊	😊	😊	😊	😊	🚫	🚫	🚫	😊
Facilité de mise en oeuvre	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊



Particulièrement recommandé



Satisfaisant



Non Adapté

SOLUTIONS ->									
Adaptation aux locaux									
SFe	SFem	SFi	SFi <sub>p</sub>	SFi <sub>m</sub>	DF	DF <sub>r</sub>	DF <sub>p</sub>	DF <sub>m</sub>	
😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😞	😊	😞	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊
😞	😊	😞	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊
😊	😊	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
😞	😊	🚫	🚫	🚫	🚫	🚫	🚫	🚫	🚫
😞	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😊	😊	NA	NA	NA	NA	NA	😊	😊	😊
😊	😊	NA	NA	NA	😞	NA	😊	😊	😊
😊	NA	😞	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

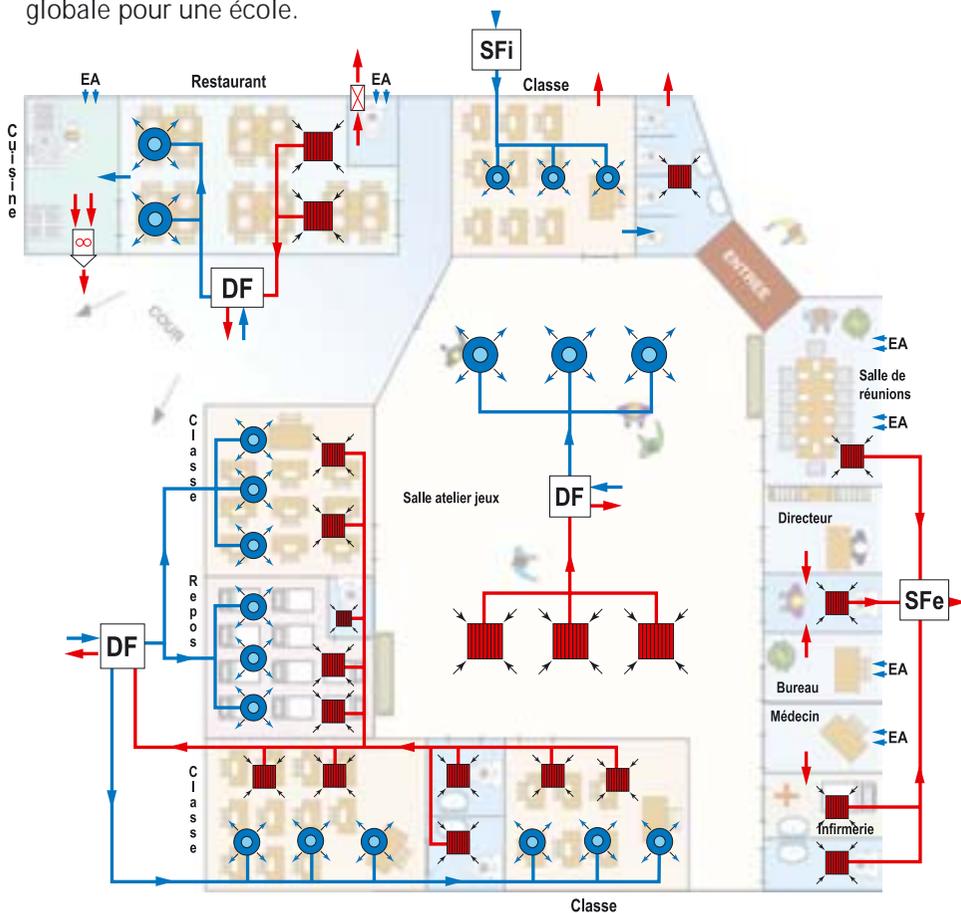
😊 Particulièrement recommandé    😊 Satisfaisant    😞 Moyennement satisfaisant    NA Non Adapté

## Solution globale pour l'école

Dans un même établissement, une installation de ventilation sera en général constituée de plusieurs solutions telles qu'exposées plus haut, permettant de s'adapter aux besoins des différents locaux.

Pour certains locaux : circulations, sanitaires, on s'efforcera de mettre en application la règle du balayage.

Sur la base des éléments précédents, il est possible de concevoir l'installation de ventilation d'une école, d'abord dans son principe : quelle solution pour quels locaux, organisation des locaux, localisation des systèmes et composants ; avant de dimensionner l'ensemble dans un deuxième temps. Le schéma suivant est un exemple de choix de solutions élémentaires constituant une solution globale pour une école.



## Règles d'installation

### Respect du cahier des charges

Il faut respecter les schémas ou plans établis par le bureau d'étude ; ainsi que les types des matériels préconisés.

Attention à l'utilisation de matériels " équivalents " à ceux prescrits.

### Respect des règles de l'art

C'est normalement une évidence ; malheureusement, sur le terrain, les défauts sont nombreux.

Attention aux pertes de charge, à l'implantation des conduits et des composants, à l'accessibilité des principaux éléments (caissons, filtres, courroies,...).

### Principaux points sensibles

- Implantation des bouches et entrées d'air (pour l'efficacité de la ventilation, le confort) ;
- Réservations pour les entrées d'air dans les fenêtres (pour limiter les pertes de charge et obtenir les débits) ;
- Connexions des conduits et des composants des réseaux (pour réduire les fuites des réseaux).

## Réception

La future norme européenne prEN12599 [p12599] fournit les éléments essentiels pour la réception, depuis les contrôles visuels jusqu'aux mesures.

### Documentation

Sur place, on doit pouvoir trouver les documents relatifs à l'installation (plans, CCTP, descriptifs, maintenance,...).

### Contrôles visuels

Des contrôles visuels doivent être effectués, pour vérifier notamment :

- Présence des composants prévus, et nature des composants ;
- Branchements : bouches, caissons, ... ;
- Accessibilité des principaux composants ;
- Eventuellement, visualisations d'écoulements d'air, de fuites, au moyen de fumigène.

## Mesures

Les principales mesures suivantes doivent être effectuées :

- Débits aux caissons et aux bouches ;
- Pressions/Dépressions en divers points ;
- Puissances absorbées par les moteurs des ventilateurs ;
- Vitesse (et sens) de rotation des ventilateurs.

Le guide UNICLIMA sur la réception des installations deVMC [UNIREC] (plutôt dédié aux installations de VMC en résidentiel collectif) comprend des rappels importants sur les ventilateurs. Il donne aussi des éléments relatifs aux inspections visuelles et des éléments relatifs aux mesures élémentaires pour compléter le présent paragraphe.

Le guide AICVF sur la mise au point des réseaux aérauliques [MAPAER] apporte de nombreuses précisions sur les procédures de vérifications, de mesures.

## Formation des utilisateurs

Il paraît important qu'une personne responsable, dans l'école, connaisse un minimum l'installation et son fonctionnement élémentaire.

Cette personne doit connaître le principe du/des système(s) ; les principaux composants et leur rôle ; comment piloter l'installation (adaptation aux besoins, économies d'énergie) ; les principaux points à surveiller (contrôles visuels) ; l'entretien élémentaire à effectuer (ex. nettoyage des bouches).

## Maintenance

Une installation de ventilation fonctionne et doit fonctionner correctement tous les jours de l'année.

La maintenance doit être assurée par une société spécialisée, avec des visites mensuelles (plus fréquentes si nécessaire) afin de remplacer les composants défectueux et/ou usés (ex. filtres, courroies...), vérifier des débits aux ventilateurs, aux bouches (au moins quelques unes), vérifier les puissances absorbées par les ventilateurs, vérifier les pressions de fonctionnement des ventilateurs, caissons, CTA,...etc.

## RÉFÉRENCES

- [ACOENS] Arrêté du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement – JO du 10 janvier 1995
- [ACOLOG] Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation – JO du 17 juillet 1999
- [BRUIEQ] " Bruit des équipements " - Guide AICVF, PYC Editions, 1997
- [CDTRAV] Code du Travail - Décrets n°84-1093 et n°84-1094 du 7 décembre 1984  
" Règles relatives à l'aération et à l'assainissement des locaux de travail "  
J.O. du 8 décembre 1984
- [HPEENS] " Bâtiments à hautes performances énergétiques – Enseignement "   
Guide sectoriel ADEME/AICVF, PYC Editions, 1993
- [IEAA36] " Ventilation and Indoor Air Quality in Schools "   
R. Daniels, IEA Annex 36 Report, 2000
- [IS7730] Norme NF EN ISO 7730 - " Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique "   
Réf. AFNOR n° X35-203, décembre 1995
- [ISO205] Draft Standard on " Indoor Air Quality " - ISO/TC 205/WG 4, July 2000
- [MAPAER] " Mise au point des installations aérauliques "   
Guide AICVF, PYC Editions, 1995
- [P12599] " Ventilation des Bâtiments - Procédure d'essai et méthodes de mesures pour la réception des installations de ventilation et conditionnement d'air "   
Projet définitif de Norme CEN prEN12599, septembre 1999
- [PALM93] " Stack effect ventilation of an infant's school "   
J. Palmer & al., 14<sup>th</sup> AIVC Conference, Copenhagen, 21-23 sept. 1993
- [RICH93] " Qualité de l'air dans les salles de classe : Premiers résultats "   
V. Richalet & al., GEVRA, Sophia Antipolis, 1993
- [RECKN] " Le Recknagel – Manuel pratique du génie climatique – Tome 1 : Données fondamentales " Recknagel & al., 3<sup>ème</sup> édition, Pyc Editions Livres, 1995
- [RSDTYP] " Règlement Sanitaire Départemental Type " - Circulaire du 9 août 1978 relative à la révision du règlement sanitaire départemental type   
J.O. du 13 septembre 1978
- [RT2000] " Arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et parties nouvelles de bâtiments "   
J.O. du 30 novembre 2000
- [SAVDUC] " Improving Ductwork – A time for tighter air distribution systems " F-R. Carrié & al., Communauté Européenne DGVII, Projet SAVE, 1999
- [SECURI] Réglementation Incendie relative aux ERP - Règlement du 25 juin 1980
- [UNIDIF] " Conception d'une installation de diffusion d'air ", Guide UNICLIMA, 2000
- [UNIREC] " Guide de réception d'une installation de VMC ", Guide UNICLIMA, 1997

*Les Ecoles sont des bâtiments comprenant différentes catégories de locaux, aux destinations particulières (salles de classe, bureaux, cuisine, restaurant, ...), d'où émergent des besoins " variés ", des pollutions " particulières ".*

*Pour garantir une bonne Qualité d'Air Intérieur et maîtriser les consommations d'énergie, en toute saison, les installations de ventilation doivent être adaptées à ces besoins variés.*

*Des solutions de ventilation performantes existent ; elles doivent être bien conçues, et aussi correctement mises en œuvre et entretenues.*

*Ce guide est principalement orienté vers la conception (prise en compte des besoins, choix de solutions adaptées) mais il donne également quelques conseils de mise en œuvre et de suivi des installations de ventilation.*



CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AÉRAULIQUES ET THERMIQUES

27-29, boulevard du 11 Novembre 1918 - BP 2042 - 69603 Villeurbanne Cedex - France  
Tél. +33 (0)4 72 44 49 00 - Fax +33 (0)4 72 44 49 49 - E.Mail : [cetiat.commercial@cetiat.fr](mailto:cetiat.commercial@cetiat.fr)