



**E**COLE  
NATIONALE  
SUPERIEURE  
D'**A**RGHITECTURE  
DE  
**P**ARIS **L**A **V**ILLETTE

SCIENCES ET TECHNIQUES POUR L'ARCHITECTURE

licence

3eme année Unité d'enseignement UEL5 14

**MAITRISE DES AMBIANCES 3  
THERMIQUES**

**COURS n°6**  
**23 et 30 nov 2012**  
**MARIA LOPEZ DIAZ**

# sommaire

- Confort
- Importance des vêtements
- Outils pour déterminer des stratégies de confort: Diagrammes
- **Ventilation**
  - Mécanique
  - Naturelle
  - Mixte..
- **Rafraîchissement, techniques, exemples**
- **Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort**
  -

# Rappel

## Conception des espaces intérieurs

### Ventilation des locaux

Activité humaine

(respiration, cuisson, douches etc.)



Production de vapeur qui se mélange à l'air ambiant: saturation  
= inconfort pour les personnes et pour le bâtiment

Confort = besoins de stabilité

bâtiment = pas de condensations



**renouvellement de l'air**

il faut tenter de concilier deux objectifs contradictoires : la maîtrise des dépenses énergétiques et une qualité sanitaire de l'air intérieur.

+

Confort : ventilation comme stratégie d'élimination de surchauffe et de réduction de la sensation de chaleur

# Rappel Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

Chambre coucher 30 m<sup>3</sup>

- 2 personnes en repos : 100 g/h de production de vapeur
- Air initial:
  - 20°C
  - 50% HR point A

## Temps de saturation = 2 hs ¾ !

En effet pour saturer l'air en maintenant la température de 20°C il faut passer à une H absolue de 7.2 g/kg à 14.8g de vapeur par kg/air sec: point D

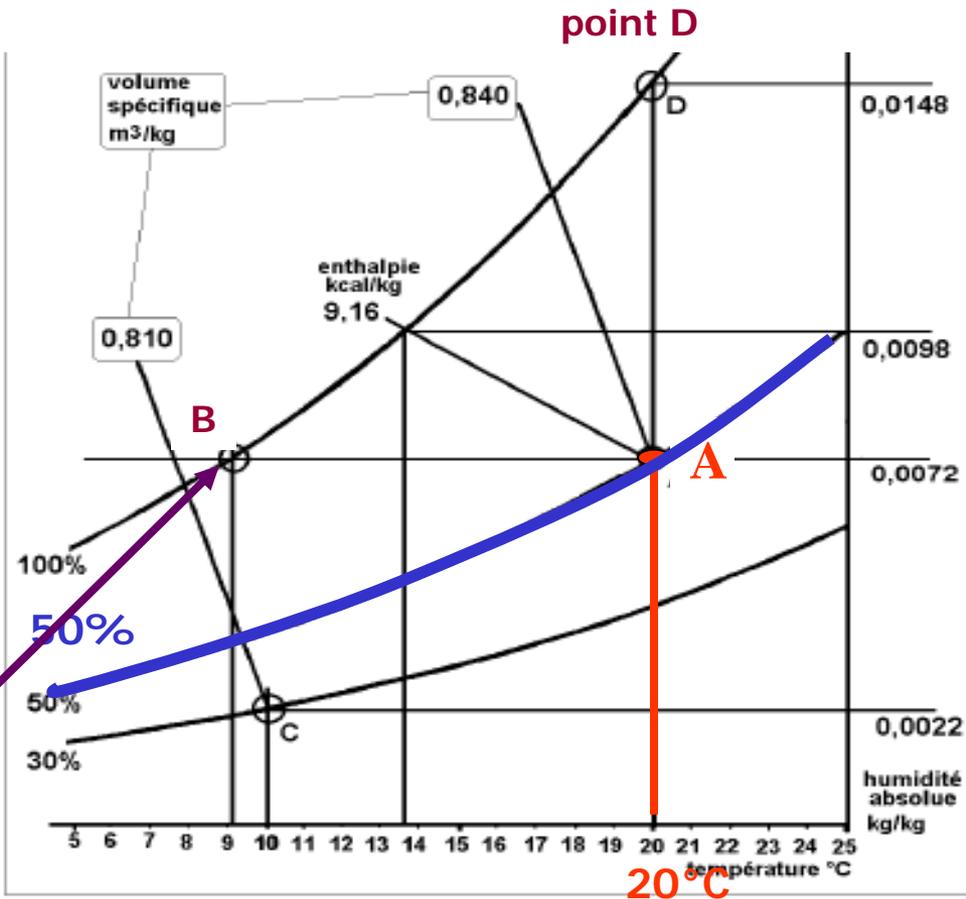
Le vol spécifique de l'air ambiant est de 0.84m<sup>3</sup>/kg d'air sec

Donc: 30m<sup>3</sup> / 0.84m<sup>3</sup> = 35,71kg d'air sec

La chambre est saturée dès qu'elle absorbe 14.8-7.2x35.71=271.4 g de vapeur ce qui se produit en 2.714heures par les deux personnes

Condensation superficielle sur les parois dont la température est inférieure ou égale à la température de rosée (ex point B)

Risques de condensation interstitielle à l'intérieur de l'enveloppe si le point de rosée est à l'intérieur et présence d'humidité (parois poreuse)



## **Rappel** Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

- **Santé: air propre et pas trop humide**

### **Odeurs...? Polluants ?**

Le control excessif de la ventilation pour éviter les déperditions énergétiques peut entraîner manque de confort olfactif: irritation des yeux, muqueuse nasal, peau... † Substances contaminatrices: COV , etc

*millions)=mauvaise ventilation*

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

80%/90% de notre existence :

dans des bâtiments +ou – pollués

=

**Syndrome du bâtiment malade...**

=

besoins d'assainir

# Rappel Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

D'après certaines normatives (ASHRAE) la qualité de l'air intérieurs s'obtiens:

1. *Control de la source de **contamination***
2. *Ventilation adéquate*
3. *Control de **l'humidité***
4. *Filtration adéquate*

# Rappel Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

Méthode non utilisée en France mais...

Les bio effluents des personnes: **olf** pas mesurables avec instruments encore...

- Enfant crèche: 1.2 olf
- Un boxeur : 10 olf
- Fumeur standard: 6 olf
- Grand fumeur : 25 olf

La qualité de l'air se mesure en ce qui concerne cette méthode en decipoles q.

Méthode qui fut retiré du projet de norme européenne (rejet des belges , français et britanniques)

La ventilation: réglementaire (pas une norme)

Connaissances en matière d'olfaction

**Cette méthode aboutissait à doubler voir tripler les débits d'air neuf...**

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

Le **décipol** est la 1/10 partie de la sensation perçue dans une ambiance polluée par un olf et ventilée par un litre par seconde

$$1 \text{ décipol} = \frac{1 \text{ olf}}{10 \times 1 \text{ l/s}} = 0.10 \text{ olf (l/s)}$$

De ce point de vue on peut calculer les besoins de ventilation

$$C = 10 \times \frac{G}{P_i - P_e} \times \frac{1}{E}$$

- C: volume d'air requis (l/s m<sup>2</sup>)
- G: charge de pollution olfactive (olf/m<sup>2</sup>)
- P<sub>i</sub> : qualité de l'aire intérieur perçue (dpol/m<sup>2</sup>)
- P<sub>e</sub> : qualité de l'aire extérieur perçue (dpol/m<sup>2</sup>)
- E : efficacité de la ventilation (relation entre la qualité de l'air expulsé et l'air introduit..)

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- critère de von Pettenkofer (1819-1901) selon lequel le bon indice est le dégagement de **CO<sub>2</sub> par les occupants, qui mesure assez bien le taux de dégagement des odeurs corporelles.**

## conséquences pratiques

- La limite fixée par Pettenkofer était de 1000 millièmes [ppm] de CO<sub>2</sub> à l'intérieur. Il faut aujourd'hui l'amodier compte tenu de ce que **la concentration extérieure n'est plus la même que celle d'il y a un siècle.** De ce fait, la tendance est de prendre comme critère le dégagement humain de CO<sub>2</sub>, en convenant par exemple que ce dégagement ne doit pas correspondre à un accroissement du taux de CO<sub>2</sub> intérieur de plus de 700 [ppm].

# Rappel Conception des espaces intérieurs

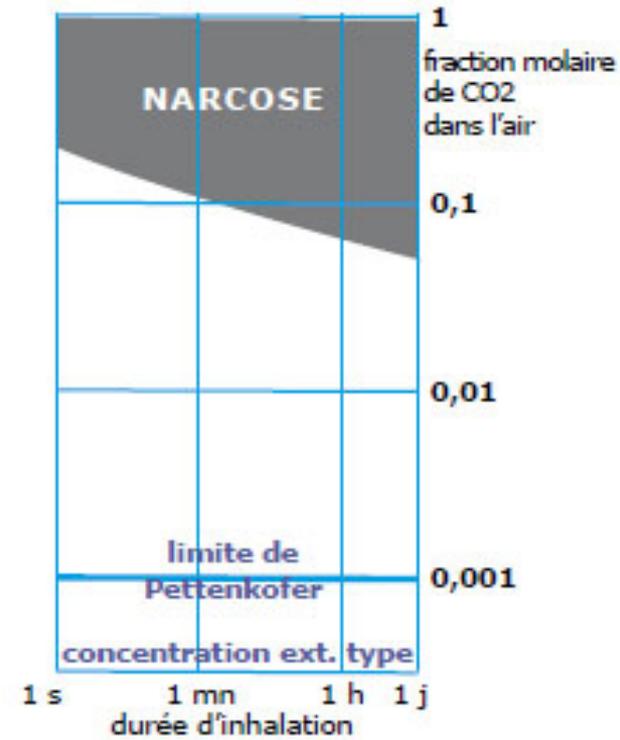
## Ventilation des locaux

- Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) n'est pas, par lui-même, toxique, sauf à des concentrations très élevées (voir ci-contre) où il provoque des narcoses.

Le CO<sub>2</sub> permet, **par contre, de repérer les dégagements d'odeurs corporelles** ; c'est la raison pour laquelle c'est un indice simple des besoins de ventilation, utilisé par exemple, en France, pour définir les besoins de base dans les locaux tertiaires (règlement sanitaire) ou professionnels (code du travail), étant entendu qu'il s'agit du CO<sub>2</sub> d'origine humaine (respiratoire).

- Pour ce faire on utilise, par exemple, la limite (ci-contre) proposée par Pettenkofer en 1858, sans qu'on dispose actuellement d'une meilleure base
- Pour exploiter aujourd'hui convenablement cette donnée il faut, en outre, tenir compte de l'accroissement de la teneur extérieure en CO<sub>2</sub>, plus élevée que jadis.

Le choix de la teneur en CO<sub>2</sub> pour mesurer les besoins de ventilation est, en outre et finalement, une très bonne base pour la régulation (ou la mise en route) des débits de ventilation, lorsque ceux-ci peuvent être modulés



# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### LA CONTAMINATION GAZEUSE

**classement des gaz** les gaz plus ou moins toxiques ou gênants peuvent être classés en fonction de leur nature et de leur concentration :

- . **gaz toxiques**, essentiellement dangereux,
- . **gaz nocifs**, pour la santé, sans être à proprement parler «toxiques»,
- . **gaz gênants**,
- . **gaz odorants**.

### Les deux expressions de la concentration

La concentration d'un gaz quelconque dans l'air se mesure de deux manières différentes.

1. La concentration est souvent exprimée en **fraction molaire**, c'est à dire en rapport du nombre de molécules du gaz envisagé au nombre total de molécules (d'air) auquel il est mélangé. Ce rapport est couramment exprimé en *millionième*, ou **ppm** («partie par million»). Quand le gaz est très dilué on utilise également le *milliardième*, ou **ppb** (partie par billion, le billion étant le milliard anglais).
2. Cette concentration peut également être mesurée en masse par unité de volume, en fait la plupart du temps en **milligramme par mètre cube** (mg/m<sup>3</sup>), parfois - quand la teneur est faible - en **microgramme par mètre cube** (µg/m<sup>3</sup>).

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation nécessaire? Conditions d'hygiène satisfaisantes

- En fonction de l'occupation des locaux
- De l'activité
- Les besoins devraient être identiques dans tous les pays
  - Pays moins froids: ventilation par défaut d'étanchéité des menuiseries
  - Différences: pays froids... menuiseries étanches (*Problèmes dans la réhabilitation*)
- Plus de précisions
  - Différentes méthodes: relation entre l'anhydride carbonique et l'oxygène nécessaire pour respirer 0.83
  - Oxygène nécessaire en fonction des activités.. : met
  - La quantité minimal de ventilation par personne pour un équilibre entre la production d'oxygène et anhydre carbonique: 6 litres par /seg et par met de métabolisme

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- **Réglementation sanitaire** : impose des taux de renouvellement d'air en fonction des types de locaux
  - Locaux sans pollution ni odeur particulière à évacuer : il faut 5 litres par seconde d'air neuf pour un individu avec une activité moyenne
  - Si fumeur : 7 l/s...
  - Cas précédent: 10 l/s soit 36 m<sup>3</sup>/ heure
    - $36/30=1.2$  fois le vol de la pièce par heure
    - Logements: voir **réglementation thermique**

# Rappel Conception des espaces intérieurs

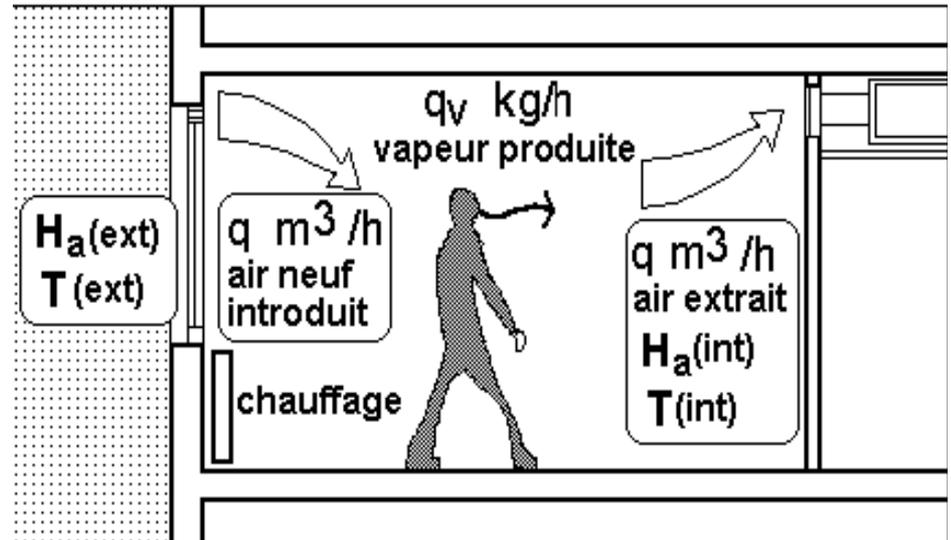
## Ventilation des locaux

- Santé: air propre et pas trop humide
- Ventiler: si air extérieur est plus sec introduire de l'air extérieur

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- Taux de ventilation et hygrométrie des locaux
  - Si l'hygrométrie d'un local dépend de
    - son occupation: taux horaire de production de vapeur de l'activité réalisée
      - 50 g/h repos
      - 300 g/h activité intense
    - ménage
      - Le soir maximale: 180g/h
      - Nuit minimale: 130g/h
      - Moyenne par jour : 340g/h



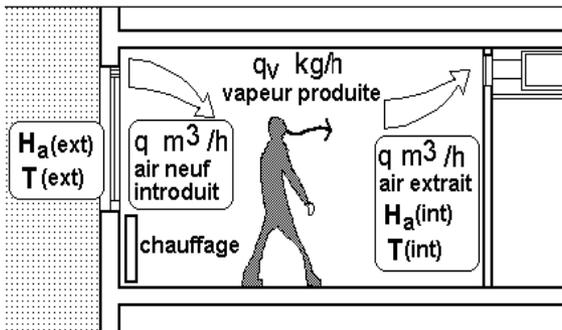
# Rappel conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- Taux de renouvellement pour stabiliser le degré hygrométrique  $q \text{ m}^3/\text{h}$  nécessaire avec le maintien d'une température constante
- Si température constante l'hygrométrie va dépendre de son humidité absolue :  $H_a$  (int)
- L'hygrométrie sera stable si:  
La quantité de vapeur extraite du local ( $q_v \text{ m}^3/\text{h}$  d'air ambiant) est compensée par la quantité produite de  $q_v$  augmentée de celle contenue dans les  $q \text{ m}^3/\text{h}$  d'air extérieur introduit

$$q \frac{H_a(\text{int})}{V_s(\text{int})} = q_v + q \frac{H_a(\text{ext})}{V_s(\text{ext})}$$

On déduit que le débit  $q$  nécessaire pour maintenir l'hygrométrie constante dans le local:



$$q = \frac{q_v}{\frac{H_a(\text{int})}{V_s(\text{int})} - \frac{H_a(\text{ext})}{V_s(\text{ext})}}$$

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Classification des locaux suivant leur hygrométrie (référence bibliog DTU 20.1)

local à faible hygrométrie :  $\leq \frac{W}{n} \quad 2,5 \text{ g/m}^3$

local à hygrométrie moyenne :  $2,5 < \frac{W}{n} < 5 \text{ g/m}^3$

local à forte hygrométrie :  $5 < \frac{W}{n} < 7,5 \text{ g/m}^3$

local à très forte hygrométrie :  $\frac{W}{n} > 7,5 \text{ g/m}^3$

*W : quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur d'un local par heure, exprimée en grammes par heure (g/h).*

*n : le taux horaire de renouvellement d'air exprimé en mètres cube par heure (m<sup>3</sup>/h)*

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation et surchauffe estival

- La **capacité d'inertie** des éléments situés en relation d'une pièce (planchers, plafonds ou parois massifs) et la ventilation du bâtiment constituent un paramètre essentiel pour éviter les surchauffes estivales.
- Cette inertie permet la technique de rafraîchissement nocturne (si la température de l'air pendant la nuit est plus basse)
- Le destokage thermique être assuré par une ventilation nocturne avec de l'air frais.
- **L'efficacité des masses d'inertie** est liée à leur liaison directe avec l'espace intérieur!
  - Les faux planchers, les plafonds suspendus , les contre cloisons bloquent le flux thermique entre l'air ambiant et la masse d'inertie
- *ref bibliog. Construction et énergie architecture et développement durable Hegger Stark Fuchs Zeumer presses polytechniques et universitaires romandes pag 98*

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation et surchauffe estival *cont.*

- L'activation thermique des masses d'inertie a des conséquences sur l'aménagement intérieur et l'acoustique spatiale (ex murs et plafonds en béton apparent)
- **Attention: si l'air extérieur est plus chaud que l'air intérieur et on « le laisse rentrer » : surchauffe!!**

#### Solutions:

- Gestion personnalisée?
- Optimisation du renouvellement d'air par:
  - un préconditionnement thermique : conduit enterré? assistance mécanique = demande d'énergie
  - refroidissement par évaporation,
  - récupération du froid (ou de de la chaleur)(échangeurs)

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation et surchauffe estival *cont.*

- Dans le cas des doubles façades , l'air peut être fortement réchauffé dans l'espace intermédiaire ...assistance mécanique = demande d'énergie
- *ref bibliog. Construction et énergie architecture et développement durable Hegger Stark Fuchs Zeumer presses polytechniques et universitaires romandes pag 98*

### Combinaison de ventilations naturelle et mécanique

- La ventilation mécanique n'est mise en œuvre qu'au cours des périodes de froid et de chaleur extrêmes (soit environ 4 mois en Europe)
- Le reste de l'année, le bâtiment est ventilé de façon naturelle sans réchauffer l'espace intérieur
- La ventilation mécanique peut en outre servir à la ventilation nocturne

- *ref bibliog. Construction et énergie architecture et développement durable Hegger Stark Fuchs Zeumer presses polytechniques et universitaires romandes pag 98*

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation

**Bonne qualité de l'air: renouvellement régulier en fonction de l'utilisation et du nombre de personnes**

- **Modes de construction actuels: étanchéité à l'air (fuites éliminées..)**
- **Besoin d'une conception attentive des systèmes de ventilation:**
  - Par l'enveloppe
  - Par des installations techniques
- **protection environnementale :**
  - il est préférable de privilégier la ventilation naturelle: l'air est mû par la pression du vent et l'effet de cheminée ( tirage thermique )
  - la ventilation électrique génère une forte demande d'énergie: entre 0.15 et 0.3 wh/m<sup>3</sup> d'air déplacé!
  - Renoncer a une ventilation mécanique peut entraîner une forte diminution de la demande en énergie et des coûts d'exploitation;
  - En outre de nombreux systèmes de ventilation mécanique sont très gourmands en espace à cause des gaines verticales et horizontales... en les évitant on peut envisager une économie due à la diminution du volume construit
- *ref bibliog. Construction et énergie architecture et développement durable Hegger Stark Fuchs Zeumer presses polytechniques et universitaires romandes pag 98*

## 23 nov Conception des espaces intérieurs

### Ventilation des locaux

#### **Systemes de ventilations** :(bâtiments habités)

1. **Ventilation naturelle:** par ouvrants extérieurs ou via des conduits à tirage naturel. (constructions traditionnelles ,immeubles d'habitation )
2. **Ventilation hybride** combine les avantages de la ventilation naturelle et de la ventilation mécanique. Le système est piloté suivant les conditions climatiques et bascule automatiquement entre le mode naturel et le mode assistance mécanique. Ceci permet de profiter au maximum des forces motrices naturelles réduisant ainsi au minimum la consommation électrique des auxiliaires.
3. **Ventilation mécanique contrôlée simple flux** plutôt présente dans les habitats individuels et collectifs récents et dans les bâtiments du secteur tertiaire ;
4. **Ventilation mécanique contrôlée double flux**, surtout présente dans les bâtiments tertiaires ;
5. **Ventilation centralisée**, contrôlée par une ou plusieurs centrale de traitement d'air, avec ou sans recyclage d'air. On la trouve surtout dans les bâtiments tertiaires (hypermarchés, centres commerciaux et immeubles de bureaux, Laboratoires).
6. **Ventilation décentralisée** les unités de ventilation sont installés dans les pièces où l'air frais est nécessaire

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

**Systemes de ventilations** : (bâtiments habités)

### 1. Ventilation naturelle:

- par l'**enveloppe** (ventilation « libre ») ou bien
- par des **systemes spécifiques** qui créent un mouvement d'air naturel au moyen de
  - différences de pression concentrées thermiquement ou
  - induites par le vent

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle par les fenêtres....

**Contact direct avec l'air extérieur, autres sensations associées:**  
rayonnement direct du soleil, odeurs, événements acoustiques

**Comment?**

- **par ouvrants extérieurs:** fenêtres mais aussi protections..permettant une ventilation naturelle... plusieurs fonctions, conception en fonction des besoins et du site et des possibilités de gestion ...
- **via des conduits à tirage naturel.** (constructions traditionnelles , immeubles d'habitation )

**Le site:** bruits, vents.. Pollution de l'air

**Le type de bâtiment:** compacité, ventilation transversale...

**Dans des bonnes conditions de courants d'air , il est possible d'obtenir d'excellents taux de renouvellement de l'air (jusqu'à 50/h)**

**Où placer les ouvertures?:** D'une manière générale les ouvertures d'extraction devraient se situer le plus haut possible et celles d'emmenée d'air le plus bas possible afin de maximiser le tirage thermique.

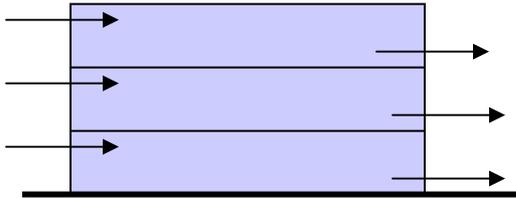
**Efficacité=**géométrie spatiale favorable; taille profondeur des pièces, surfaces des ouvertures

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle ....

#### Vent



Conditions climatiques, topographie et contexte bâti. Forces de pression et de dépression: l'intensité et la répartition de ces forces sont déterminées par la hauteur et la volumétrie du bâtiment

EX. Bâtiments en hauteur, double façade avec des ouvrants les forces du vents sont utilisables pour ventiler la façade intérieur..

Le reprise des forces de succion dans une gaine d'extraction prévue à cet effet permet à l'air d'être extrait dans plusieurs locaux contigus.

**Pour équilibrer les variations de température et de vent dans gaines d'extraction peuvent être assistées par une ventilation mécanique pour assurer un fonctionnement permanent**

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle ....

Mouvement du vent + effet de tirage thermique..

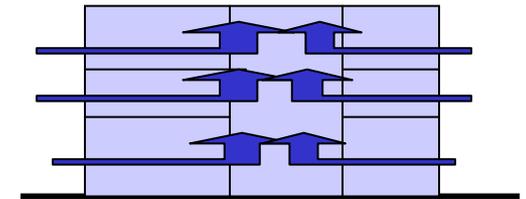
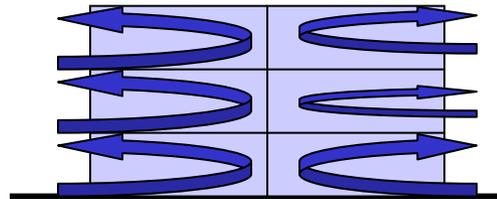
Énergie d'entraînement pour extraction de l'air

Particulièrement adaptée pour des bâtiments élevés.

3 schémas constructifs de base:

- Doubles façades
- Atriums vitrés
- Extraction par des gaines, intégration en toiture ou en façade

### Tirage thermique



# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle par les fenêtres....pour des bâtiments de bureaux en suisse

dispositifs	Profondeur max. autorisée de la pièce en (m)	Section d'entrée/évacuation de l'air par m <sup>2</sup> de surface au sol (cm <sup>2</sup> )
Ventilation d'un seul côté avec ouvertures dans un mur extérieur	2.5 x H	200
Ventilation transversale avec ouvertures dans les murs extérieures	2 x H	120
Ventilation transversale avec ouvertures dans les murs extérieures et une gaine	2 x H	80

H= hauteur de la pièce

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle par les fenêtres....

menuiserie	M3/h par mètre linéal de joint
défectueuse	Plus de 15
normale	10 à 15
améliorée	6 à 10
renforcée	0 à 6

#### L'usage

Le **contrôle**: les occupants...

- **Bâtiments anciens**: la ventilation se fait majoritairement par les infiltrations: manque de contrôle. Menuiseries anciennes: infiltrations permanentes entre dormant et ouvrant: manque de contrôle... inconfort+ dépenses énergétiques
- **Débit d'air** : en fonction de la surface et de la différence de pression entre l'ambiance extérieure et l'ambiance intérieur
- L'air circule de l'ambiance où la pression est la plus forte vers la plus faible
- Cette différence de pression est généralement créée par le **vent (tirage thermique au niveau micro climatique)**
- La **différence de température entre deux ambiances** entraîne aussi une différence de pression
- **Si on remplace par des fenêtres étanches: besoin de revoir le système de ventilation**
- **Attention inconfort si : air extérieur très froid ou très chaud...pas de récupération de chaleur = déperditions énergétiques**
- **Entrée directe de l'air très froid: désagréable..**
- **En Europe centrale la ventilation naturelle peut être mise en place en moyenne 8 mois de l'année!**

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle par les fenêtres....

**Si les pressions du vents sont trop élevées en façade:** cela peut entraîner des taux de renouvellement excessifs accompagnés de courants d'air...jusqu'au risque de difficulter l'ouverture d'une porte, en particulier dans des bâtiments de grande hauteur

Une ventilation naturelle peut être assurée grâce à des couches anti vent supplémentaires placées devant les ouvrants(ex. fenêtre à caisson , double façade) attention dans ces cas il faut assurer une ventilation arrière suffisante au cours des mois d'été pour éviter de réchauffer l'air entrant

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- Les déperditions thermiques varient avec la vitesse du renouvellement d'air qui doit être plus ou moins rapide en fonction de l'occupation d'un logement.
- La première étape est de rendre l'enveloppe du bâtiment étanche aux courants d'air. Ensuite, il faut prévoir la ventilation nécessaire, en ouvrant les fenêtres, en aménageant des grilles de ventilation avec un débit adapté (avec ou sans conduit d'extraction), ou en installant un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC).
- En France, les VMC sont encouragées car les performances sont théoriquement connues, à la différence de la ventilation naturelle qui est considérée aléatoire. Pourtant, la ventilation mécanique a plusieurs inconvénients : l'équipement coûte cher, consomme de l'énergie, fait du bruit et peut tomber en panne.
- Un autre défaut majeur est que l'installation d'un équipement mécanique décourage une réflexion sur la ventilation naturelle qui sera nécessaire de toute façon en été (si le logement n'est pas climatisé). Donc, dans l'optique d'une architecture écologique, il vaut mieux concevoir une stratégie de ventilation naturelle.

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- Aération par l'ouverture des fenêtres :

Si un logement ne comprend aucun système de ventilation, il est aéré en ouvrant les fenêtres ou les portes, et par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe. Ce mode d'aération fut courant, mais **à partir de 1969**, il a été interdit par la réglementation dans les logements neufs.

- Un tel mode d'aération ne permet pas de contrôler le débit d'air renouvelé, donc la qualité de l'air. Il génère un inconfort à cause des courants d'air froid en hiver et les utilisateurs ont tendance à maintenir les fenêtres fermées ce qui peut nuire à la qualité de l'air.

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

- Ventilation par conduits à tirage naturel :

La ventilation naturelle ne nécessite aucun dispositif mécanique pour fonctionner. La circulation de l'air est induite par le tirage thermique, dû aux différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur, et les pressions du vent sur l'enveloppe du bâtiment et notamment au débouché de conduit en toiture (effet de cheminée). Chaque pièce de service du logement possède une sortie d'air raccordée à un conduit d'évacuation fonctionnant par tirage naturel.

- Dans les logements récents, chaque pièce principale est équipée d'un orifice d'entrée d'air neuf de type autoréglable (ajustement de la section de passage de l'air en fonction du vent). Les sorties d'air sont fixes ou réglables manuellement.
- En habitat collectif, les conduits d'évacuation à tirage naturel peuvent être soit individuels, c'est à dire ne desservir qu'une pièce de service, soit collectifs c'est à dire desservir plusieurs pièces.
- Le renouvellement de l'air d'un logement ventilé naturellement varie en fonction des conditions climatiques.

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle à tirage assisté :

- Les extracteurs statiques basés sur le principe du venturi (tuyère à cônes divergents) ou d'autres dispositifs, créent sous l'action du vent, une dépression suffisante dans le conduit d'extraction pour maintenir un débit d'air minimum.
- Le débit d'air extrait dépend des conditions atmosphériques extérieures.

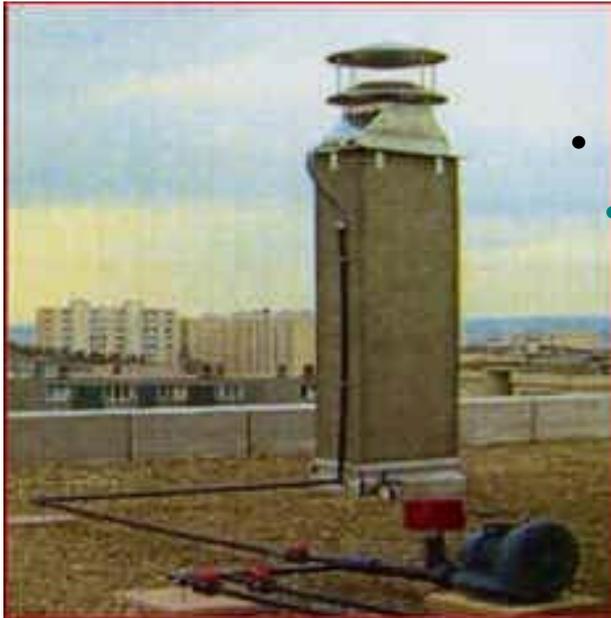


- L'extracteur statique ASTATO AS1 avec collier sur mitron terre cuite.  
Web :

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

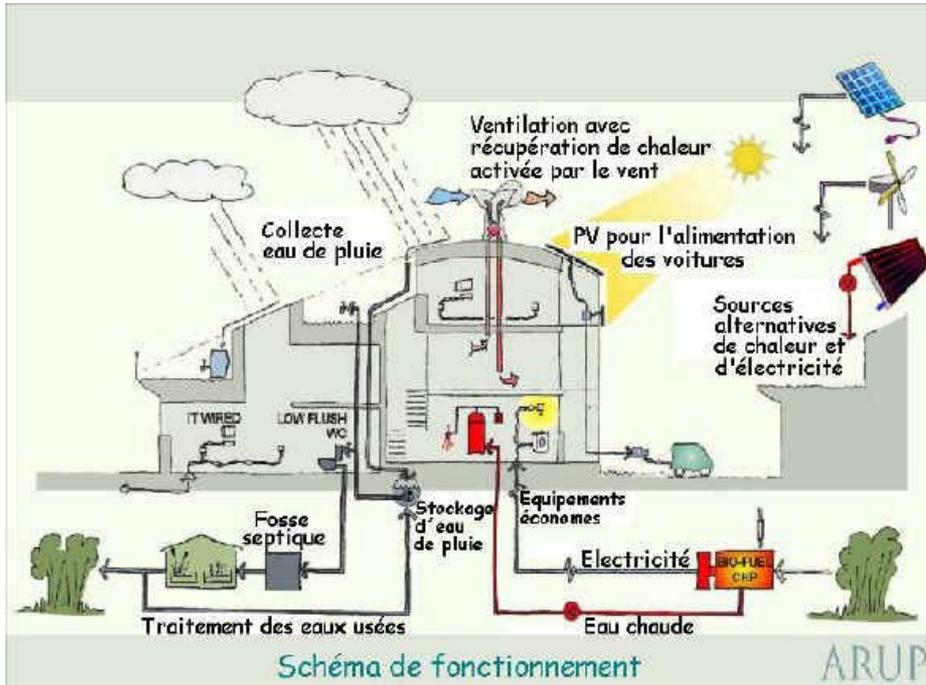
- Les extracteurs statiques peuvent être associés à un tirage mécanique par induction d'air asservie aux conditions climatiques (vent, température). La ventilation peut ainsi répondre aux besoins à tout moment.



- Le système NAVAIR montrant l'extracteur, le conduit d'induction et le moteur. L'aide mécanique à la ventilation naturelle est asservie à un automate qui analyse les paramètres des besoins et des conditions climatiques afin de commander le moteur.

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux



- **Ventilation naturelle avec récupération de chaleur**

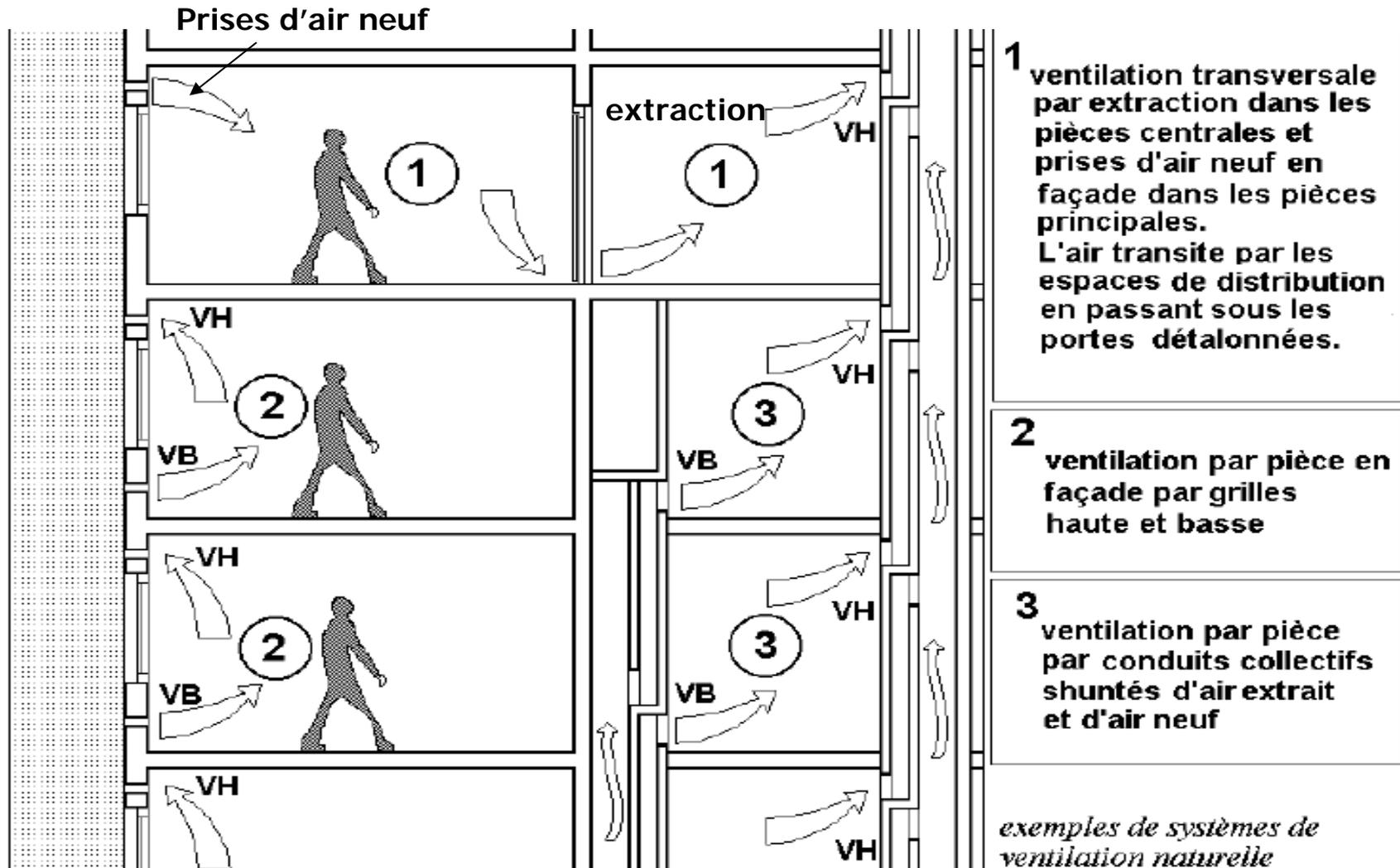
- La ventilation naturelle : sujet de nombreuses études en Grande Bretagne, de la conception des extracteurs statiques au récupérateurs de chaleur adaptés aux faibles débits. Les extracteurs et les tours à vent sont devenus des éléments de l'architecture moderne.

Les immeubles de logements BedZED, au Sud de Londres, sont des exemples où le traitement de la ventilation naturelle avec récupération de chaleur fait partie de la conception architecturale et l'esthétique de l'ensemble. . Ce système de ventilation naturelle permet de récupérer une partie des calories émises



# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux



# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

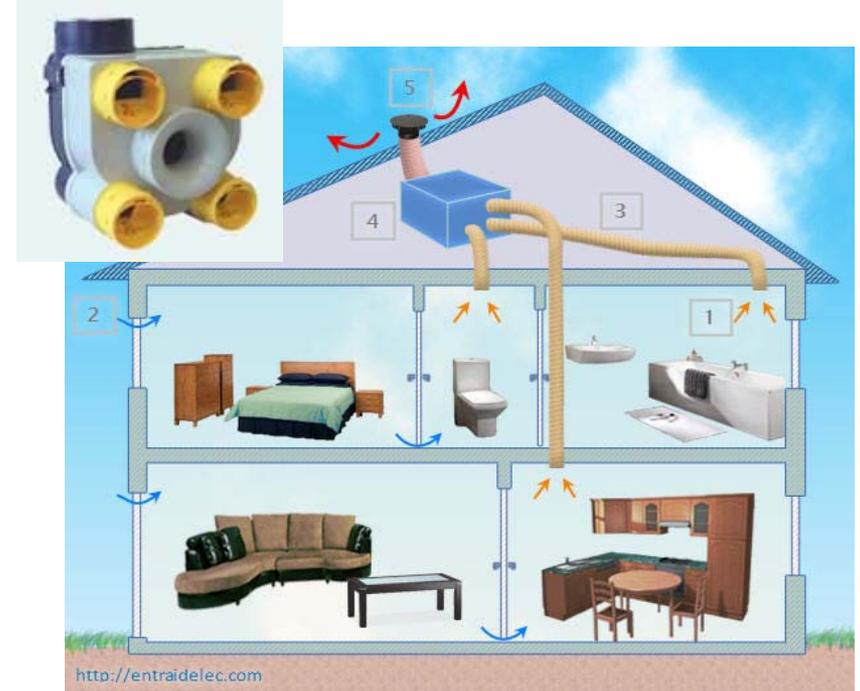
- Ventilation mécanique action mécanique de ventilateurs : contrôlables
  - Consomment de l'énergie
  - Nécessitent de l'entretien
  - Bruits si mal dimensionnés
  - Néfastes en canicule
  - Pas toujours adaptées a l'existant
  - Empêchent isolation acoustique entre locaux
  - pour le moment réglementaires
    - **VMC simple flux**
    - **Hygroréglable**
    - **Double flux**

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique des locaux

**VMC simple flux:** moins coûteuse l'inconvénient majeur est la perte de chaleur, celle-ci envoyant de l'air chaud de l'intérieur vers l'extérieur

Les **VMC simple-flux autoréglables** ont des débits d'air constants quelles que soient les conditions extérieures (vent, pluie) et intérieures (nombre d'occupants, humidité).



groupe d'aspiration (4), généralement dans les combles de la maison. Des voies d'amené d'air frais (2), souvent intégrées aux fenêtres des pièces à vivre

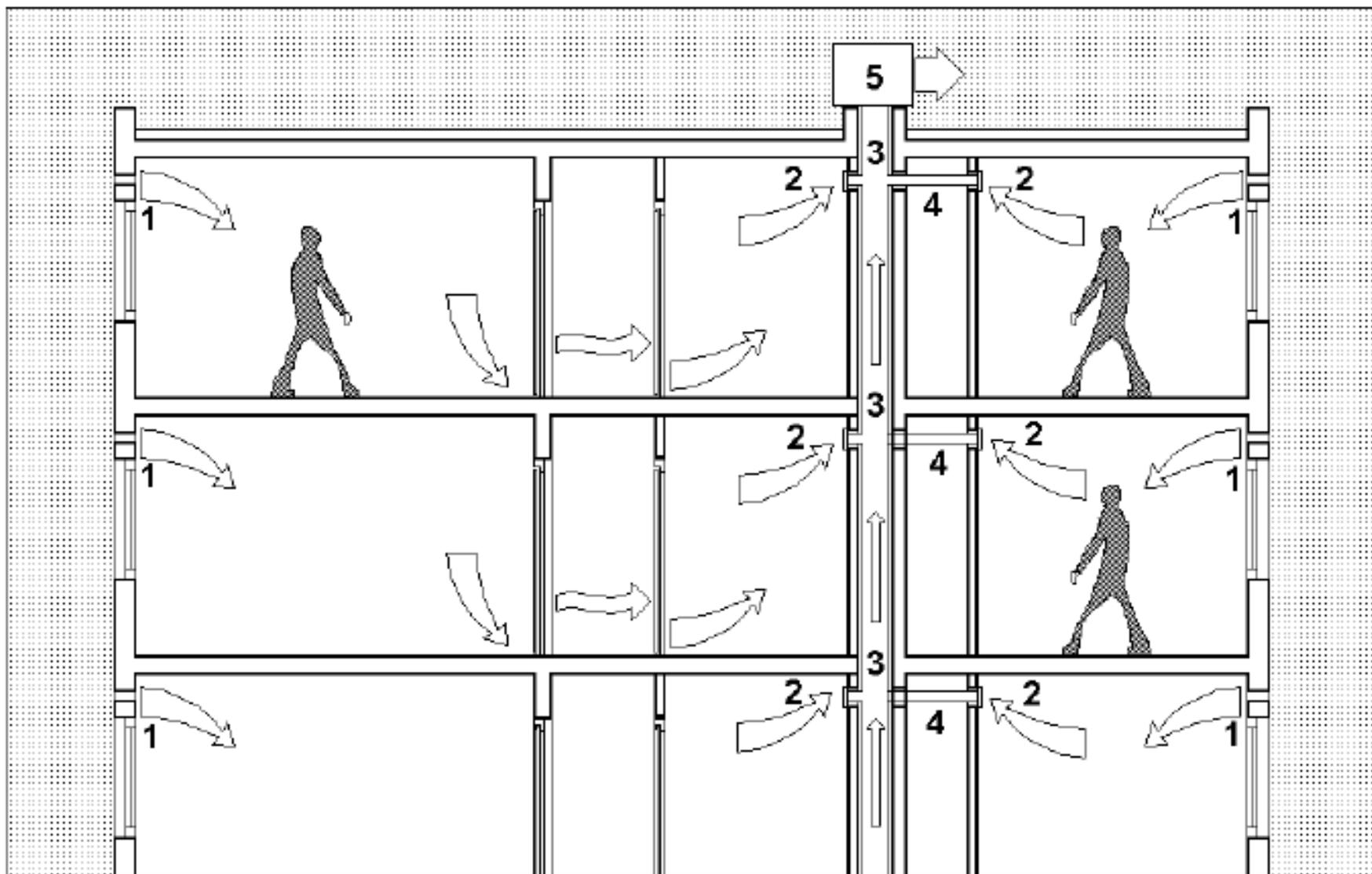
Dans les pièces dites humides, sont installées des bouches d'évacuation d'air (1),

Ces bouches d'évacuation sont directement raccordées aux entrées du groupe VMC par des gaines souples (3)

une bouche de toit (5), afin d'évacuer vers l'extérieur, l'air aspiré par le groupe et est raccordé à la sortie du groupe

Les groupes de VMC simple flux ont généralement deux vitesses de fonctionnement. Une petite vitesse pour l'usage quotidien, et une grande en cas d'humidité excessive liée à certaines occasions (ex : douche). La commande petite/grande vitesse est réalisée via un interrupteur type "va et vient" installé le plus souvent dans la cuisine ou la salle de bain.

Pour que la VMC soit efficace, il est important qu'elle fonctionne en permanence, de même que le bas de vos portes intérieures doivent laisser un espace d'environ 1 cm entre le bas de la porte et le sol afin que l'air puisse suffisamment circuler portes fermées.



**1 bouches d'entrée d'air autoréglables**  
**4 conduit individuel horizontal**

**2 bouches d'extraction**  
**5 caisson d'extraction**

**3 conduit collectif vertical**

*exemple de VMC simple flux dans un immeuble de logements*

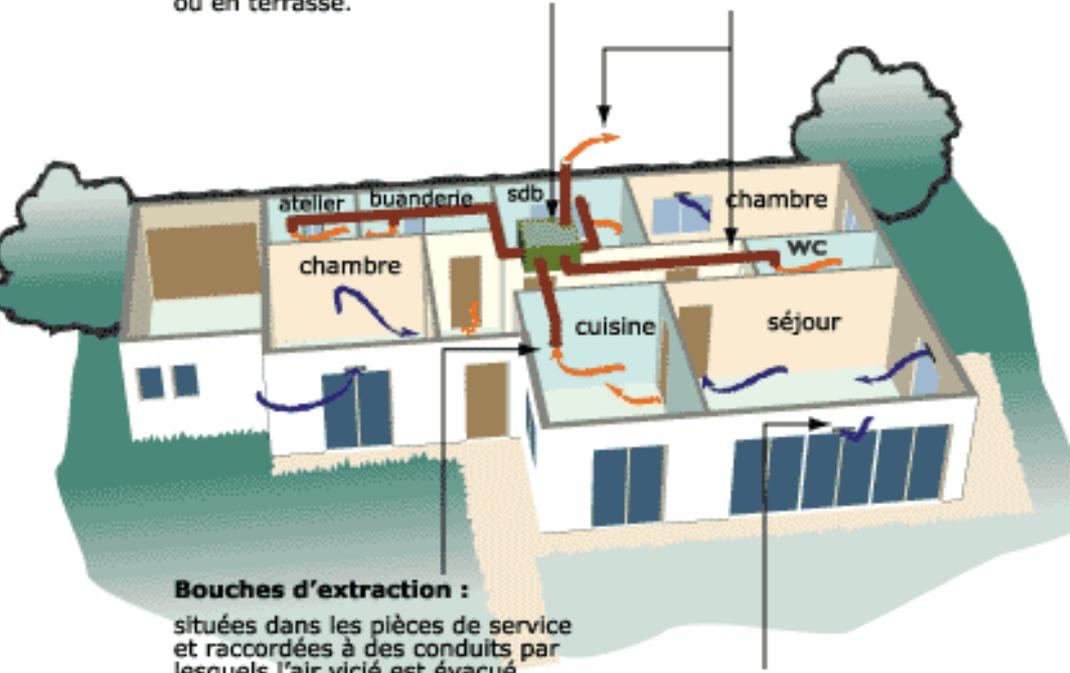
# Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

## Groupe d'extraction :

Ventilateur qui extrait l'air des pièces de service.  
En général installé dans les combles ou en terrasse.

## Conduits :

liaison entre les bouches et le ventilateur, puis le ventilateur et l'extérieur.



## Bouches d'extraction :

situées dans les pièces de service et raccordées à des conduits par lesquels l'air vicié est évacué à l'extérieur. Leur débit peut être fixe, réglable, hygroréglable...

## Entrées d'air :

situées dans les pièces de vie, en général placées en partie haute des menuiseries ou dans les coffres des volets roulants. Elles peuvent être autoréglables, hygroréglables ou acoustiques quand elles limitent la pénétration du bruit extérieur dans le logement.

## VMC hygroréglables

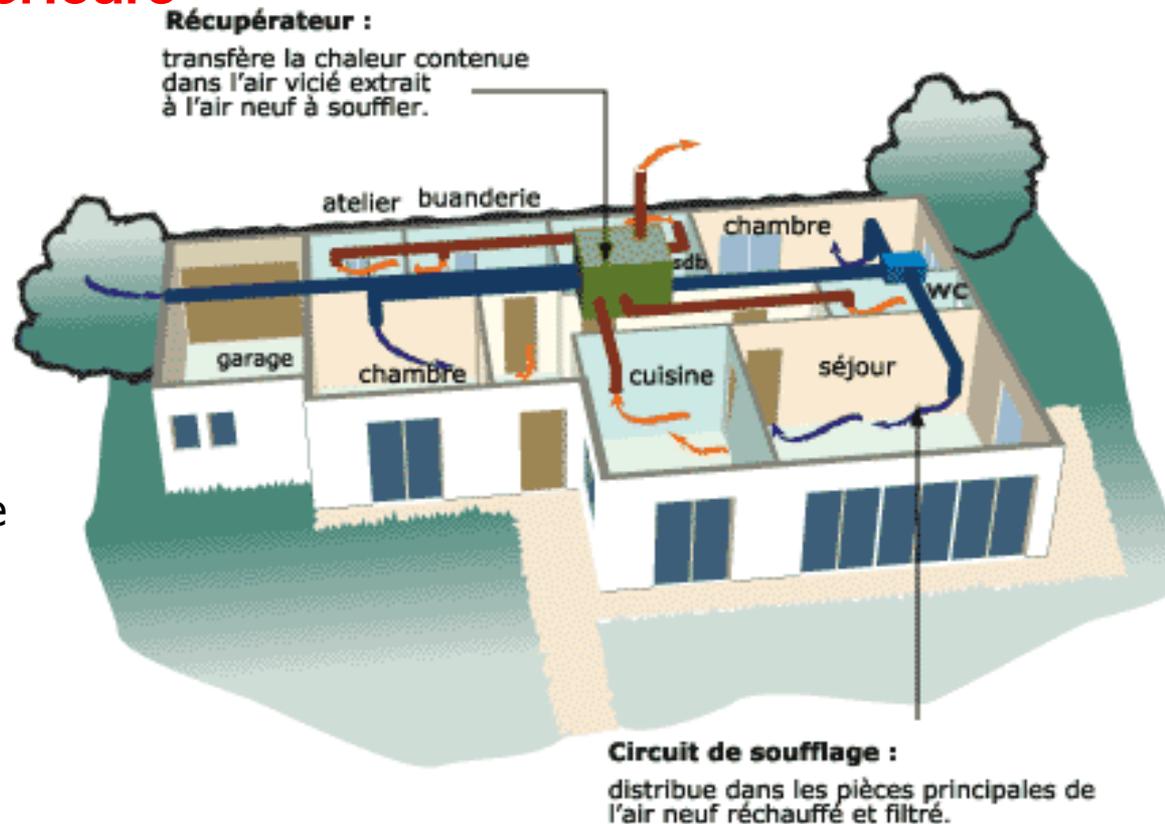
- Variante du simple flux
- voient leur débit d'air varier en fonction de l'humidité intérieure, ce qui permet de garantir l'évacuation plus rapide d'un air très humide tout en limitant les gaspillages (ventilation adaptée aux besoins).
- Les bouches d'extraction sont conçues pour être automatiquement réglables en fonction de l'hygrométrie intérieure des pièces

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique

### Double flux

- Ce système permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation : il **récupère la chaleur** de l'air vicié extrait de la maison et l'utilise pour **réchauffer l'air neuf filtré** venant de l'extérieur. Un ventilateur pulse cet air neuf préchauffé dans les pièces principales par le biais de bouches d'insufflation. Cet équipement est plus coûteux qu'une VMC simple-flux, mais il permet des **économies de chauffage** importantes :
  - en récupérant jusqu'à 70 % (90 % dans les systèmes haute performance) de l'énergie contenue dans l'air vicié extrait ;
  - en profitant de la chaleur dégagée par la cuisson ou la toilette.



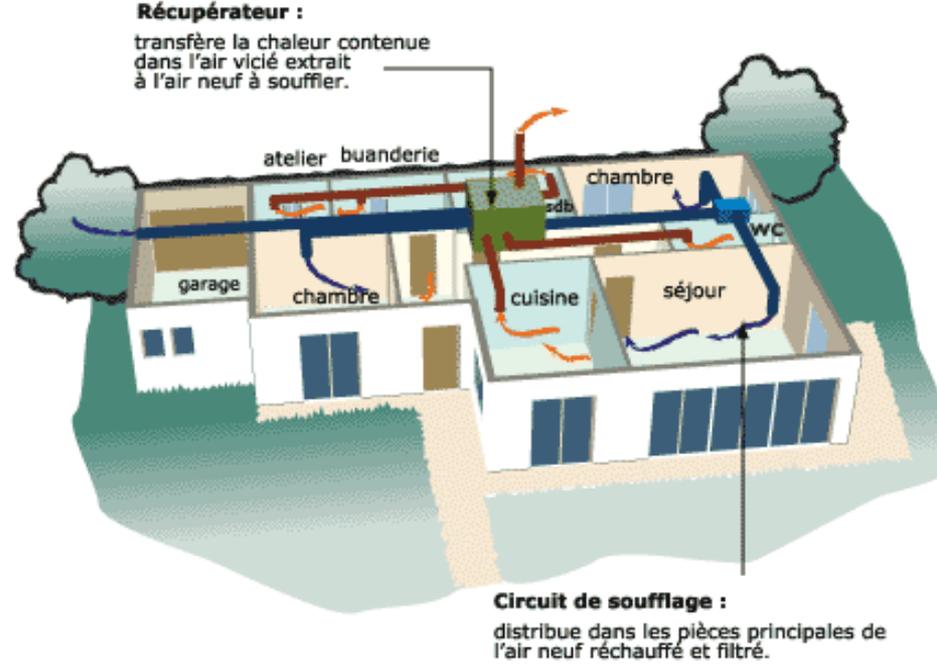
Même réseaux qu'un simple flux sauf que les entrées d'air ne sont pas réalisées en façade L'air neuf est pulse vers les pièces principales par un réseau d'insufflation L'air insufflé peut être chauffé ou refroidi  
Climat chaud et sec : refroidissement par humidification adiabatique

# Conception des espaces intérieurs

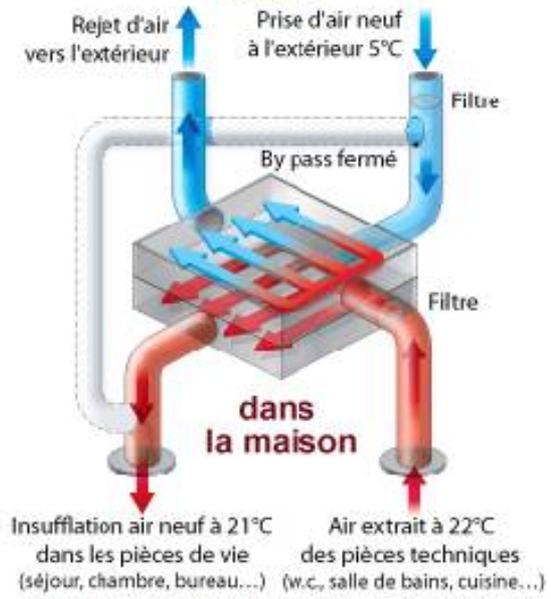
## Ventilation mécanique

### Double flux

- La prise d'air neuf permet le filtrage de l'air : intéressant lorsque la zone est polluée ou poussiéreuse
- Suppression d'entrées d'air en façade permet une meilleure étanchéité à l'air et aux bruits aériens externes.
- La prise d'air géothermique couplée à une ventilation double flux est un système de rafraîchissement naturel qui utilise l'inertie de la terre pour permettre à la maison d'être rafraîchie en été et tempérée en hiver.
- + de Complexité de mise en œuvre
- Coût + élevé
- Frais d'entretien et de maintenance

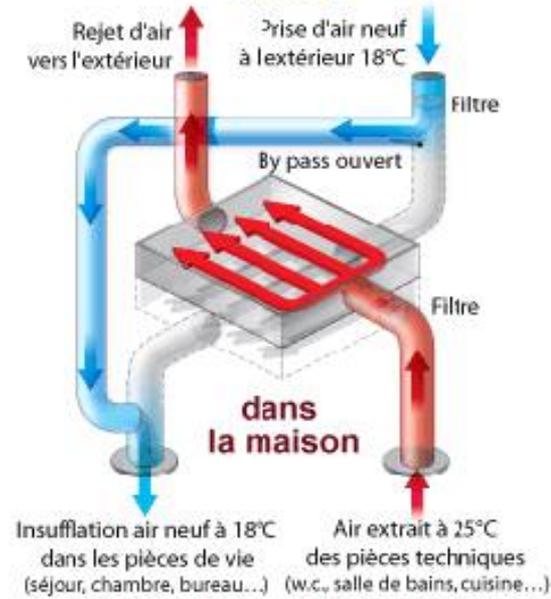


### Principe en hiver dehors

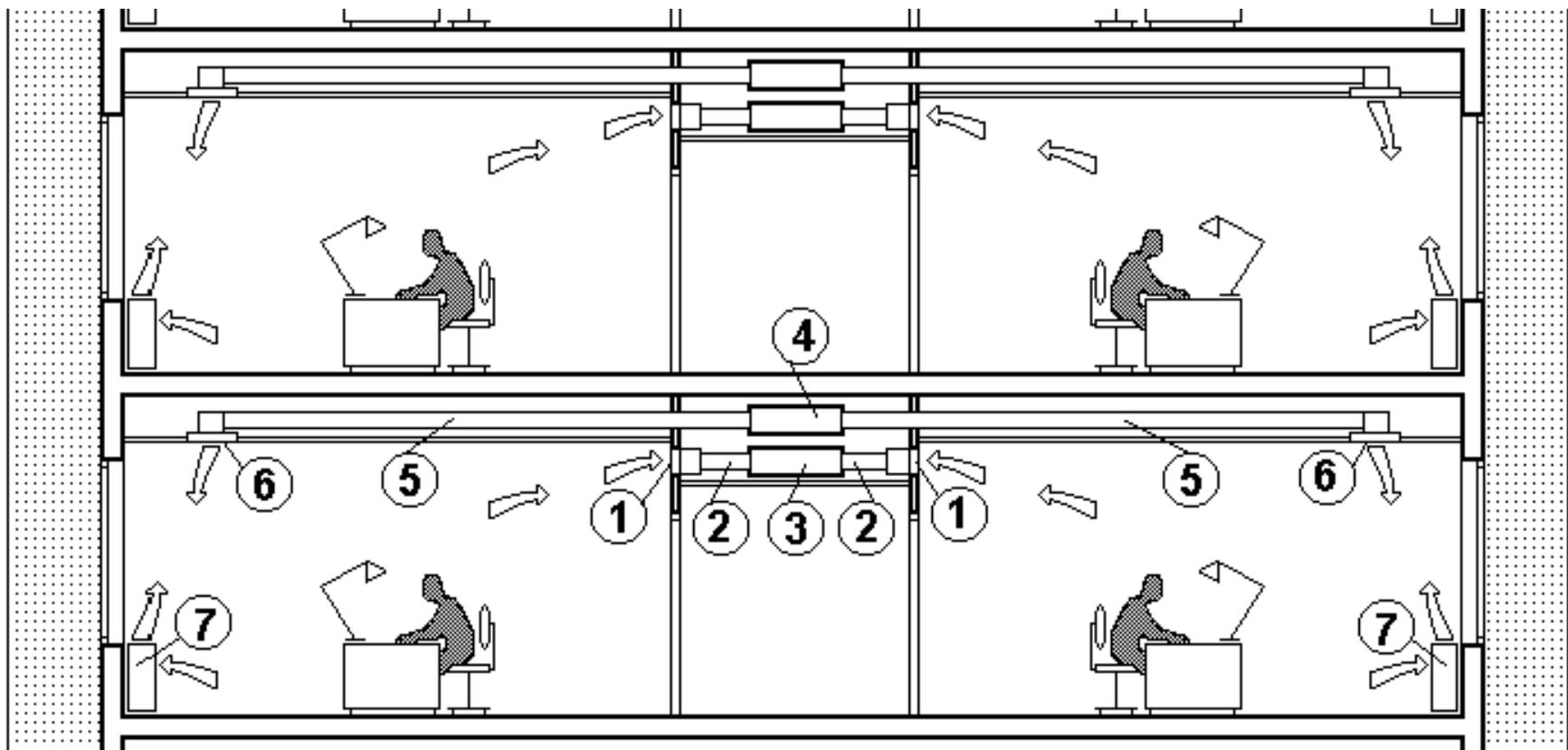


**Echange de calories**

### Principe en nuit d'été dehors



**Pas d'échange de calories**



- 1** bouche d'extraction
- 2** conduit individuel d'extraction
- 3** conduit collectif d'extraction
- 4** conduit collectif d'air neuf éventuellement chauffé ou rafraîchi (les conduits d'insufflation sont alors isolés thermiquement)
- 5** conduit individuel de soufflage
- 6** bouche de soufflage
- 7** ventilo-convecteur pour le chauffage ou le rafraîchissement de la pièce

*exemple de ventilation double flux pour un immeuble de bureaux*

## Conception des espaces intérieurs

La **VMC-gaz** évacue par le même réseau l'air vicié du logement et les produits de combustion d'une chaudière ou d'un chauffe-eau à gaz.

- La **ventilation mécanique répartie (VMR)** est constituée d'**aérateurs individuels** placés dans les pièces de service. Elle fonctionne selon le même principe qu'une VMC (balayage de l'air depuis les pièces principales jusqu'aux pièces de service d'où il est rejeté, en passant sous les portes de communication).

Ce système convient en **rénovation**, quand la pose d'une VMC est trop problématique. Il existe des modèles d'aérateurs silencieux et consommant peu d'électricité.

## type de ventilation

### avantages

### inconvénients

#### VMC simple-flux autoréglable

- débit d'air entrant constant
- avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures

- ne prend pas en compte l'humidité intérieure

#### VMC simple-flux hygroréglable

- variante de la VMC simple flux: les bouches d'extractions et d'entrées d'air conçues pour être automatiquement réglables en fonction du taux d'humidité intérieur
- débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité, donc de l'occupation et des activités.  
L'air neuf est pulsé vers les pièces principales par un réseau d'insufflation qui comprend: une prise d'air neuf extérieur, un ventilateur, un réseau de gaines et des bouches de soufflage
- économies d'énergie par rapport à la précédente
- avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures

- système plus coûteux
- l'intérêt étant porté sur la réduction importante des débits moyens de renouvellement d'air: économies de chauffage...conçue pour réagir à l'humidité, pas d'efficacité pour les polluants chimiques  
Il est utilisé en général pour la ventilation des logements

## **VMC double-flux**

- économies d'énergie par récupération de calories
- filtration de l'air entrant
- sensation de courant d'air froid supprimée
- isolation acoustique du dehors
- préchauffage ou rafraîchissement de l'air entrant

- système le plus coûteux à l'achat
- bruit des bouches d'insufflation, en particulier dans les chambres, en cas de mauvaise conception

## **VMR**

- solution pour la rénovation
- pas de conduits et de gaines à entretenir, organes à nettoyer facilement accessibles

- présence d'un groupe d'extraction dans chaque pièce de service (encombrement, esthétique)
- bruit de certains ventilateurs

## **Ventilation naturelle**

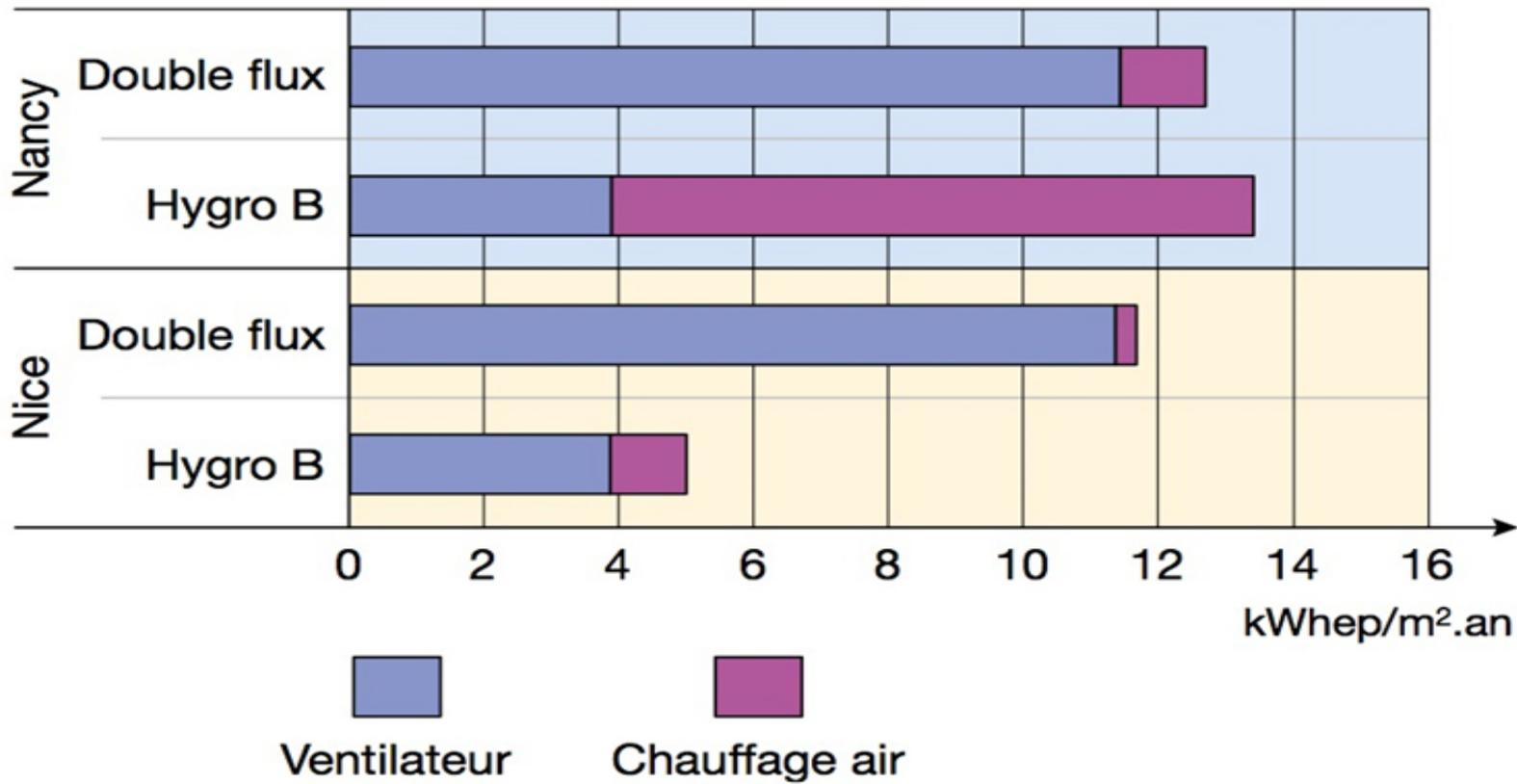
- investissement variable

- soumise aux aléas climatiques
- pertes d'énergie l'hiver

# Conception des espaces intérieurs

ventilation des locaux

## Consommation d'énergie liée à la ventilation mécanique



# Rappel

## Conception des espaces intérieurs

### Ventilation des locaux

- **Aération par l'ouverture des fenêtres :**

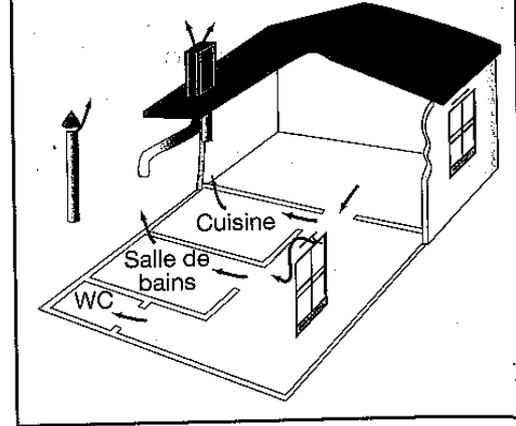
Si un logement ne comprend aucun système de ventilation, il est aéré en ouvrant les fenêtres ou les portes, et par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe. Ce mode d'aération fut courant, mais **à partir de 1969, il a été interdit par la réglementation dans les logements neufs.**

- « Un tel mode d'aération ne permet pas de contrôler le débit d'air renouvelé, donc la qualité de l'air ». « Il génère un inconfort à cause des courants d'air froid en hiver et les utilisateurs ont tendance à maintenir les fenêtres fermées ce qui peut nuire à la qualité de l'air. »

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation par conduits à tirage naturel :



Ventilation par conduits à tirage naturel.

- La ventilation naturelle ne nécessite aucun dispositif mécanique pour fonctionner. La circulation de l'air est **induite par le tirage thermique**, dû aux différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur, et les **pressions du vent sur l'enveloppe du bâtiment et notamment au débouché de conduit en toiture** (effet de cheminée). Chaque pièce de service du logement possède une sortie d'air raccordée à un conduit d'évacuation fonctionnant par tirage naturel.
- Dans les logements récents, chaque pièce principale est équipée d'un orifice d'entrée d'air neuf de type autoréglable (ajustement de la section de passage de l'air en fonction du vent). Les sorties d'air sont fixes ou réglables manuellement.
- En habitat collectif, les conduits d'évacuation à tirage naturel peuvent être soit individuels, c'est à dire ne desservir qu'une pièce de service, soit collectifs c'est à dire desservir plusieurs pièces.
- **Le renouvellement de l'air d'un logement ventilé naturellement varie en fonction des conditions climatiques.**

# Conception des espaces intérieurs

## ventilation des locaux

- **Ventilation par conduits à tirage naturel :**

### Vitesse ascensionnelle dans les conduits à tirage naturel

Écart de 1°C entre la température ambiante intérieure et la température extérieure	Vitesse de l'air en mètres par seconde
Section du conduit ou somme des sections: 300x300mm Hauteur du conduit : 10 m	0.4m/s
Section du conduit ou somme des sections: 500x500mm Hauteur du conduit : 10 m	0.45m/s
Ex. logement de 100m <sup>2</sup> (vol 300m <sup>3</sup> ) ayant un conduit de ventilation naturelle de section 300x300 mm et une hauteur de 10m Si l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est de 5°C le renouvellement théorique sera de $5 \times (0.3 \times 0.3) \times 0.4 = 0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ soit 648 m <sup>3</sup> /h ou plus de deux fois le volume d'air du logement	
<i>Ref bibliog ventilation et lumière naturelles David RODITI</i>	

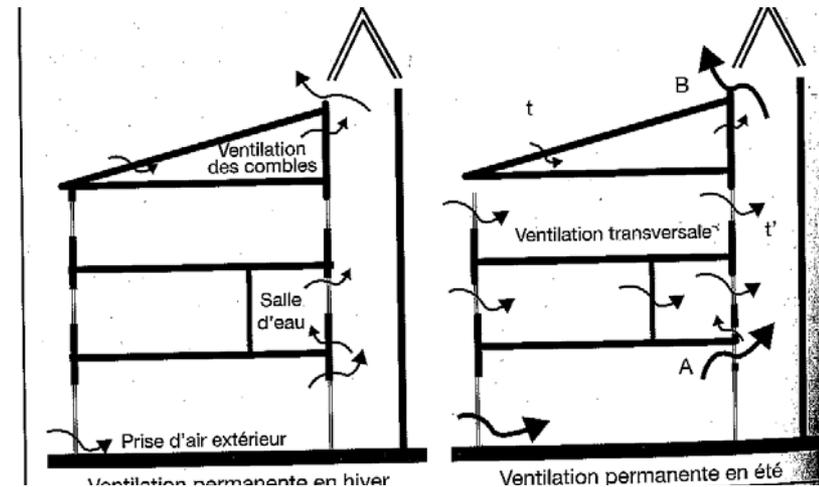
# Conception des espaces intérieurs

## ventilation des locaux

### Ventiler par effet cheminée

- « Par ex. **un puits de jour** peut servir à ventiler les logements et l'espace collectif d'un immeuble, ce qui est très utile dans le cas des immeubles ayant une seule façade sur l'extérieur, ou la ventilation transversale est impossible.
- Le débit de la ventilation varie suivant les dimensions des prises d'air et des orifices d'extraction: l'effet de cheminée peut accélérer le courant d'air et jouer un rôle dans le rafraîchissement de l'immeuble en été. »

Ref bibliog ventilation et lumière naturelles David RODITI



## Rappel Conception des espaces intérieurs

### ventilation des locaux

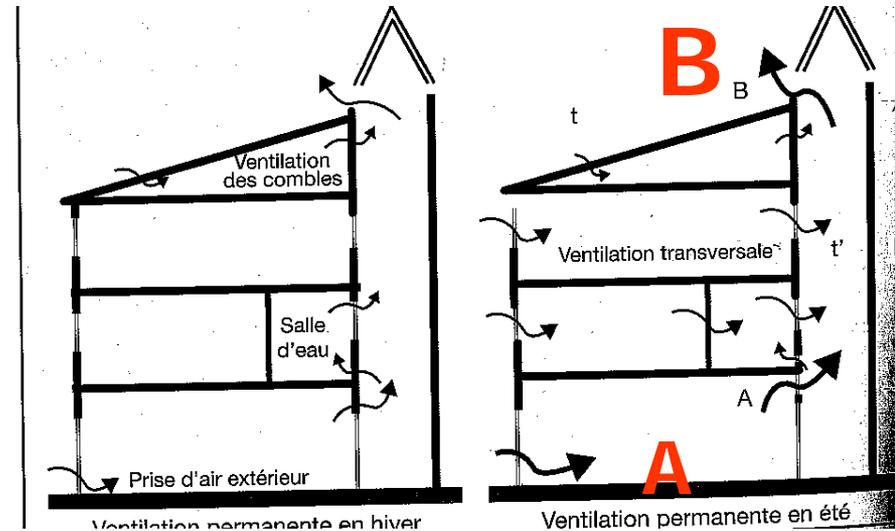
- « Si tous les orifices sont fermés sauf A et B (ventilation permanente en été )
- $t'$  (en °C) est la température moyenne à l'intérieur du puits de jour
- $t$  (en °C) est la température de l'air extérieur
- Si  $t'$  est plus chaud que  $t$  il se produira un courant d'air de A vers B c'est ce qu'on appelle effet cheminée
- Règle simple pour estimer le débit de l'air du à l'effet de cheminée:

Débit en m<sup>3</sup>/heure =  $400 \times S \times C \times \sqrt{h \times (t' - t)}$

S en m<sup>2</sup> superficie des orifices d'entrée d'air

C en m, est un coefficient dépendant du rapport des surfaces des orifices de sortie et d'entrée voir les valeurs de c dans le tableau

H (en m) est la différence de hauteur entre les orifices A et B



Valeur du coefficient c selon les dimensions des ouvertures A et B

B/A	C
0.25	0.34
0.50	0.63
1	1
2	1.26

En général la T air dans un puits de jour est plus élevée que la t ambiante, (déperditions thermiques de l'immeuble) en hiver Si le puits de jour est ouvert et s'il y a une prise d'air extérieur il y aura circulation de l'air du bas vers le haut en permanence Le réglage des orifices permet un contrôle du débit suivant les besoins.

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Ventilation naturelle à tirage assisté :

- Les **extracteurs statiques** basés sur le principe du venturi (tuyère à cônes divergents) ou d'autres dispositifs, créent sous l'action du vent, une dépression suffisante dans le conduit d'extraction pour maintenir un débit d'air minimum.
- Le débit d'air extrait dépend des conditions atmosphériques extérieures.



Extracteur éolien antirefouleur et régulateur de tirage

Les extracteurs statiques basés sur l'effet venturi ou éolienne créent une dépression sous l'action du vent, suffisante pour maintenir un débit d'air minimum

L'extracteur est choisi en fonction du débit recherché et des dimensions du conduit, le débit réel dépendra des conditions atmosphériques

Ref bibliog ventilation et lumière naturelles

David RODITI

- L'extracteur statique **ASTATO AS1** avec collier sur mitron terre cuite.

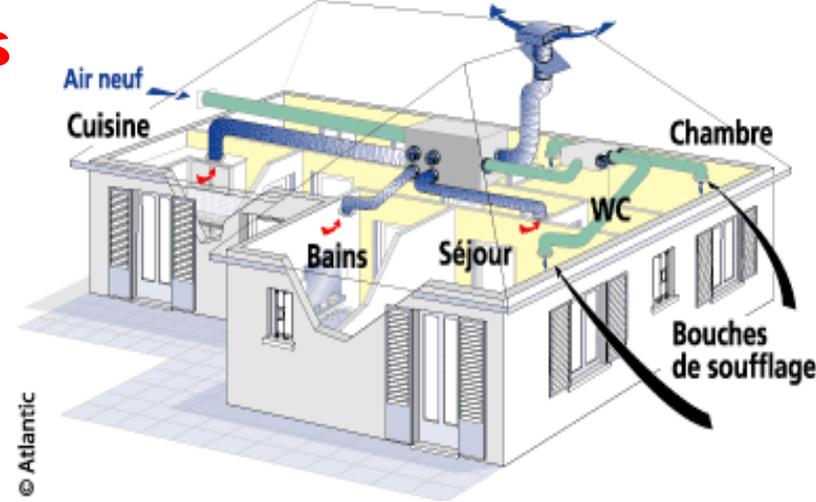
Web :



# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

## Le double flux à récupérateur statique



Contrairement au simple flux, ce sont deux réseaux de conduits qui font circuler l'air mécaniquement.

- Le premier est destiné à l'extraction de l'air vicié ( la salle de bains, la cuisine et les WC.)
- Le second, concerne l'insufflation de l'air neuf dans les pièces principales (séjour et chambres). **Ils sont reliés à un bloc de distribution qui préchauffe et filtre l'air neuf.**

Le + :

- ce système minimise les déperditions énergétiques par récupération des calories et économise l'énergie liée au chauffage.
- Il a l'avantage d'assurer une protection acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs.

Le - :

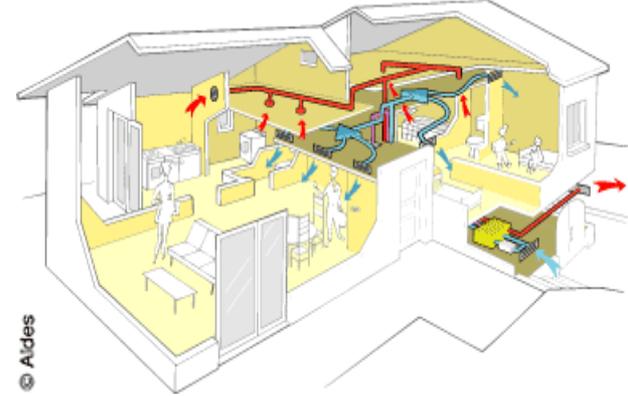
- l'importance du double réseau de conduits, sa position et son isolation thermique.

[http://www.promotelec.com/technique/dossiers/24/dossier\\_2.aspx](http://www.promotelec.com/technique/dossiers/24/dossier_2.aspx)

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Le double flux thermodynamique



s'apparente au double flux récupération statique, mais la présence de **l'échangeur thermodynamique** lui permet de dépasser le seul dispositif de renouvellement d'air pour s'approcher davantage d'un générateur performant de chaleur par l'optimisation de la récupération des calories de l'air extrait, qui assure de surcroît le rafraîchissement l'été.

Le fonctionnement, d'une part, repose le plus souvent sur un ventilateur associé à une colonne d'extraction d'air vicié et un autre destiné à amener l'air neuf. D'autre part, l'échangeur thermodynamique va permettre de préchauffer et rafraîchir l'air desservi dans le séjour et les chambres.

Le + :

- ce système permet d'apporter une température de complément en hiver et un rafraîchissement en été. Une qualité d'air optimale par une qualité de filtration accrue, la déshumidification de l'air en phase de rafraîchissement et d'importantes économies d'énergie grâce à la récupération de chaleur.
- **En résidentiel** : particulièrement pour les zones de montagne et, plus généralement, pour les zones à climat froid.
- **En tertiaire** : pour les locaux à forte occupation.

Le - :

- l'importance du double réseau de conduits, sa position et son isolation thermique. + de coût d'investissement, [http://www.promotelec.com/technique/dossiers/24/dossier\\_2.aspx](http://www.promotelec.com/technique/dossiers/24/dossier_2.aspx)

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique répartie

- La (VMR) est constituée d'aérateurs individuels placés dans les pièces de service.  
Elle fonctionne selon le même principe qu'une VMC (*balayage de l'air depuis les pièces principales jusqu'aux pièces de service d'où il est rejeté, en passant sous les portes de communication*).
- Ce système convient en **rénovation**, quand la pose d'une VMC est trop problématique.
- « Il existe des modèles d'aérateurs silencieux et consommant peu d'électricité »

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## ventilation des locaux

- **Tirage mécanique par induction**
- Dans des conditions climatiques exceptionnellement défavorables les extracteur statiques peuvent être associés à un tirage mécanique par induction d'air asservie aux conditions climatiques (vent température)
- La ventilation naturelle est renforcé pendant les périodes sans vent ou des besoins exceptionnels de renouvellement d'air
- Principe: injecter un jet d'air à grande vitesse en partie haute du conduit d'extraction et créer un mouvement d'air ascendant
- La dépression engendrée permet de palier le déficit du tirage naturel
- Ref bibliog ventilation et lumière naturelles David RODITI

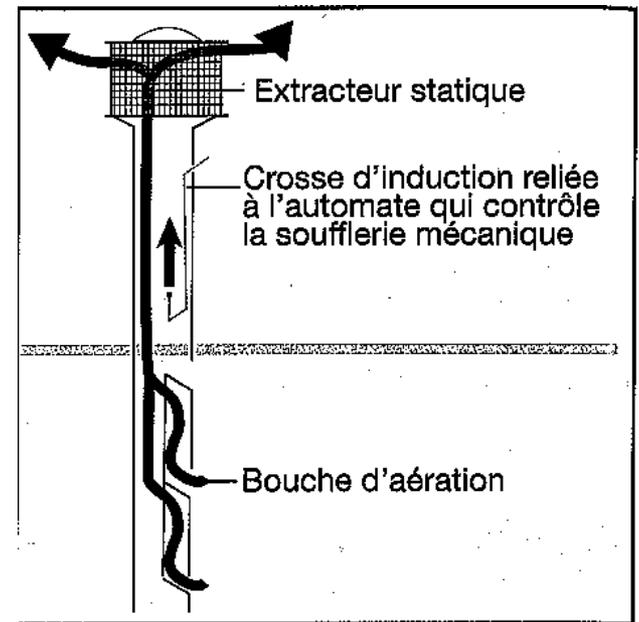
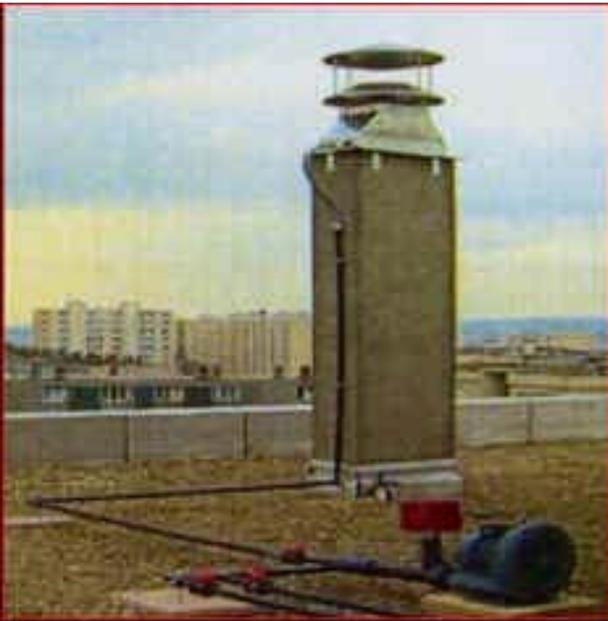


Schéma de fonctionnement de la ventilation assistée par induction.

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

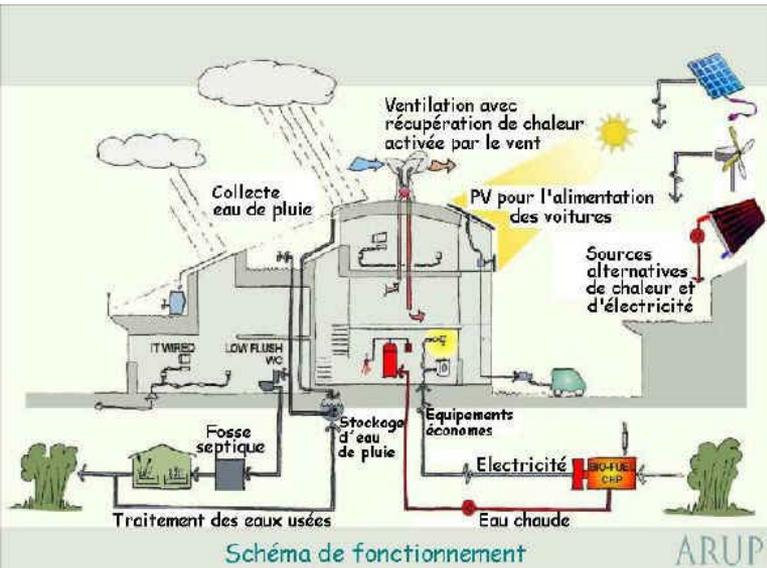


- Les extracteurs statiques peuvent être associés à un tirage mécanique par induction d'air asservie aux conditions climatiques (vent, température).
- La ventilation peut ainsi répondre aux besoins à tout moment.
- Le système NAVAIR montrant l'extracteur, le conduit d'induction et le moteur.  
L'aide mécanique à la ventilation naturelle est asservie à un automate qui analyse les paramètres des besoins et des conditions climatiques afin de commander le moteur.

# Rappel

## Conception des espaces intérieurs

### Ventilation des locaux



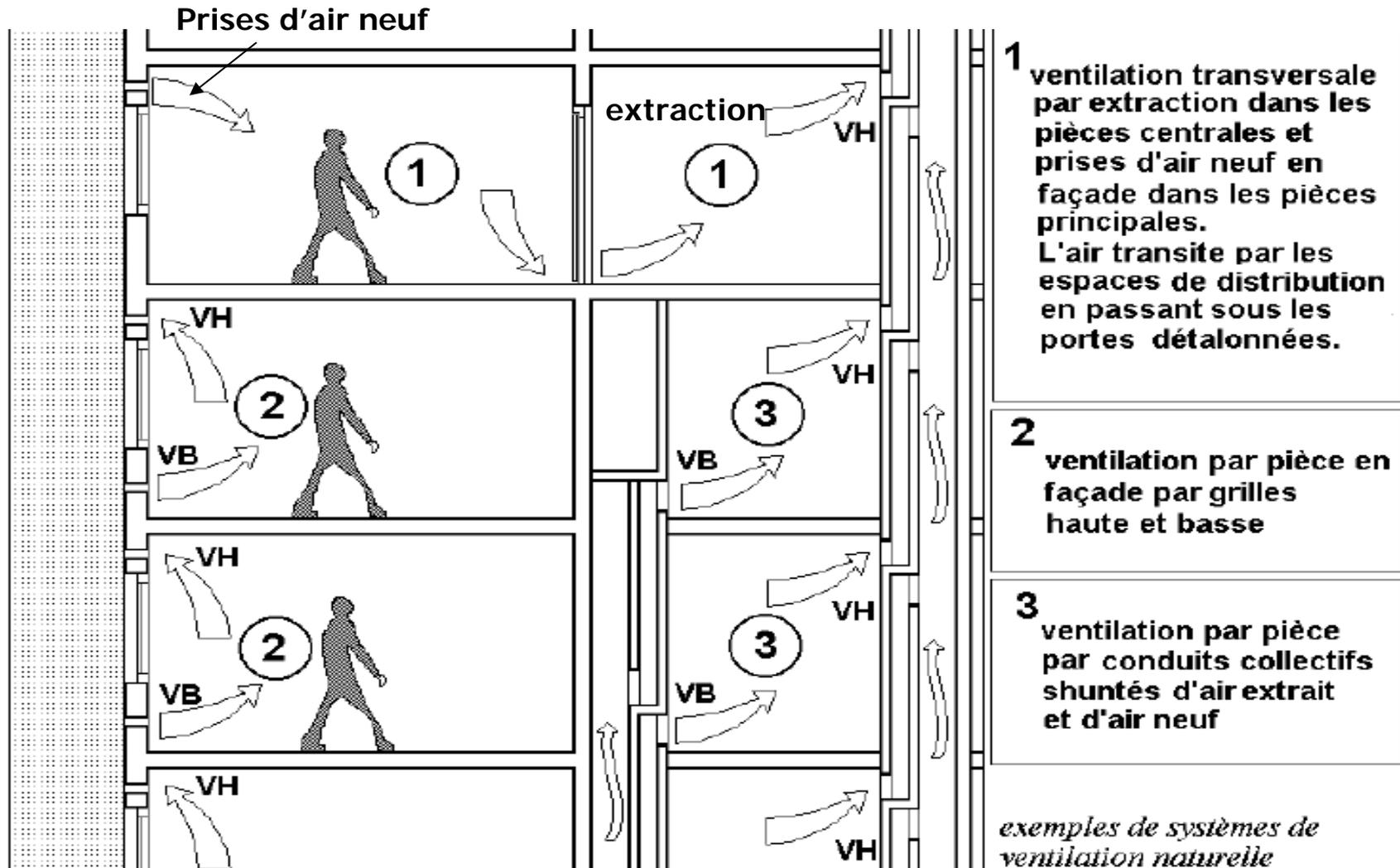
- **Ventilation naturelle avec récupération de chaleur**
- La ventilation naturelle : sujet de nombreuses études en Grande Bretagne, de la **conception des extracteurs statiques au récupérateurs de chaleur adaptés aux faibles débits**. Les extracteurs et les tours à vent sont devenus des éléments de l'architecture moderne.



Les immeubles de logements BedZED, au Sud de Londres, sont des exemples où le traitement de la ventilation naturelle avec récupération de chaleur fait partie de la conception architecturale et l'esthétique de l'ensemble. Ce système de ventilation naturelle permet de récupérer une partie des calories émises

# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux



# Rappel Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### **Ventilation mécanique**

action mécanique de ventilateurs : contrôlables néanmoins...

- Consomment de l'énergie
- Nécessitent de l'entretien
- Bruits si mal dimensionnés
- Néfastes en canicule
- Pas toujours adaptées à l'existant
- Empêchent isolation acoustique entre locaux

**pour le moment réglementaires**

- **VMC simple flux**
- **Hygroréglable**
- **Double flux**

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique des locaux

### **VMC simple flux:**

moins coûteuse

inconvenient majeur est la perte de chaleur, celle-ci envoyant de l'air chaud de l'intérieur vers l'extérieur

Les **VMC simple-flux autoréglables** ont des débits d'air constants quelles que soient les conditions extérieures (vent, pluie) et intérieures (nombre d'occupants, humidité).

La VMC simple flux : système de ventilation le plus couramment utilisé dans les logements.

- Elle peut être **autoréglable ou hygroréglable ou bien s'agir d'une VMC GAZ** qui assure l'évacuation des produits de combustion (chaudière, chauffe-eau à gaz) en même temps que l'air vicié, et ce par le même réseau.

Dans les deux cas, l'air neuf pénètre dans le logement par des entrées d'air situées au-dessus des fenêtres des pièces de vie (séjour, chambres).

L'air vicié est extrait dans les pièces humides (cuisine, salle de bains, WC) par des bouches reliées à un groupe de ventilation.

**l'air entrant n'est ni préchauffé ni filtré**

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique des locaux

### Principe de la VMC simple flux autoréglable

Basique, la VMC simple flux autoréglable se compose d'entrées d'air autoréglables (dans les pièces principales), de bouches d'extraction (dans les pièces de service), d'un moteur compact muni d'un ventilateur (en général situé dans les combles ou en terrasse), le tout relié par des gaines

**Son débit est constant** et doit être fixé dès la conception du bâtiment, en anticipant au mieux l'usage du logement et le nombre d'habitants prévisible.

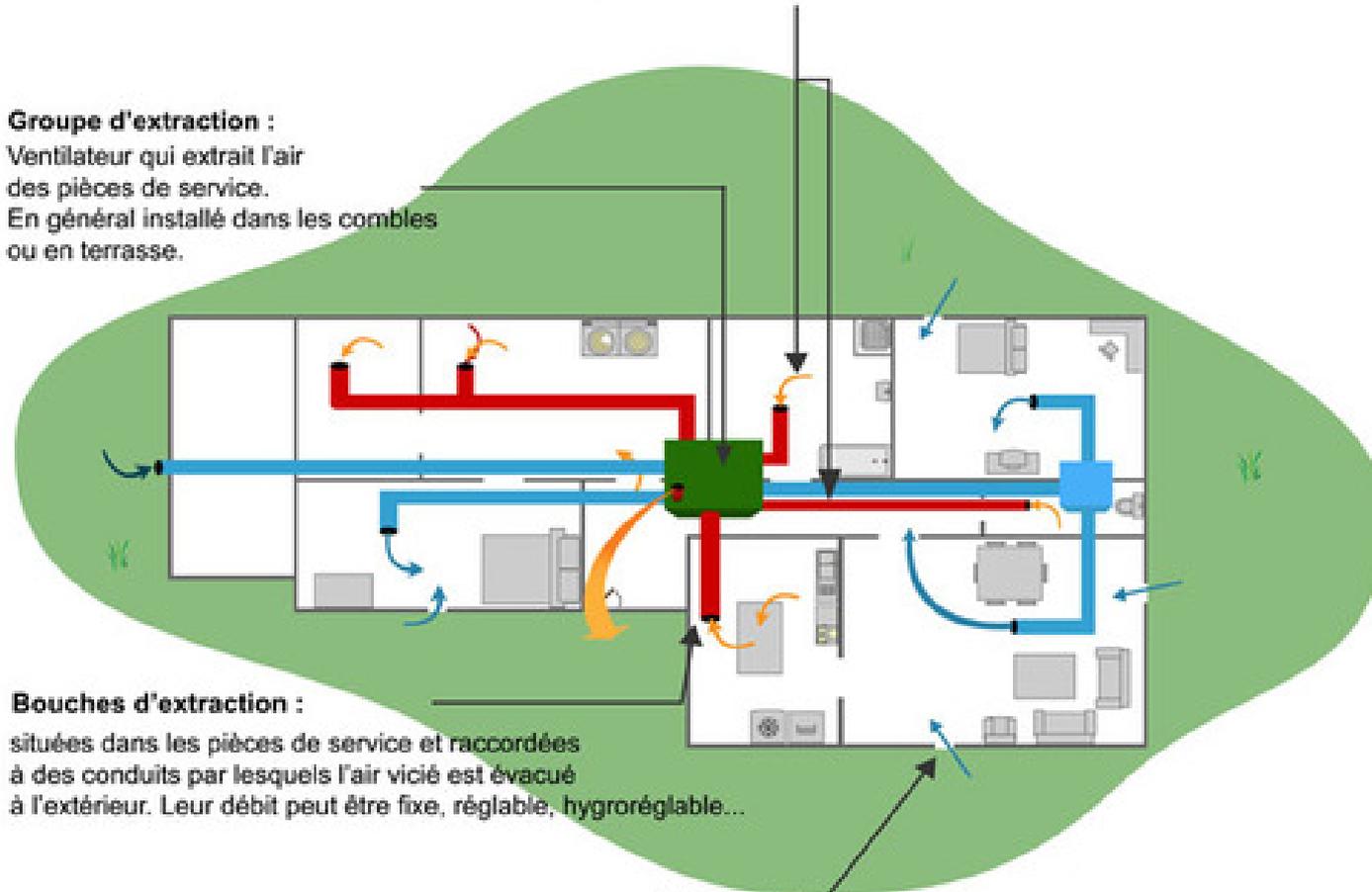
**Solution économique à l'installation, la VMC simple flux autoréglable ne tient pas compte des conditions ni extérieures (vent, pluie, etc.) ni intérieures (nombre d'occupants, humidité).**

**Conduits :**

Liaison entre les bouches et le ventilateur, puis le ventilateur et l'extérieur.

**Groupe d'extraction :**

Ventilateur qui extrait l'air des pièces de service.  
En général installé dans les combles ou en terrasse.



**Bouches d'extraction :**

situées dans les pièces de service et raccordées à des conduits par lesquels l'air vicié est évacué à l'extérieur. Leur débit peut être fixe, réglable, hygroréglable...

**Entrées d'air :**

situées dans les pièces de vie, en général placées en partie haute des menuiseries ou dans les coffres des volets roulants. Elles peuvent être autoréglables, hygroréglables ou acoustiques quand elles limitent la pénétration du bruit extérieur dans le logement.

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique des locaux

### Les VMC simple-flux autoréglables

Dans les pièces dites humides, sont installées des bouches d'évacuation d'air (1).

De voies d'amené d'air frais (2), souvent intégrées aux fenêtres des pièces à vivre

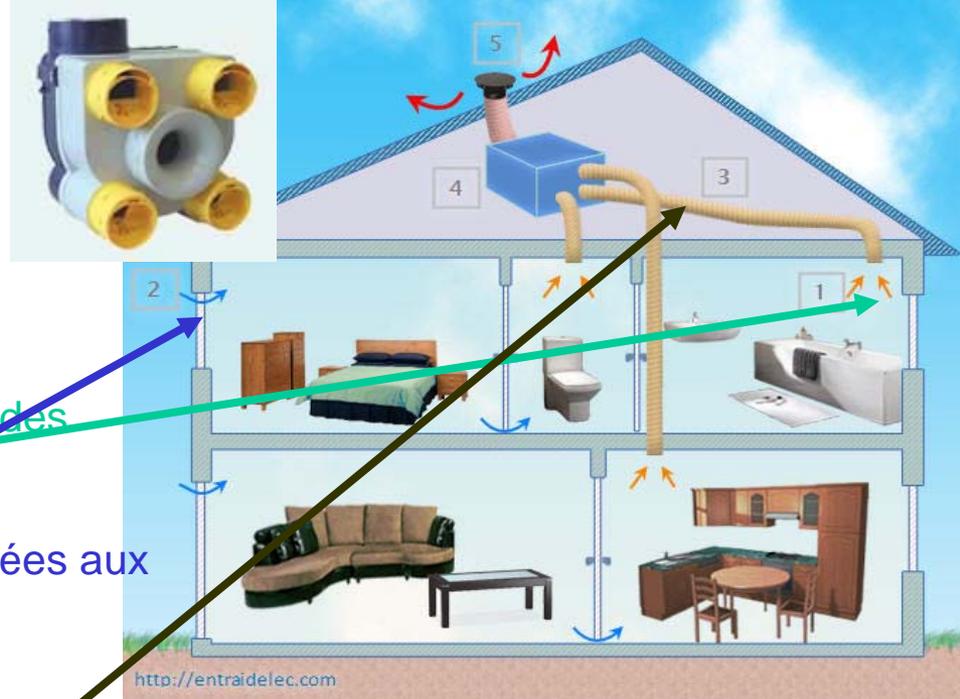
Les bouches d'évacuation sont directement raccordées aux entrées du groupe VMC par des gaines souples (3)

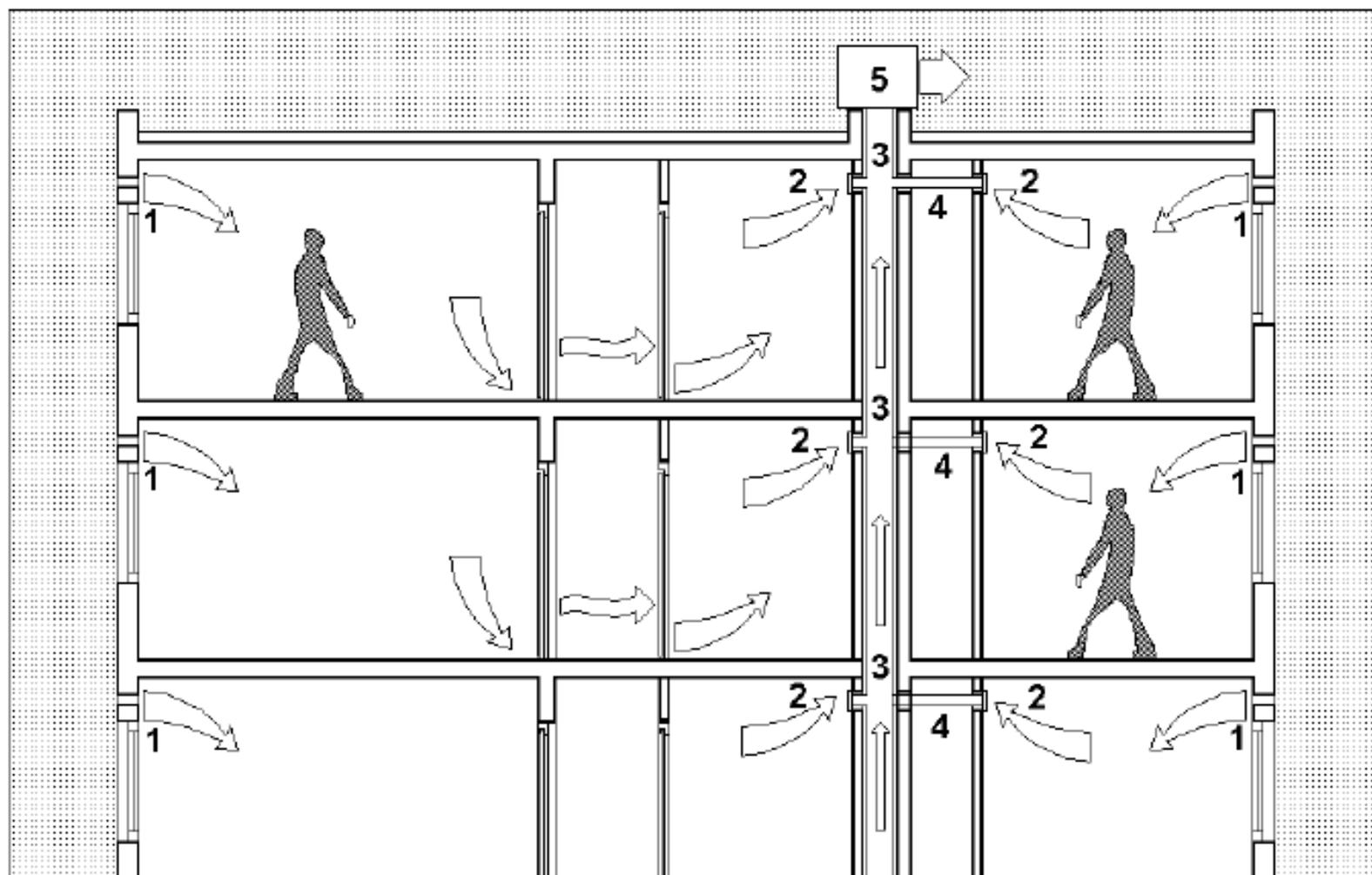
groupe d'aspiration (4), généralement dans les combles de la maison.

une bouche de toit (5), afin d'évacuer vers l'extérieur, l'air aspiré par le groupe et est raccordé à la sortie du groupe

Les VMC simple flux peuvent avoir deux vitesses de fonctionnement. Une petite vitesse pour l'usage quotidien, et une grande en cas d'humidité excessive liée à certaines occasions (ex :douche). La commande petite/grande vitesse est réalisée via un interrupteur type "va et vient" installé le plus souvent dans la cuisine ou la salle de bain.

Pour que la VMC soit efficace, il est important qu'elle fonctionne en permanence, le bas des portes intérieures doivent laisser un espace d'environ 1 cm entre le bas de la porte et le sol afin que l'air puisse suffisamment circuler portes fermées.





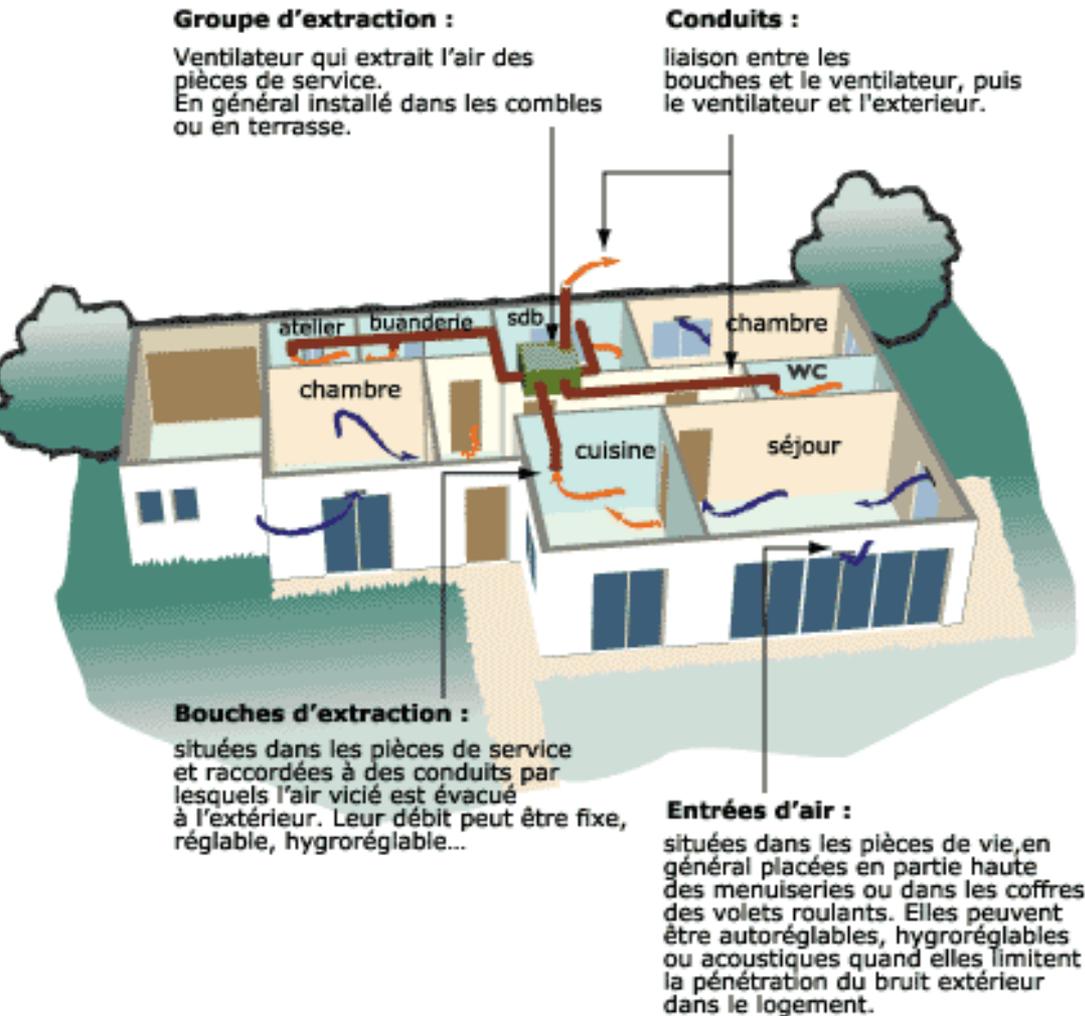
**1 bouches d'entrée d'air autoréglables**  
**4 conduit individuel horizontal**

**2 bouches d'extraction**  
**5 caisson d'extraction**

**3 conduit collectif vertical**

*exemple de VMC simple flux dans un immeuble de logements*

# Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux



## VMC hygroréglables

- Variante du simple flux
- voient leur débit d'air varier en fonction de l'humidité intérieure, ce qui permet de garantir l'évacuation plus rapide d'un air très humide tout en limitant les gaspillages (ventilation adaptée aux conditions d'humidité mais attention pas à d'autres besoins tels que odeurs, COV... ).
- Les bouches d'extraction sont conçues pour être automatiquement réglables en fonction de l'hygrométrie intérieure des pièces

## Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

- **VMC** hygroréglable : système centralisé : 1 seul extracteur est relié par des conduits à des bouches placées dans les pièces polluées ou humides (WC, Salle de bains, cuisine).

Il existe 2 types de ventilation hygroréglable :

- **La VMC Hygro A** associe des **entrées d'air autoréglables** (à débit fixe) avec des **bouches d'extraction hygroréglables** (à débit variable). Dans cette configuration, l'extraction de l'air va se faire de manière automatique en fonction de l'humidité et de l'activité humaine.
- **La VMC Hygro B** associe des **entrées d'air et des bouches d'extraction hygroréglables**. Dans ce cas, la régulation est plus fine : gestion automatique de l'apport d'air neuf ET de l'extraction de l'air vicié .
- [http://www.qualiteconstruction.com/uploads/tx\\_commerceaddons/dd0802\\_01.pdf](http://www.qualiteconstruction.com/uploads/tx_commerceaddons/dd0802_01.pdf)

## VMC hygroréglable

### Avantages

- débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité donc de l'occupation et des activités,
- économie d'énergie par rapport à VMC simple flux autoréglable ,
- si entrées d'air acoustiques : diminution des nuisances sonores extérieures,
- moins de consommation électrique qu'une VMC double flux.

### Inconvénients

- gaspillage de chauffage par rapport à une double flux ;
- surchauffe en été ;
- courants d'air ;
- **réagit à l'humidité, mais pas aux polluants extérieurs.**
- coût supérieur à une VMC simple flux autoréglable ;

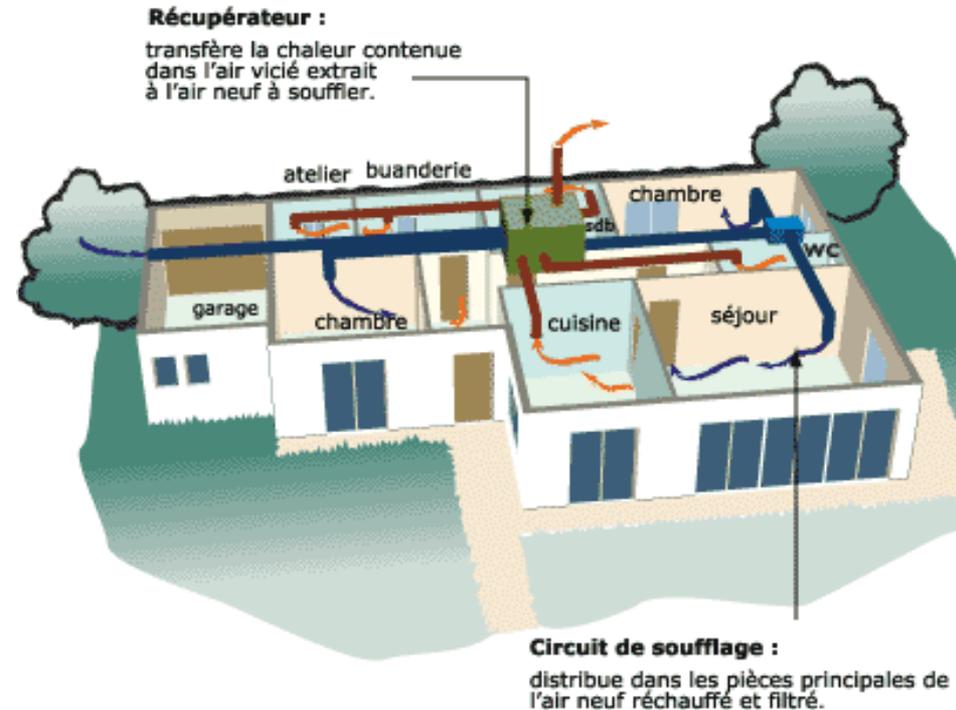
# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation mécanique

### Double flux

- permet d'extraire l'air vicié et de le remplacer par **de l'air neuf préchauffé par l'air sortant**.
- insuffle l'air dans les pièces à vivre
- aspire l'air des pièces humides
- récupère la chaleur de l'air sortant au moyen d'un échangeur thermique.

Ce système permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation : il **récupère la chaleur** de l'air vicié extrait de la maison et l'utilise pour **réchauffer l'air neuf filtré** venant de l'extérieur. Un ventilateur pulse cet air neuf préchauffé dans les pièces principales par le biais de bouches d'insufflation.



Même réseaux qu'un simple flux sauf que **les entrées d'air ne sont pas réalisées en façade**

L'air neuf est pulse vers les pièces principales par un **réseau d'insufflation**

L'air insufflé peut être chauffé ou refroidi  
Climat chaud et sec : refroidissement par humidification adiabatique

# Conception des espaces intérieurs

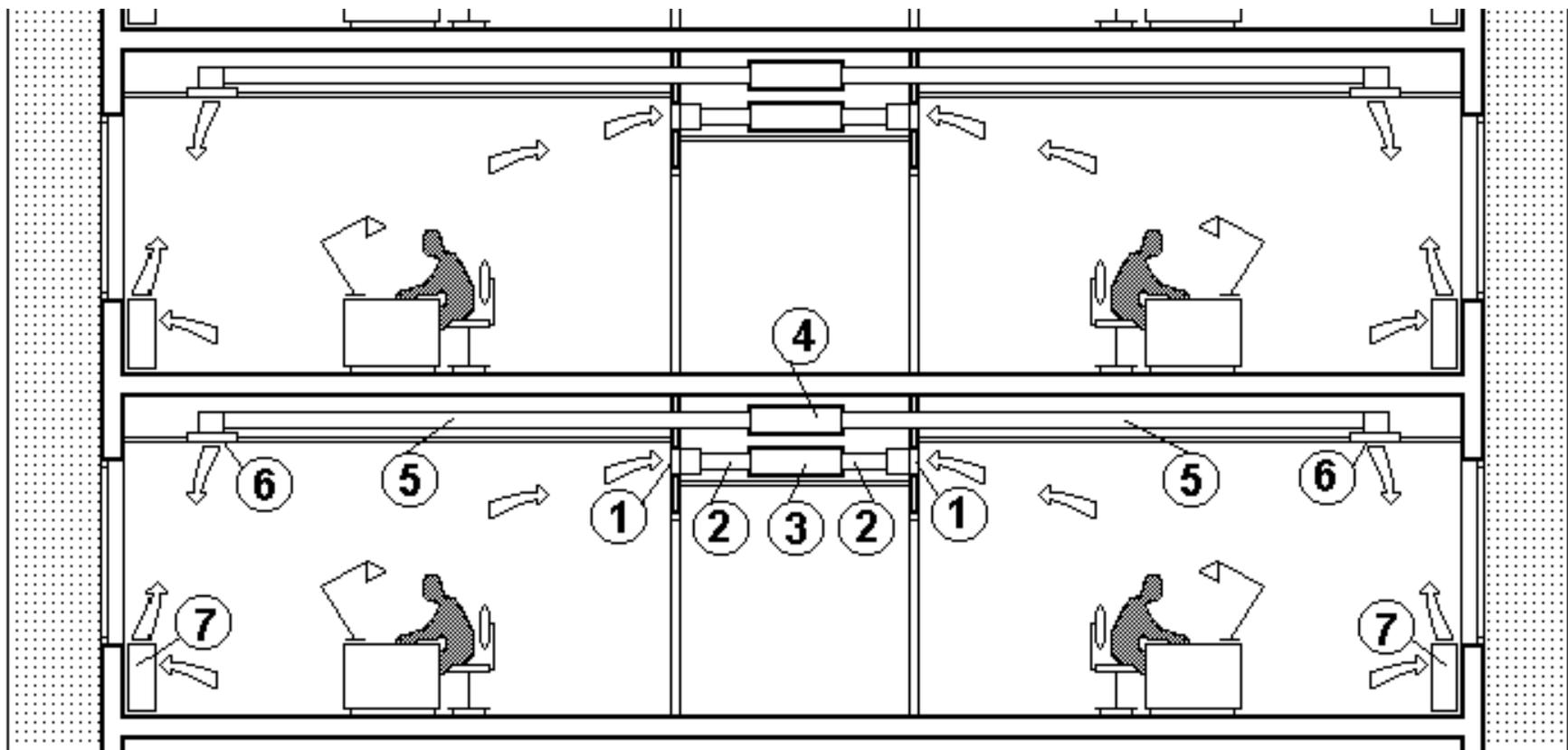
## Ventilation mécanique Double flux

### Avantages

- équipement est plus coûteux qu'une VMC simple-flux, mais il permet des économies de chauffage importantes :
  - en récupérant jusqu'à 70 % (90 % dans les systèmes haute performance) de l'énergie contenue dans l'air vicié extrait ;
- La prise d'air neuf permet le filtrage de l'air lorsque la zone est polluée ou poussiéreuse
- Sensation de courant d'air froid supprimée
- Suppression d'entrées d'air en façade permet une meilleure étanchéité à l'air et aux bruits aériens externes.

### Inconvénients

- La présence d'une ventilation double flux en volume habitable doit être prévue dès la conception de la maison.
- Investissement initial plus important: plus coûteux qu'une VMC simple-flux
- + de Complexité de mise en œuvre
- Frais d'entretien et de maintenance



- 1 bouche d'extraction**
- 2 conduit individuel d'extraction**
- 3 conduit collectif d'extraction**
- 4 conduit collectif d'air neuf éventuellement chauffé ou rafraîchi (les conduits d'insufflation sont alors isolés thermiquement)**
- 5 conduit individuel de soufflage**
- 6 bouche de soufflage**
- 7 ventilo-convecteur pour le chauffage ou le rafraîchissement de la pièce**

*exemple de ventilation double flux pour un immeuble de bureaux*

# Conception des espaces intérieurs



- Fonctionne comme un **système simple flux**, mais pour évacuer l'air elle utilise le réseau qui permet d'éliminer les produits de combustion d'un chauffe-eau à gaz ou d'une chaudière.

La **VMC-gaz** évacue par le même réseau l'air vicié du logement et les produits de combustion d'une chaudière ou d'un chauffe-eau à gaz.

## Conception des espaces intérieurs

- La **ventilation mécanique répartie (VMR)** est constituée d'**aérateurs individuels** placés dans les pièces de service. Elle fonctionne selon le même principe qu'une VMC (balayage de l'air depuis les pièces principales jusqu'aux pièces de service d'où il est rejeté, en passant sous les portes de communication).  
Ce système convient en **rénovation**, quand la pose d'une VMC est trop problématique. Il existe des modèles d'aérateurs silencieux et consommant peu d'électricité.

## type de ventilation

### avantages

### inconvénients

#### VMC simple-flux autoréglable

- débit d'air entrant constant
- avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures

- ne prend pas en compte l'humidité intérieure

#### VMC simple-flux hygroréglable

- débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité, donc de l'occupation et des activités
- économies d'énergie par rapport à la précédente
- avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures

- système plus coûteux à l'achat qu'une VMC simple flux autoréglable
- conçue pour réagir à l'humidité, pas d'efficacité supplémentaire pour les polluants chimiques

#### VMC

- économies d'énergie par

- système le plus coûteux

## VMC double-flux

- économies d'énergie par récupération de calories
- filtration de l'air entrant
- sensation de courant d'air froid supprimée
- isolation acoustique du dehors
- préchauffage ou rafraîchissement de l'air entrant

## VMR

- solution pour la rénovation
- pas de conduits et de gaines à entretenir, organes à nettoyer facilement accessibles

- investissement variable

## Ventilation naturelle

- système le plus coûteux à l'achat
- bruit des bouches d'insufflation, en particulier dans les chambres, en cas de mauvaise conception

- présence d'un groupe d'extraction dans chaque pièce de service (encombrement, esthétique)
- bruit de certains ventilateurs

- soumise aux aléas climatiques

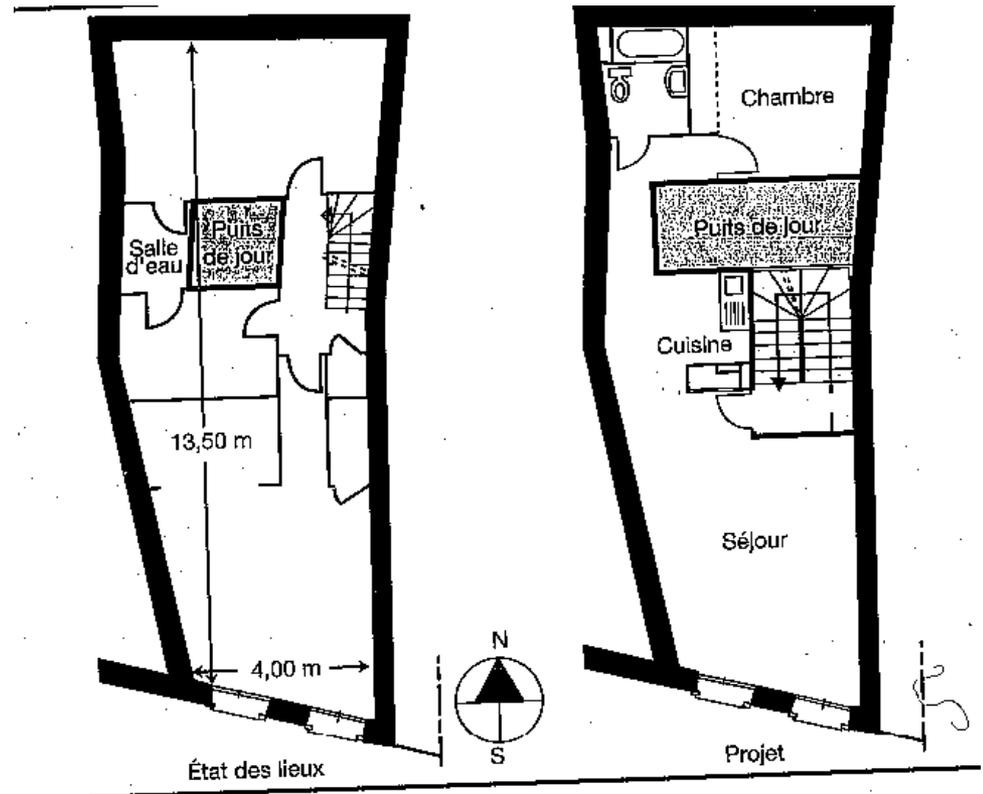
- pertes d'énergie l'hiver

## Conception des espaces intérieurs, réhabilitation lourde

« Création d'un puits de jour efficace afin de rendre les logements réellement habitables »

« Façade de 4 mètres linéaires  
Profondeur de 13,50m

Avant travaux puit central servait d'éclairage et ventilation de plusieurs pièces sur 4 étages »  
Réhabilitation lourde permet d'agrandir le puits de jour de 3 à 7 m<sup>2</sup>



Ref bibliog ventilation et lumière  
naturelles David RODITI » pag 95

# Conception des espaces intérieurs, réhabilitation lourde

La verrière couvrant le puits de jour est conçue avec la face nord en verre réfléchissant pour favoriser le captage de la lumière en hiver

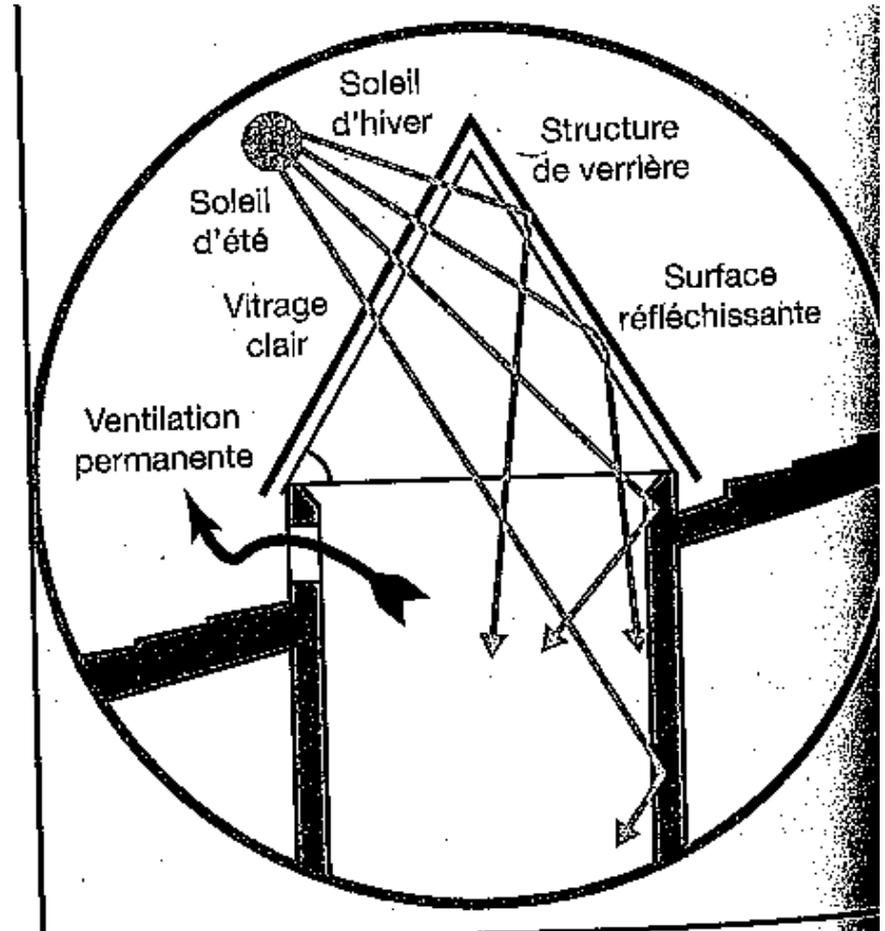
Lorsqu'il y a du soleil le rayonnement direct est réfléchi en bas du puits de jour par le vitrage réfléchissant sans réduire l'ouverture vers le ciel ni la réception du rayonnement diffus

La structure de la verrière est réalisée en profiles d'acier galvanisé

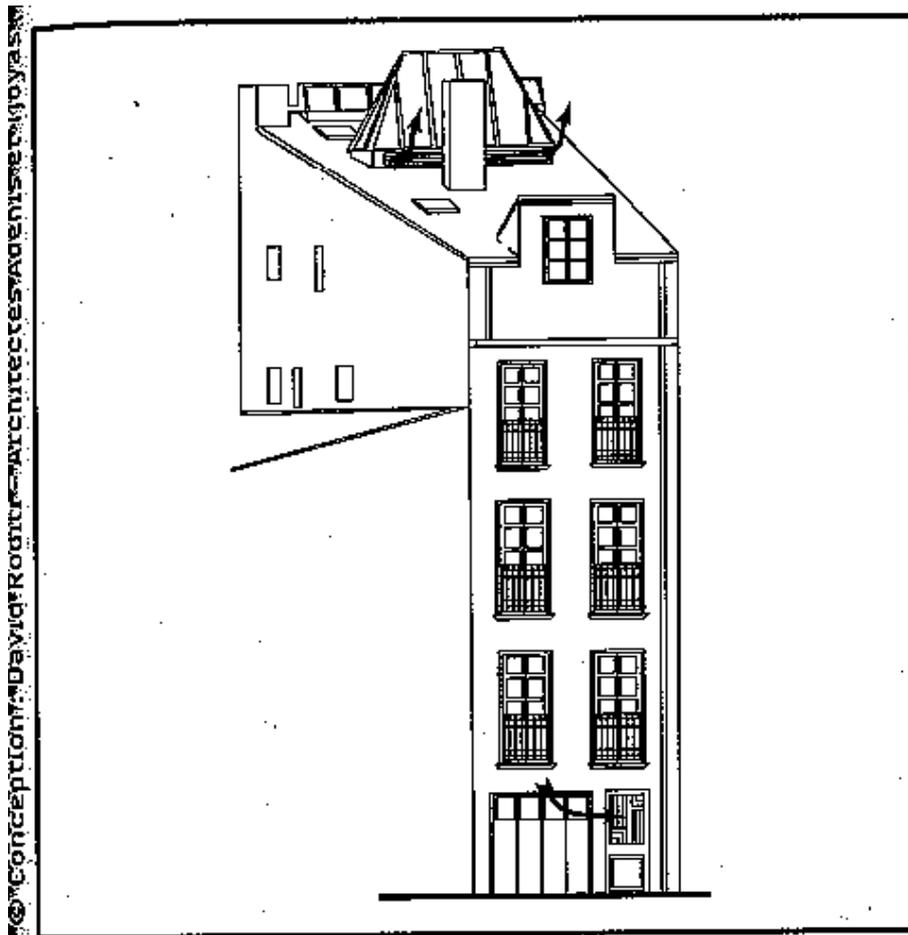
La structure en partie basse est en ossature bois avec un remplissage en contreplaqué et l'étanchéité est réalisé avec des feuilles de plomb

La ventilation est permanente est les ouvertures sont munies de lames de tôles plies pour éviter la pénétration de pluie

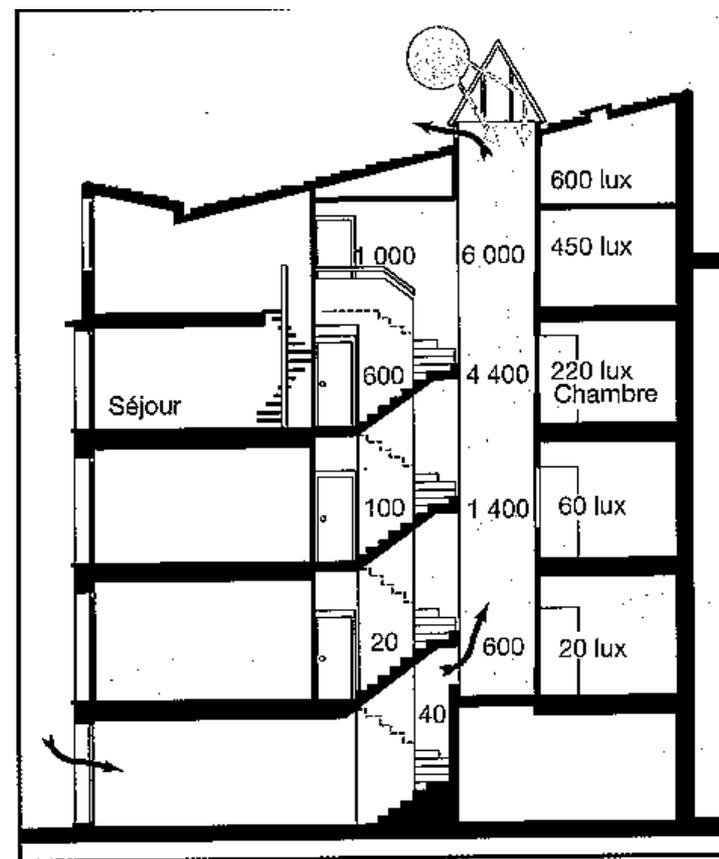
Le revêtement des parois du puits de jour est en faïence blanche



# Conception des espaces intérieurs, réhabilitation lourde



Vue de la façade sud montrant l'entrée d'air sur la rue et la sortie par la verrière.



Coupe à travers l'immeuble et le puits du jour avec les mesures d'éclaircement.

# Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

**ventilation naturelle :**  
**bâtiments en hauteur**  
**Commerzbank Tower**



**Forme triangulaire: bon effet du vent sur la totalité des façades**

**Vn : jardins**

Ref bibliog pag 312 arquitectura bioclimatica en un entorno sostenible  
Javier Neila Gonzalez



**Commerzbank Tower quartier d'affaires de Francfort sur le Main (Allemagne)**

**121000m<sup>2</sup> hauteur: 300m**

**Foster+Partners**  
**Symbole de la ville**

# Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

**ventilation naturelle - bâtiments en hauteur :**

**Commerzbank Tower**

**concours: économie d'énergie et qualité  
environnementale**

**Réponse:**

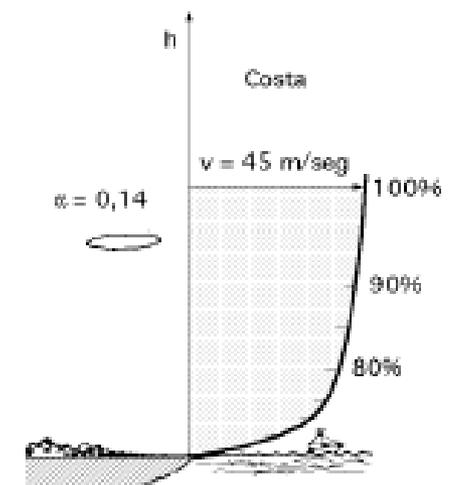
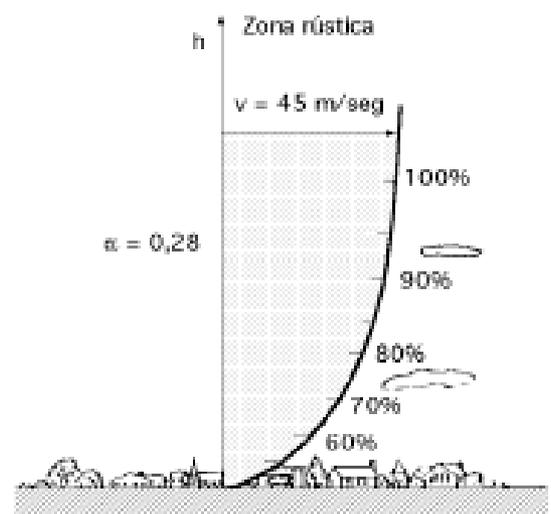
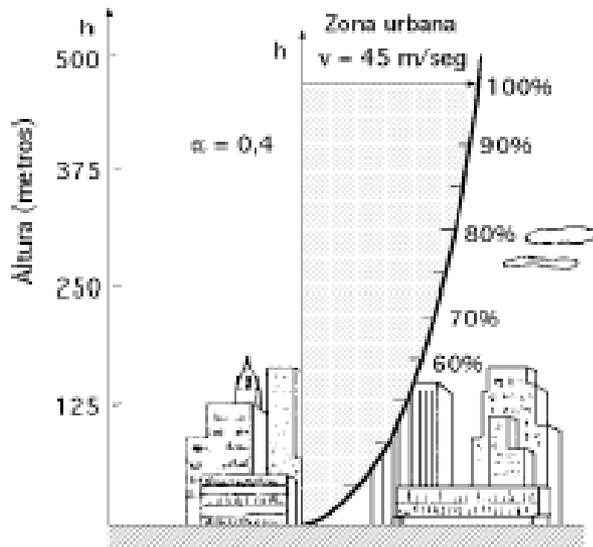
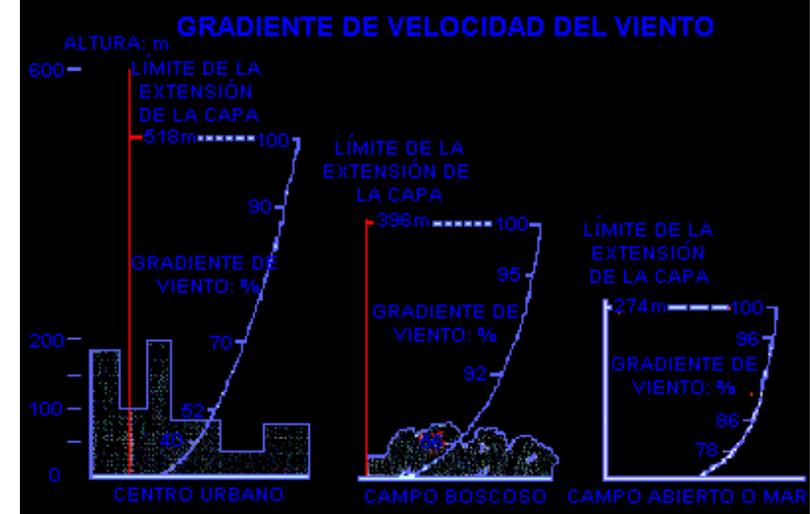
- haute technologie
- Incorporation de stratégies bioclimatiques diverses
  - la stratégie la plus courante est celle de la ventilation naturelle
  - Plusieurs de ces bâtiments se trouvent dans des climats avec des étés modérés

**Complexe en fonction de la vitesse du vent qui  
augmente de façon importante avec la hauteur**

# Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

ventilation naturelle :  
bâtiments en hauteur



Variación de la velocidad del viento (capa límite) con la altura sobre el terreno, según la ley exponencial de Hellman<sub>n</sub>

## Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

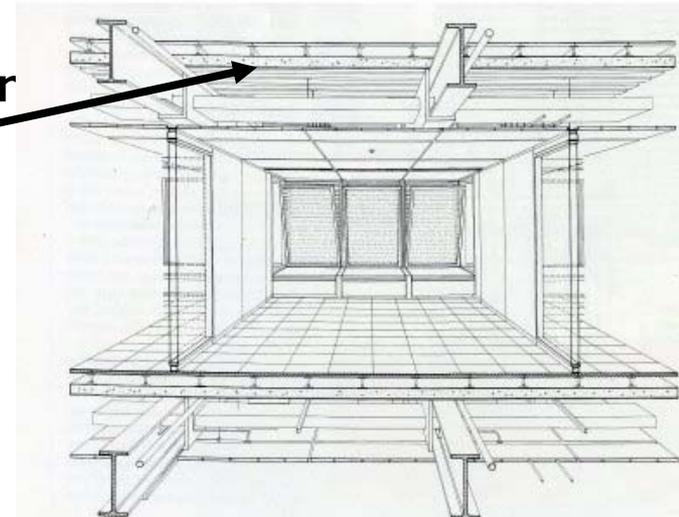
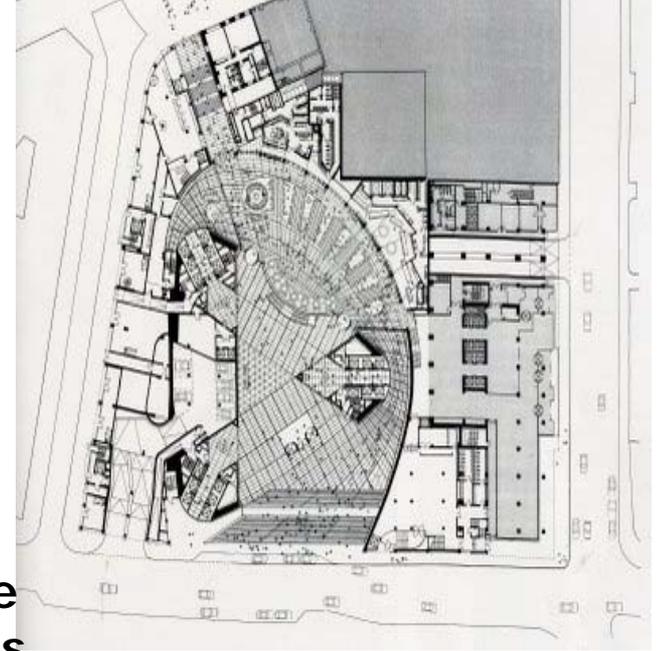
**ventilation naturelle :**  
**bâtiments en hauteur**  
**Commerzbank Tower**

Les systèmes doivent:

- maîtriser les effet du vent en réduisant la vitesse
- Éviter des bruits: faire passer l'aire par des filtres
- Le filtre plus simple est celui constitue par une double peau en façade ou sur les fenêtres de façon que l'air réduise sa vitesse
- **Autre système: faire passer l'air par des atriums, patios ou chambres d'air avant qu'il ne soit introduit dans les locaux**

**Exigence complémentaire:**

- **Bonne combinaison de la ventilation naturelle avec des systèmes mécaniques.**
- **Control mécanique met en route les dispositifs non naturels si besoin.**



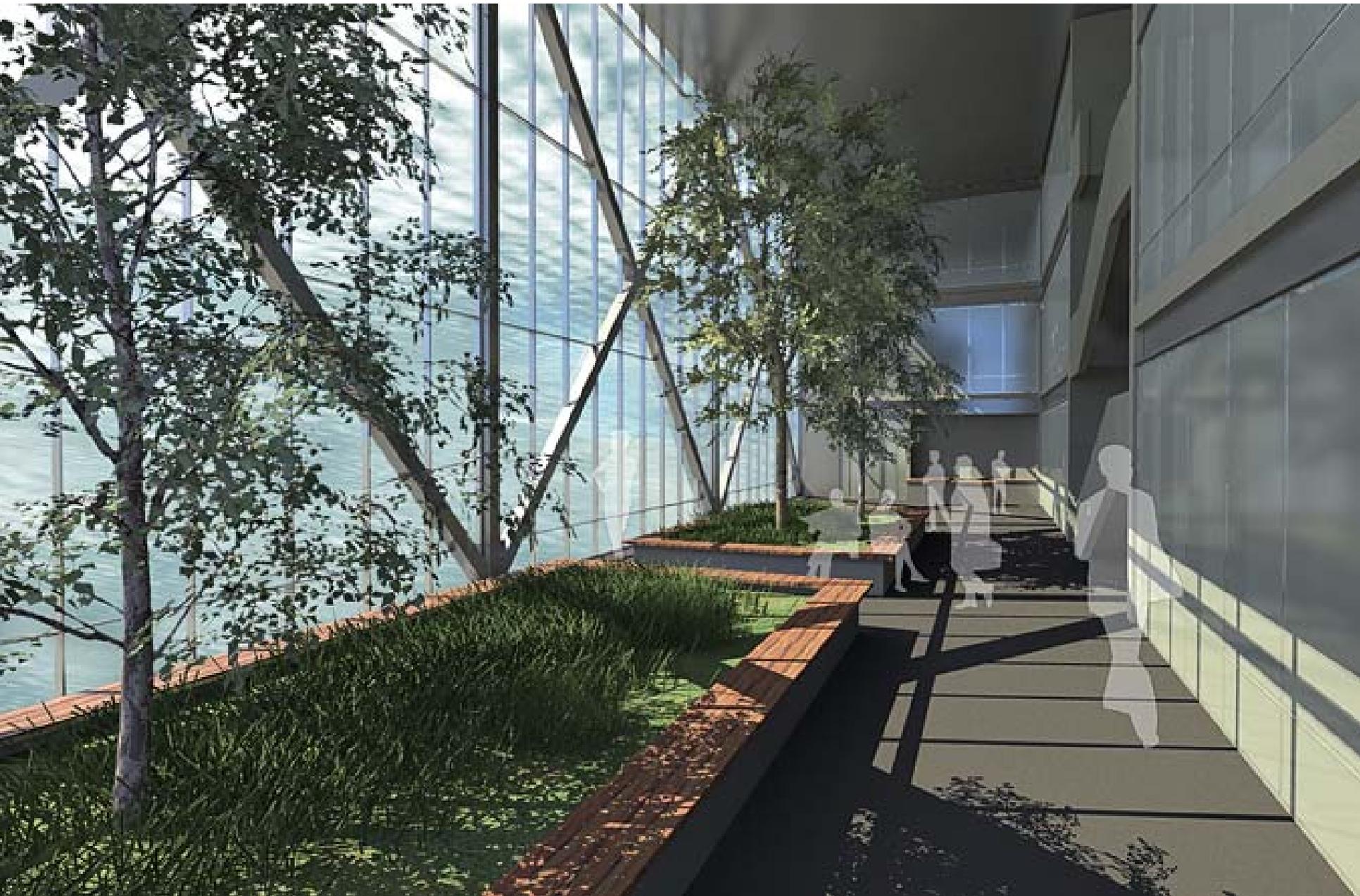
# Commerzbank Tower

*Jardins suspendus placés de façon hélicoïdal dans toute la hauteur ils ont 4 étages de hauteur c/u.*

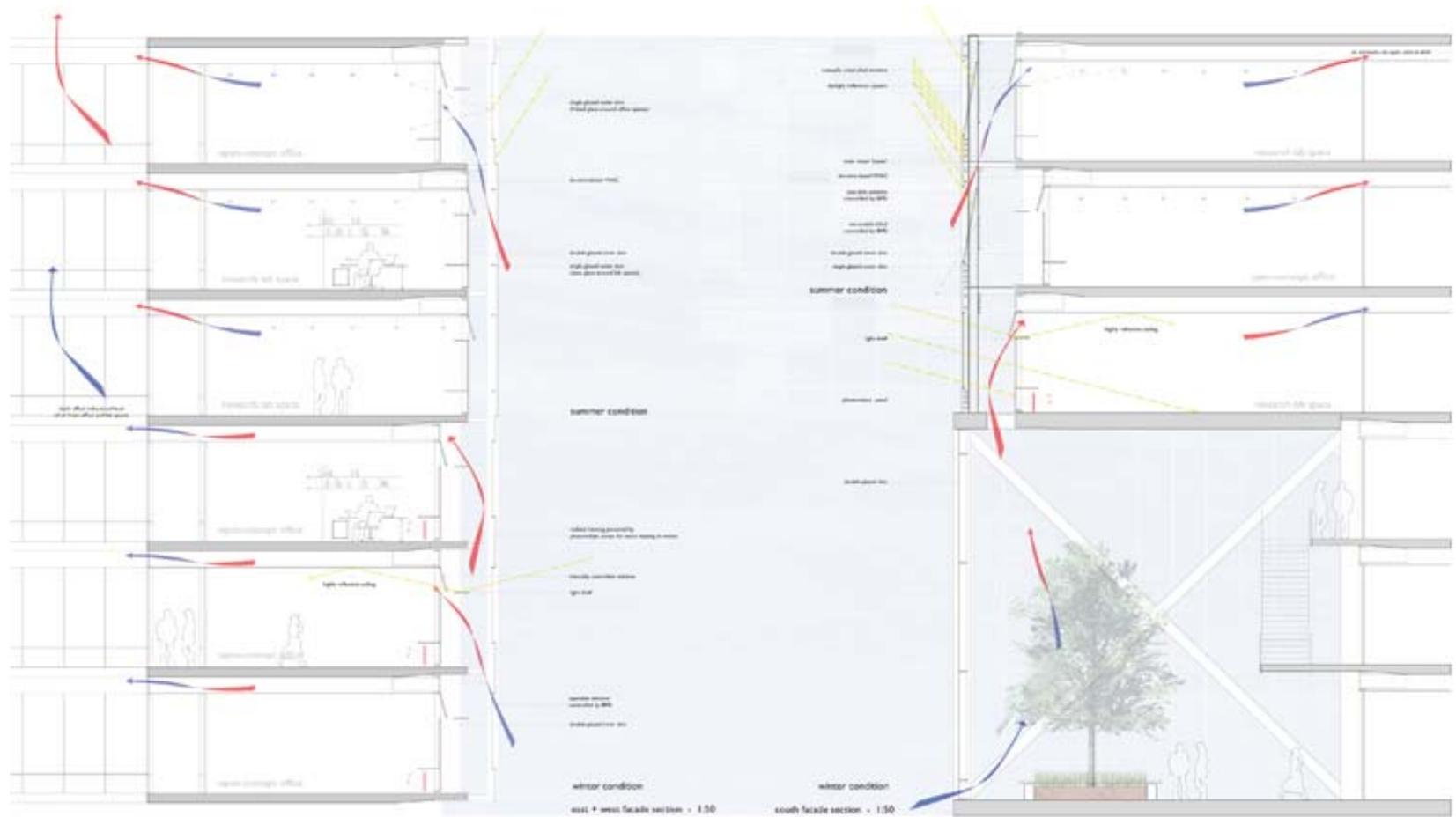
- *L'effet du vent est assuré par pression ou dépression*
- *L'air s'introduit dans les jardins à travers les fenêtres fonctionnant automatiquement, de la l'air s'introduit dans les bureaux qui ont eux même des fermetures automatiques qui se mettent en route dès que les conditions naturelles ne sont pas adéquates laissant place à la ventilation mécanique.*
- *Les bureaux qui donnent à l'extérieur laissent passer l'air par un double vitrage qui permet de contrôler la vitesse ainsi que l'entrée d'eau...*



# Commerzbank Tower



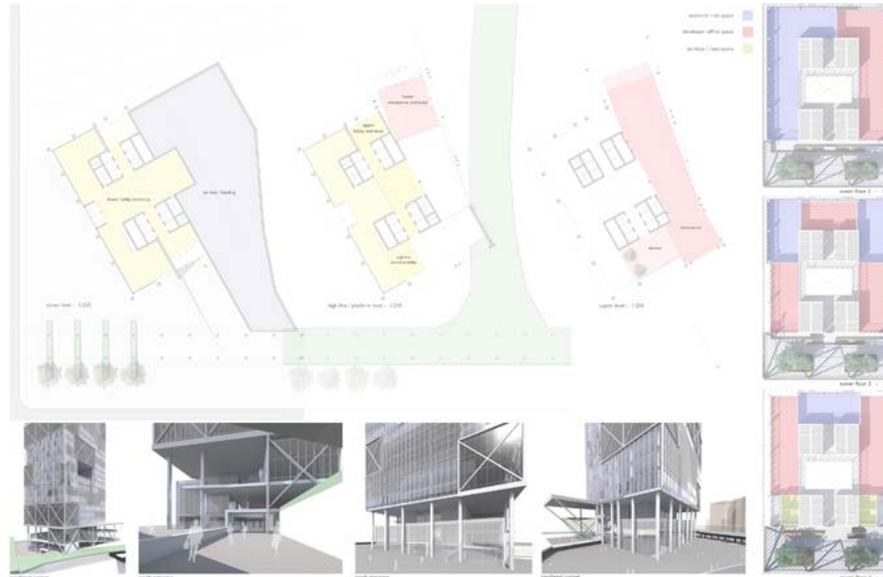
# Commerzbank Tower



diverses stratégies utilisées dans la conception de ce système double peau

Voir les conditions est ouest et sud des façades en été et en hiver

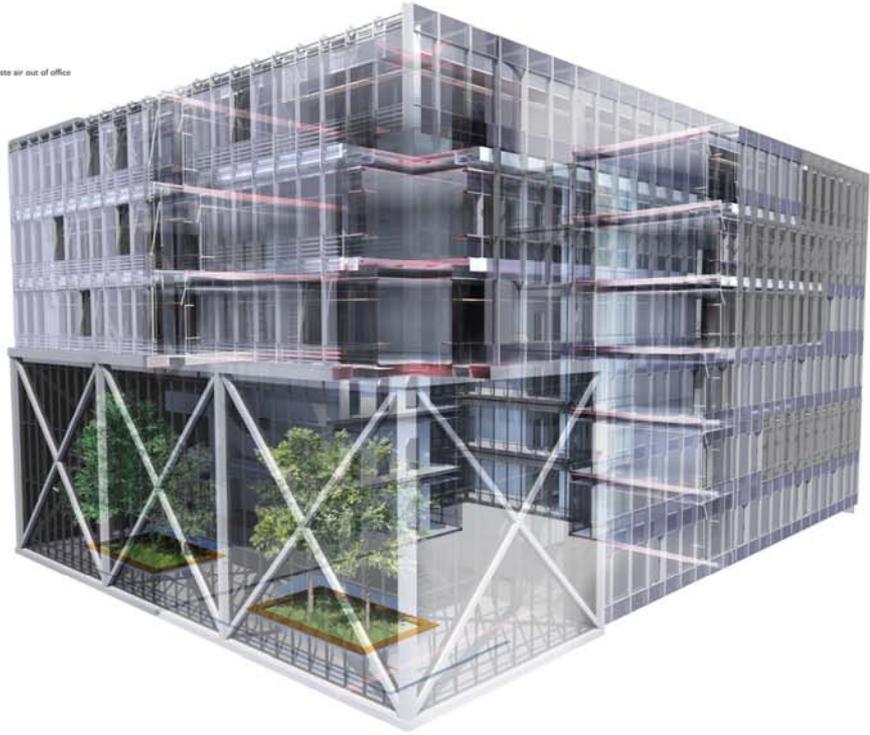
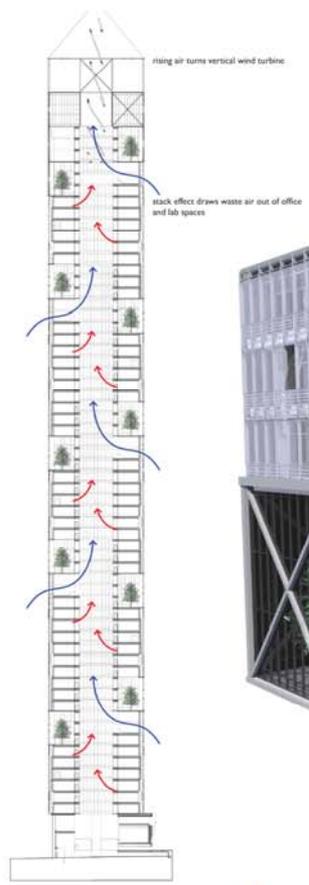
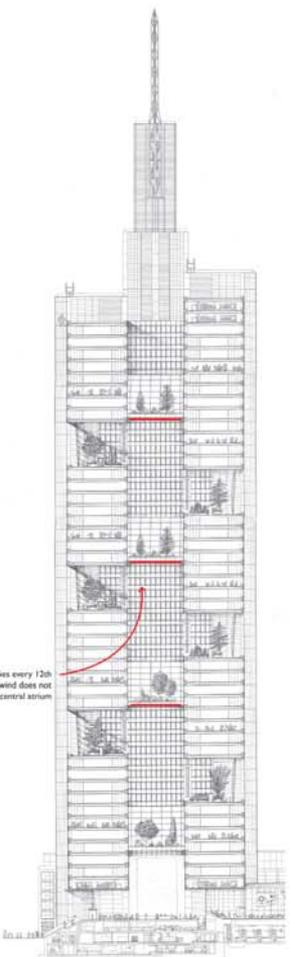
# Commerzbank Tower



# Commerzbank Tower



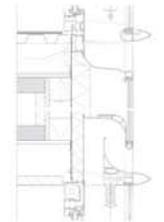
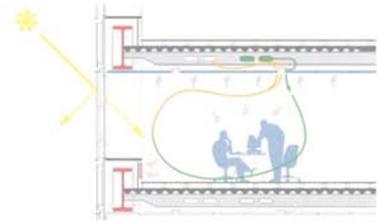
glass changes every 12th floor ensure wind does not accelerate up central atrium



commerzbank (precedent)  
not to scale



R+D tower (translation)  
not to scale

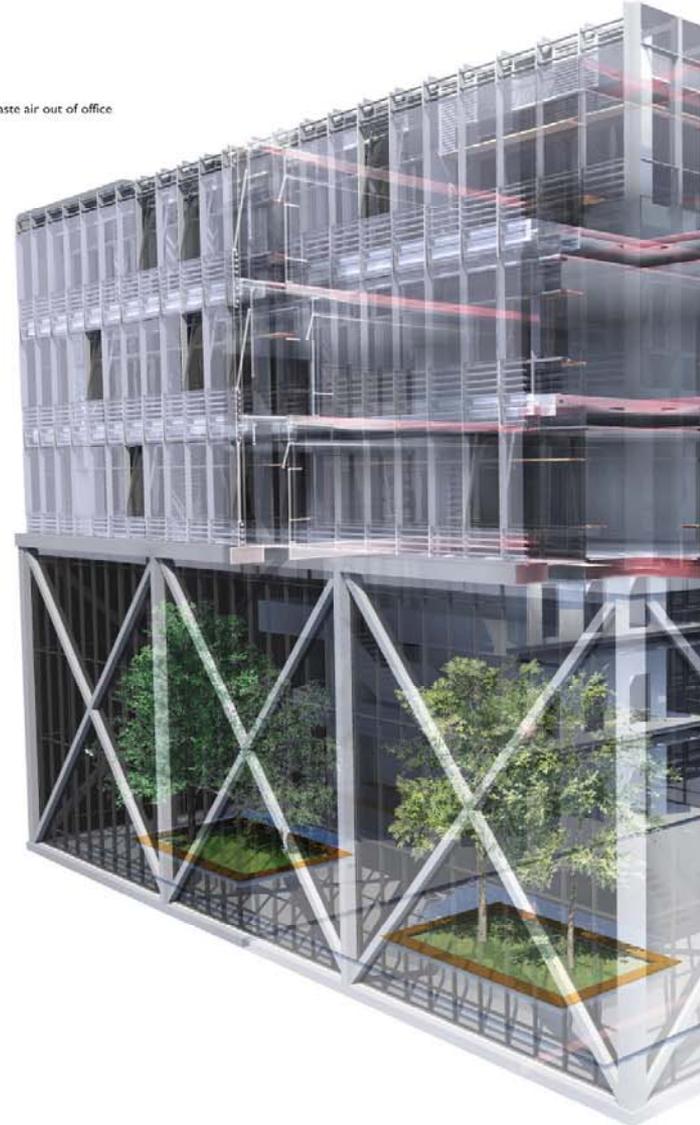
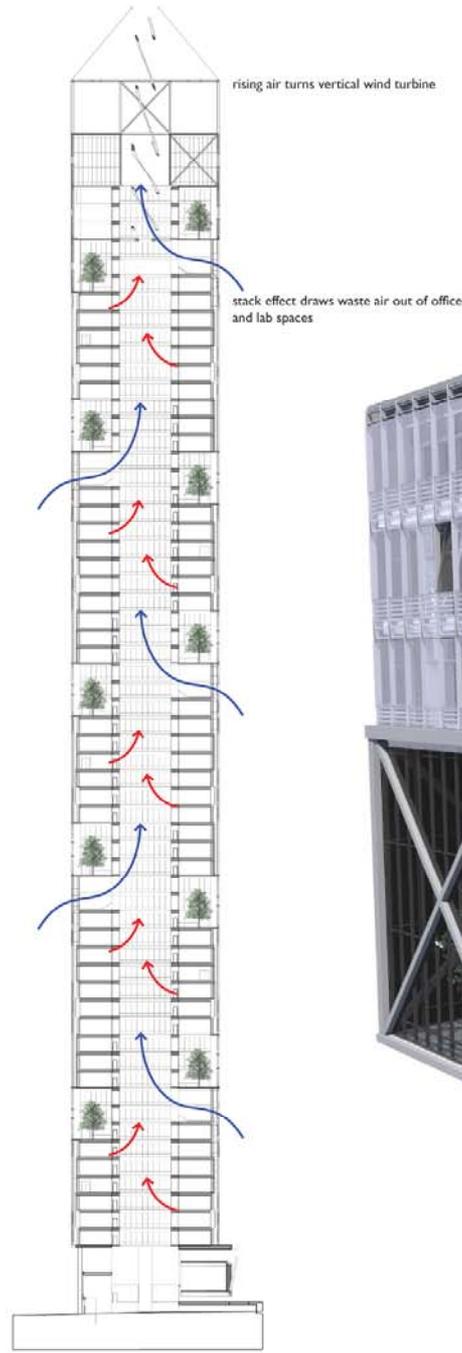
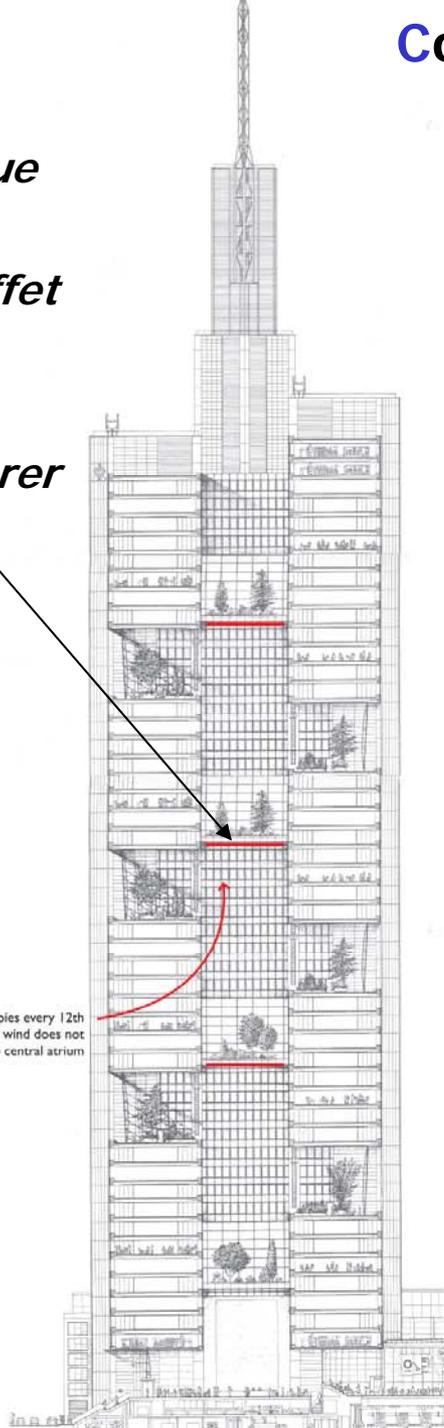


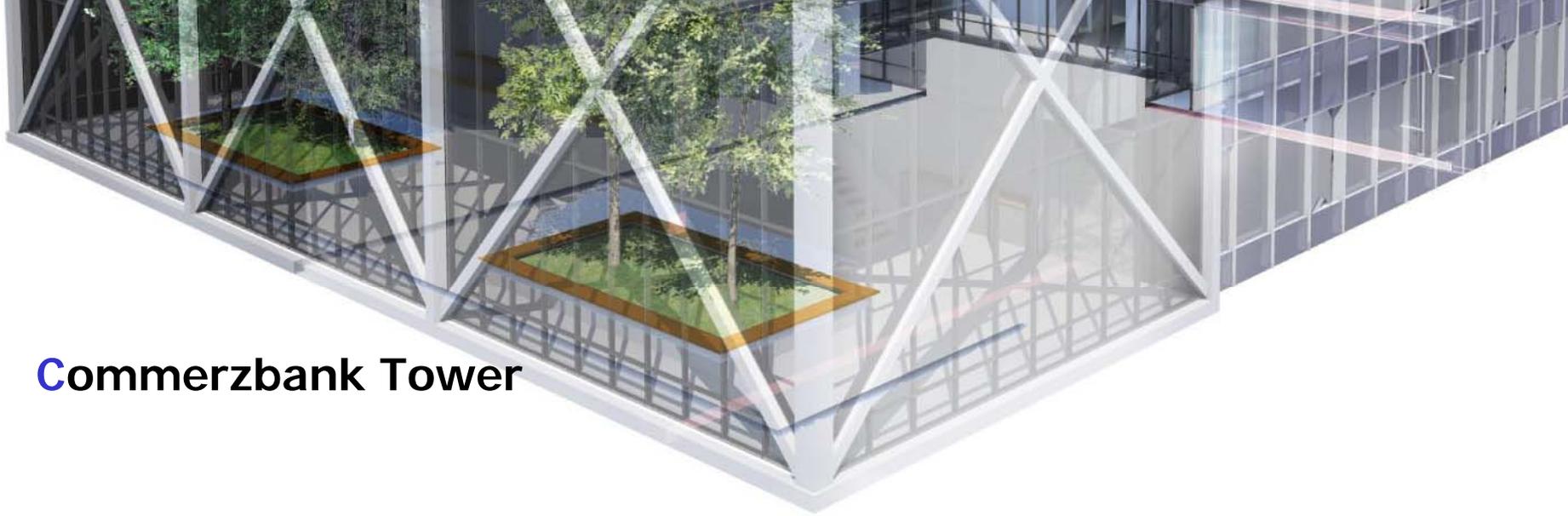
# Commerzbank Tower

• *L'axe central du bâtiment est interrompu chaque 12 étages afin d'empêcher un effet cheminée trop important qui puisse déséquilibrer la ventilation.*

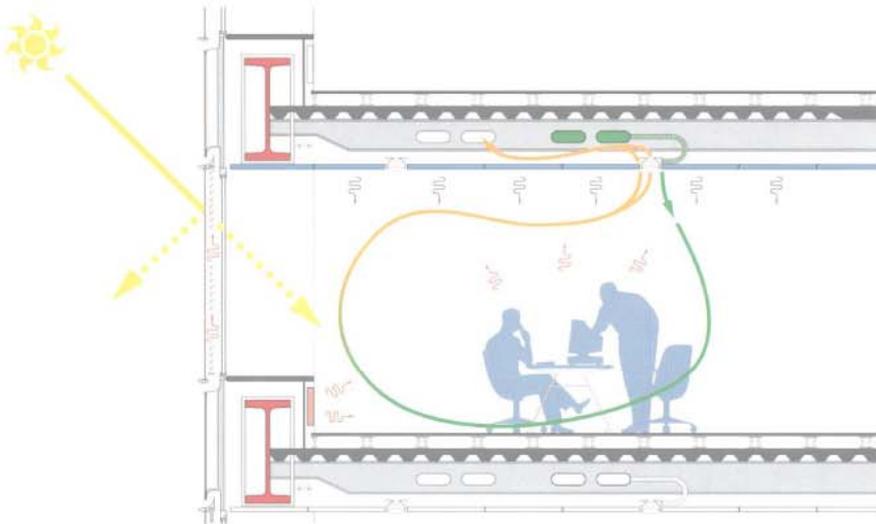


glass canopies every 12th floor ensure wind does not accelerate up central atrium

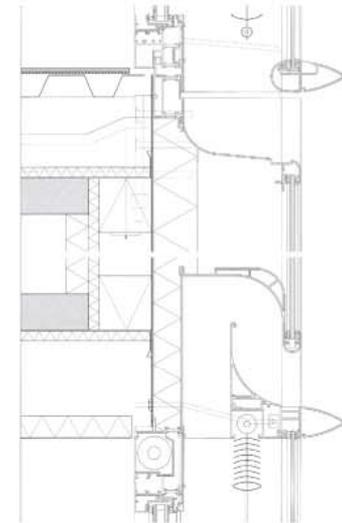




## Commerzbank Tower

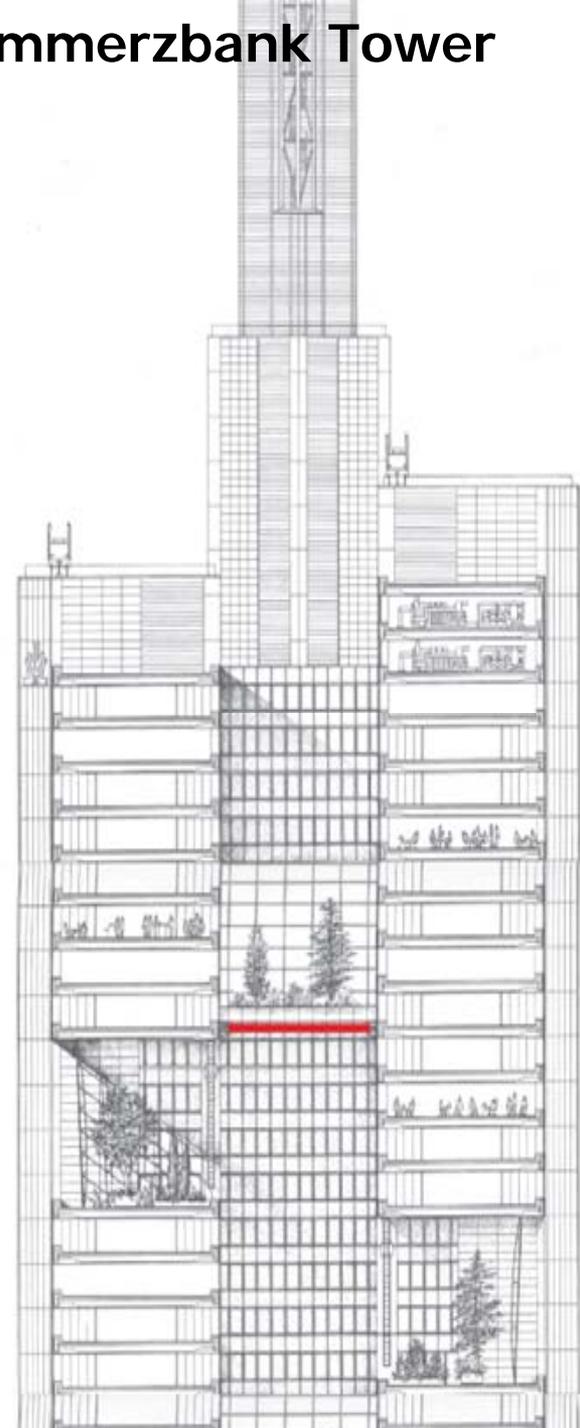
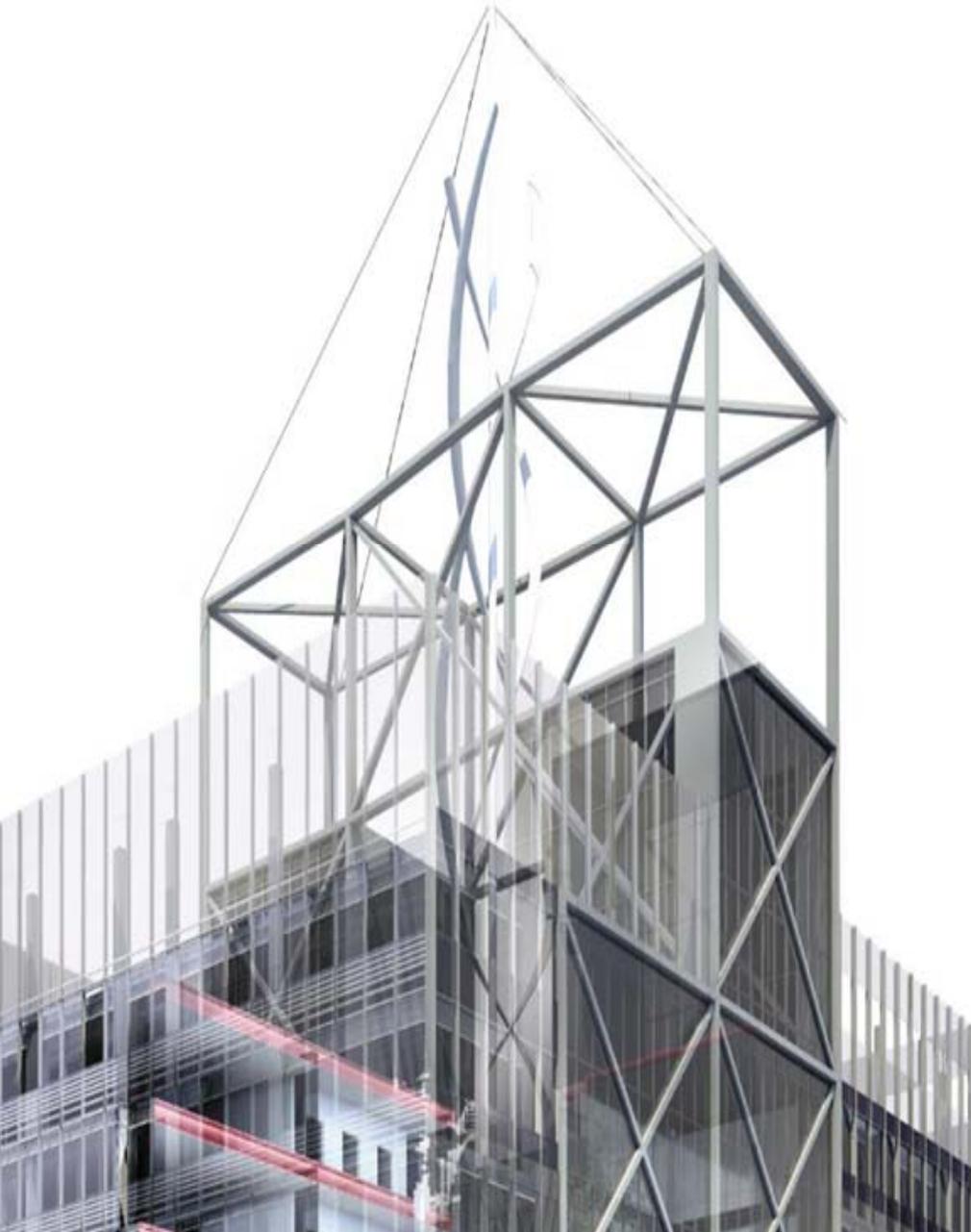


commerzbank double facade  
not to scale



commerzbank double facade detail  
not to scale - the lack of depth and open-air  
configuration make it possible to open the interior  
window only in temperate conditions

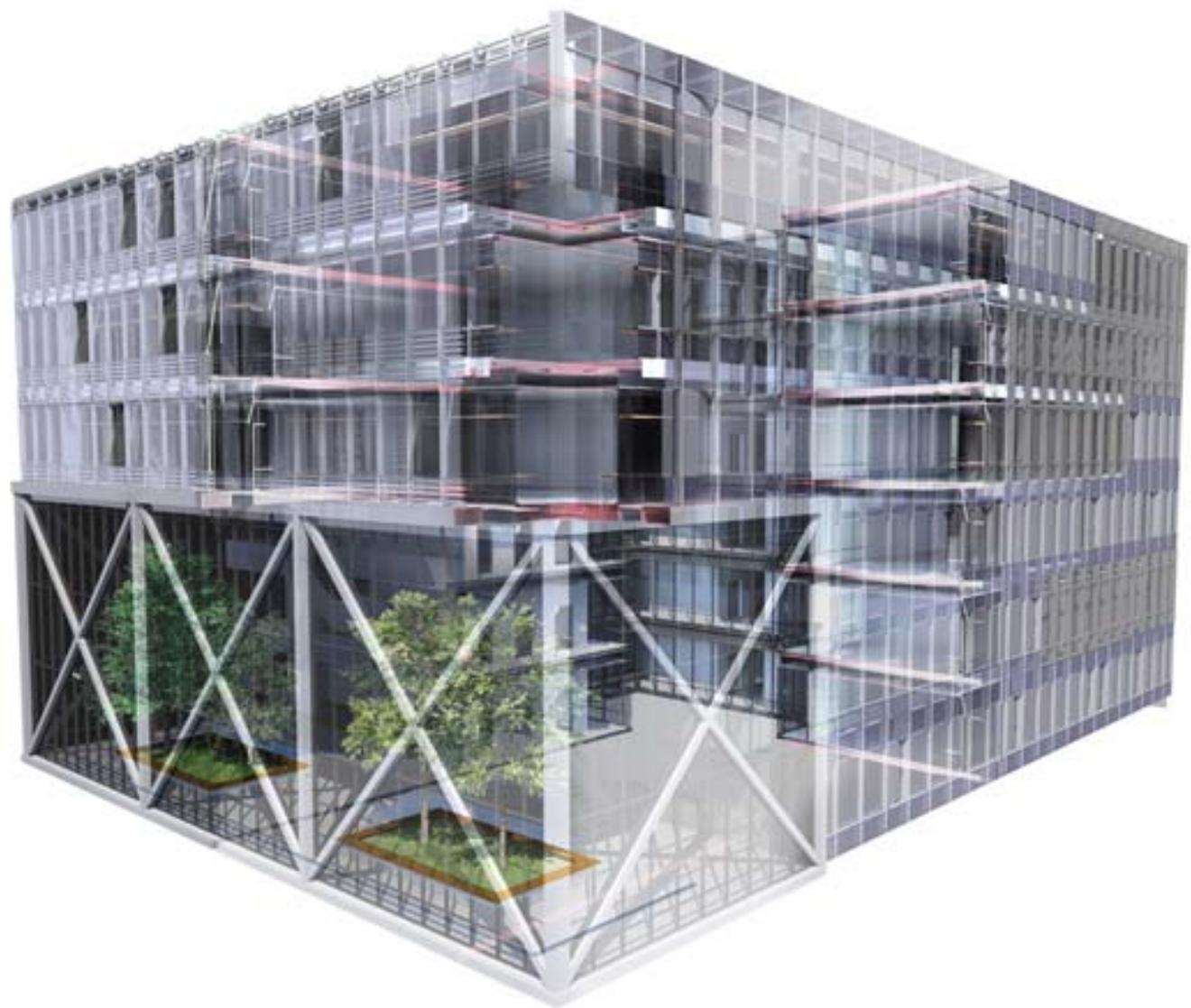
# Commerzbank Tower



## Commerzbank Tower

Les angles du bâtiment contiennent les turbines verticales







La forme sculptural des façades facilite la génération de courants d'air verticaux qui alimentent les turbines

# Conception des espaces intérieurs Ventilation des locaux

## ventilation naturelle : bâtiments en hauteur

Manque de comparaison entre prédictions et réalité

2ème énergéticien allemand, a été fondé en 1898

## RWE AG

- 127m
- Transparente
- Doubles parois vitrées
- 9 mois sans chauffage ni climatisation!

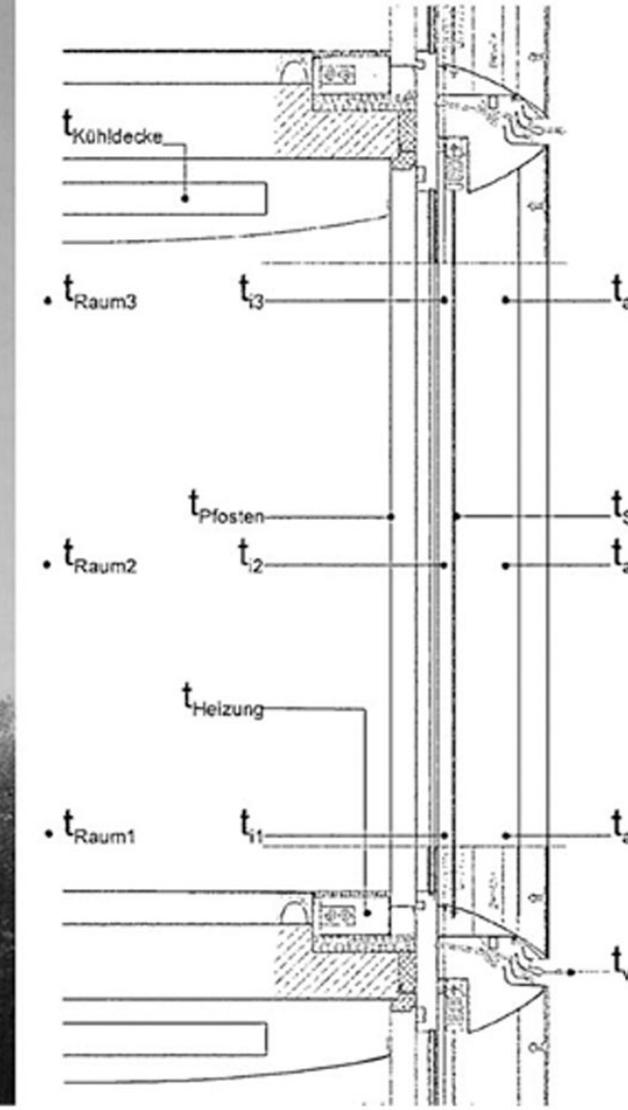
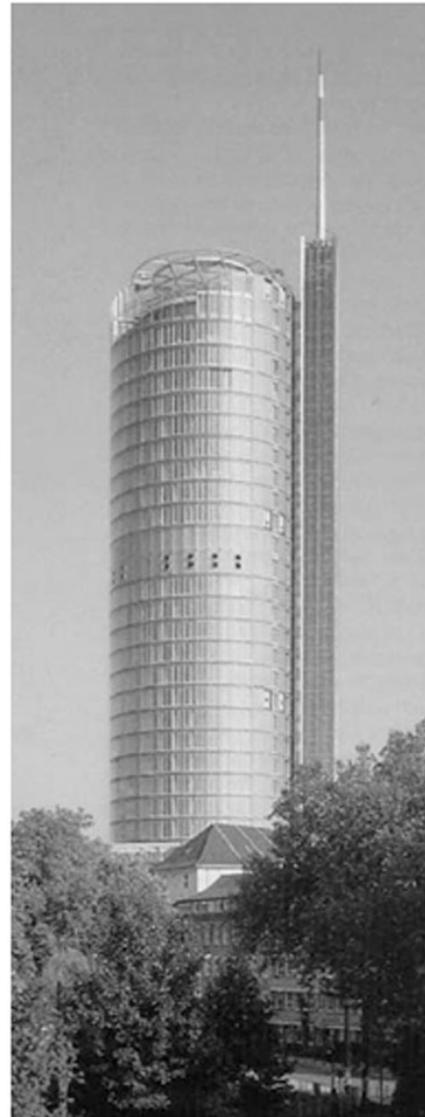


Projet: RWE AG Headquarters

Essen, Allemagne 1996

Architectes:

Ingenhoven Overdiek Kahlen & Partner (IOK)



## Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

### ventilation naturelle « aidée »

des cas où la ventilation naturelle ne fonctionne pas bien (mauvaise direction..vitesse insuffisante pour faire bouger un débit suffisant, le diriger vers tous les points du bâtiment en prenant compte des pertes de force dues au besoin de parcourir différents locaux et dispositifs...

Renforcer par le moyen de :

- **Dispositifs mécaniques**: ventilateurs, extracteurs; inducteurs qui agissent quand il le faut « lorsque la ventilation naturelle pure et insuffisante »

*Thomas Herzog* équipe le toit du *Hall 26* d'une ventilation thermique à ailettes qui limite les besoins en climatisation

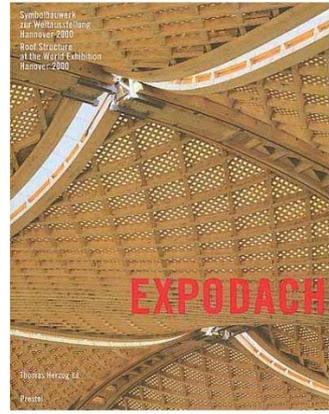


Hall 26  
exposition Hanover Allemagne  
1996 Thomas Herzog

# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux ventilation naturelle « aidée »

Hall 26

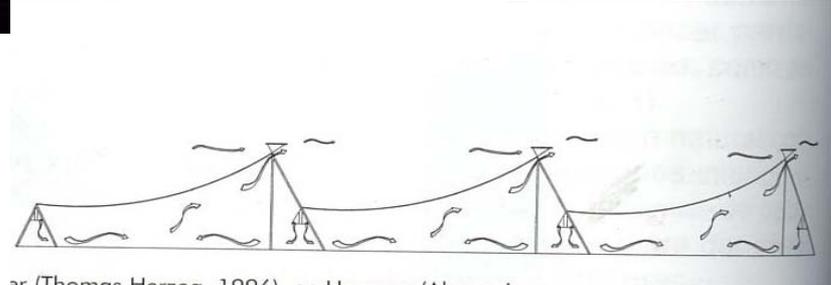


système naturel + système  
mécanique  
Impulsion mécanique extraction  
naturelle  
...ou à l'envers..

Hall 26: **système mécanique  
d'impulsion de l'air par  
déplacement**

Il s'agit d'un système de distribution  
de l'air a niveau du sol à très basse  
vitesse.

L'air une fois réchauffé monte de façon  
naturelle et est éliminé au point le plus  
haut du local



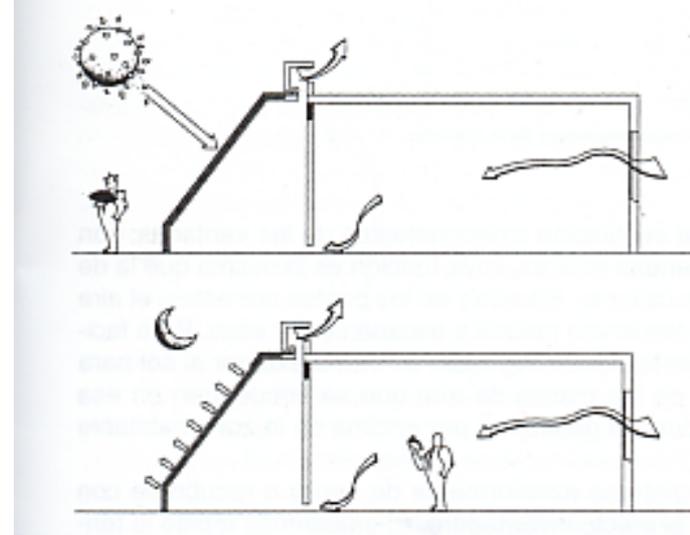
ar (Thomas Herzog, 1996) en Hanover (Allemagne)

## Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

serres –

chauffage d'hiver + ventilation d'été



**Soleil sur façade**

=

Réchauffement de la surface

+

Réchauffement de l'air qui est en contact avec la surface

**Attention :**

**Été = danger de surchauffe**

**Serres bien utilisées : utiles en hivers + en été**

**Pour cela en Été : protection pendant la journée**

**Modification du fonctionnement des grilles de ventilation**

# Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

serres –

chauffage d'hiver + ventilation d'été

## Modification du fonctionnement des grilles de ventilation

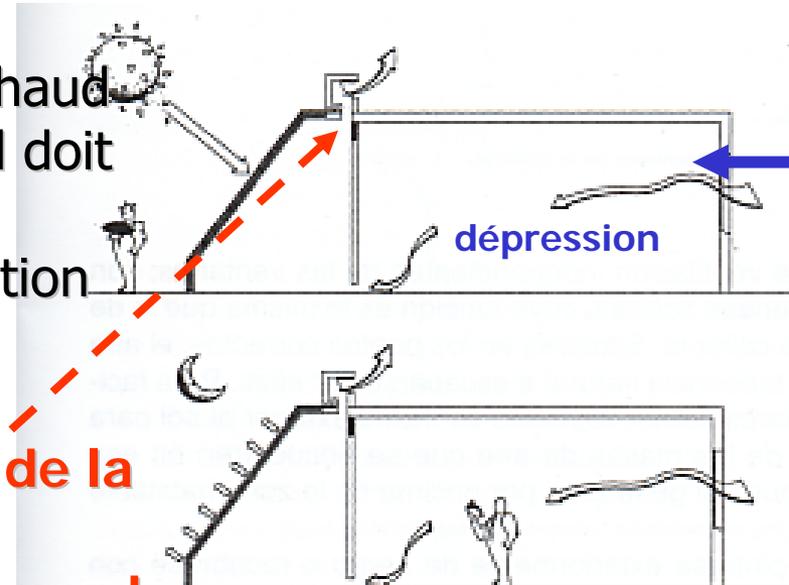
La grille supérieure qui permettait que l'air chaud rentre dans les locaux au niveau du plafond doit rester fermée

Par contre: une autre grille ou trou d'aération place aussi dans la partie haute, en communication avec l'extérieur

L'air chaud qui se fabrique à l'intérieur de la serre monte et s'échappe

Dépression = succion de l'air par façade nord

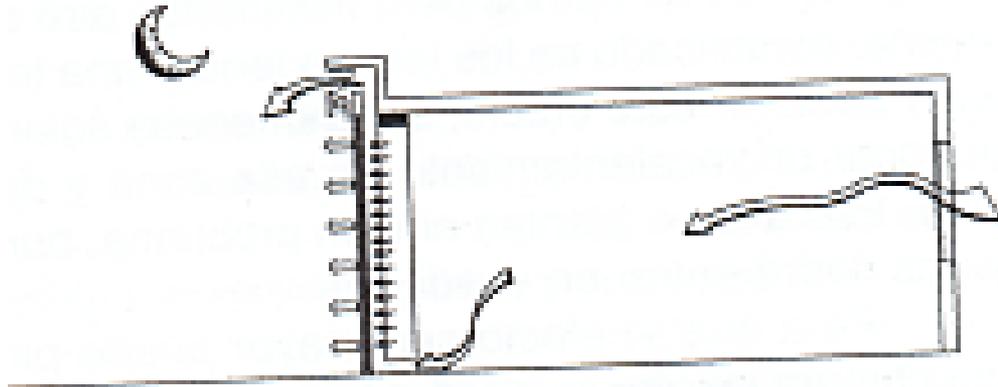
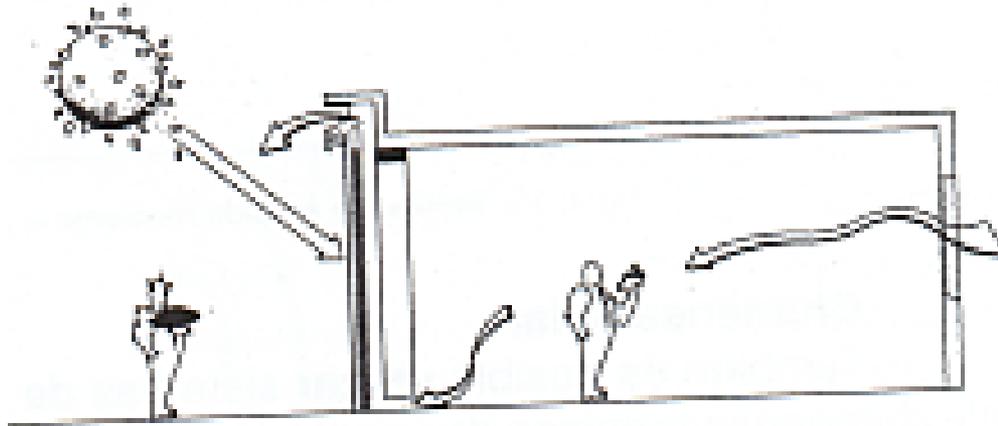
Protection de la radiation directe très importante même si moins de courant d'air



## Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

**murs trombe** : chauffage d'hiver + ventilation d'été



# Conception des espaces

## intérieurs

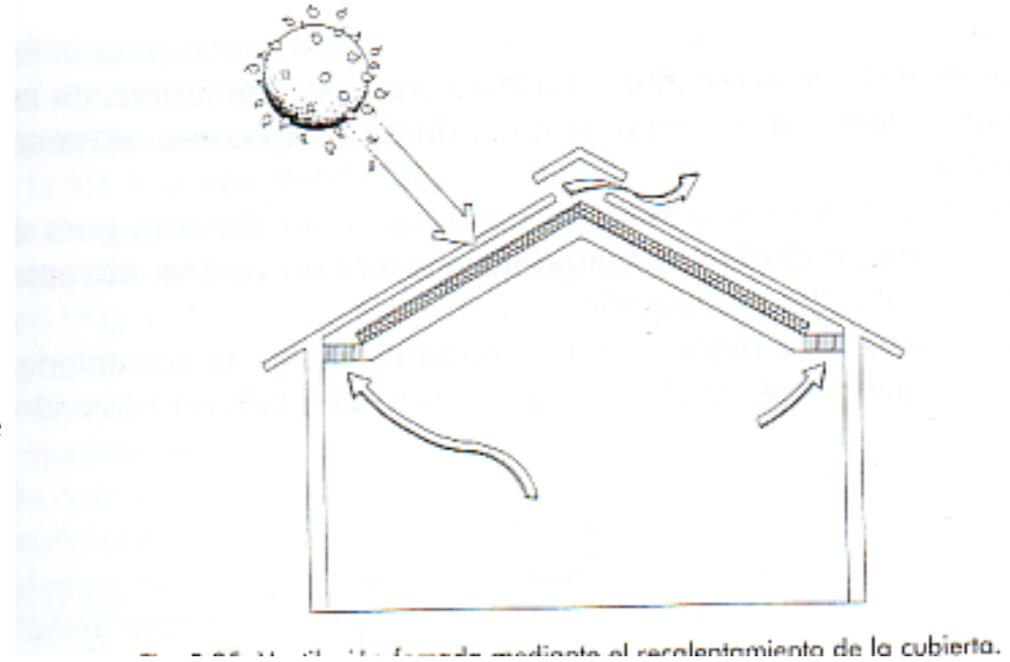
Ventilation des locaux

## Couvertures

Elle reçoivent plus de radiation que le reste des parois

Fonctionnement pas intéressant en hivers du moment que l'air chaud produit par la couverture ne va pas descendre de façon spontanée

été : **On peut imaginer une ventilation forcée utilisant la surchauffe de la couverture**

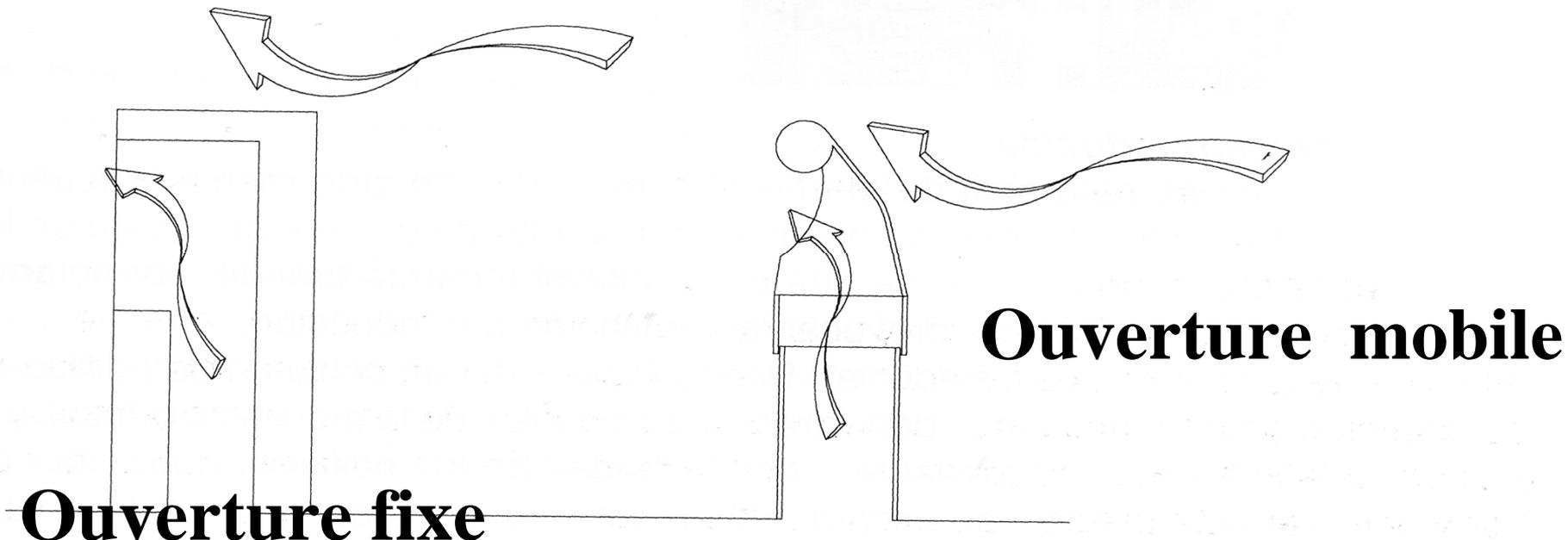


# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux

### Rappel extraction par effet du vent

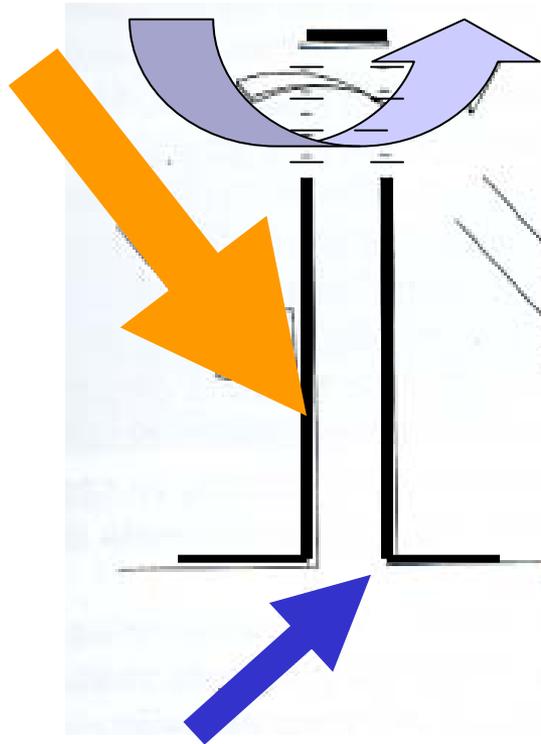
- Effet cheminée à l'intérieur du conduit, par l'effet Venturi issue par la circulation du vent à haute vitesse sur la bouche de la cheminée
- Cet effet peut s'améliorer: diverses techniques



# Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

## Cheminées solaires



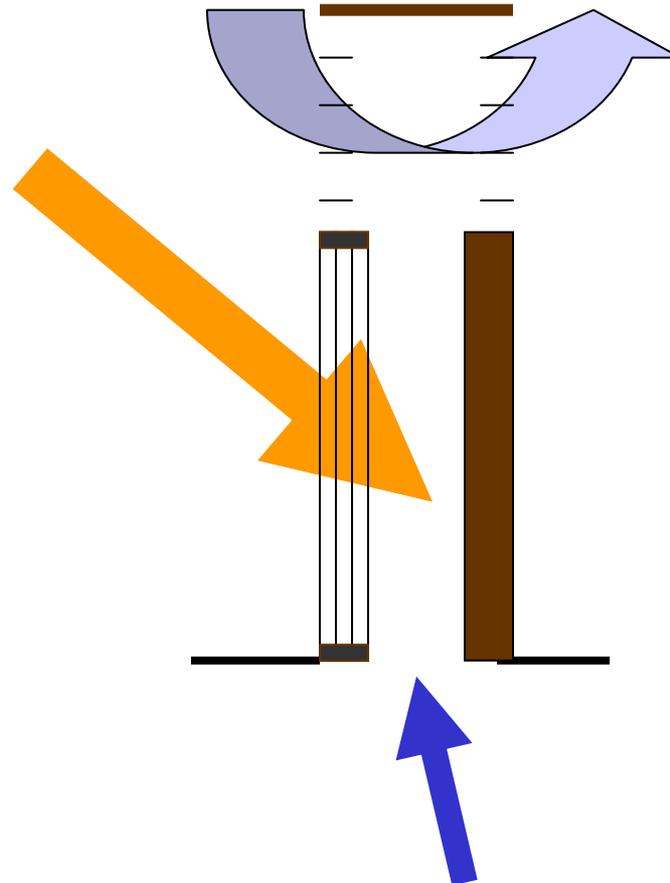
**Cheminée métallique  
=  
effet instantané**

# Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

Cheminées solaires

Cheminée maçonnerie  
+  
effet de serre avec accumulation



**Conception des espaces intérieurs**

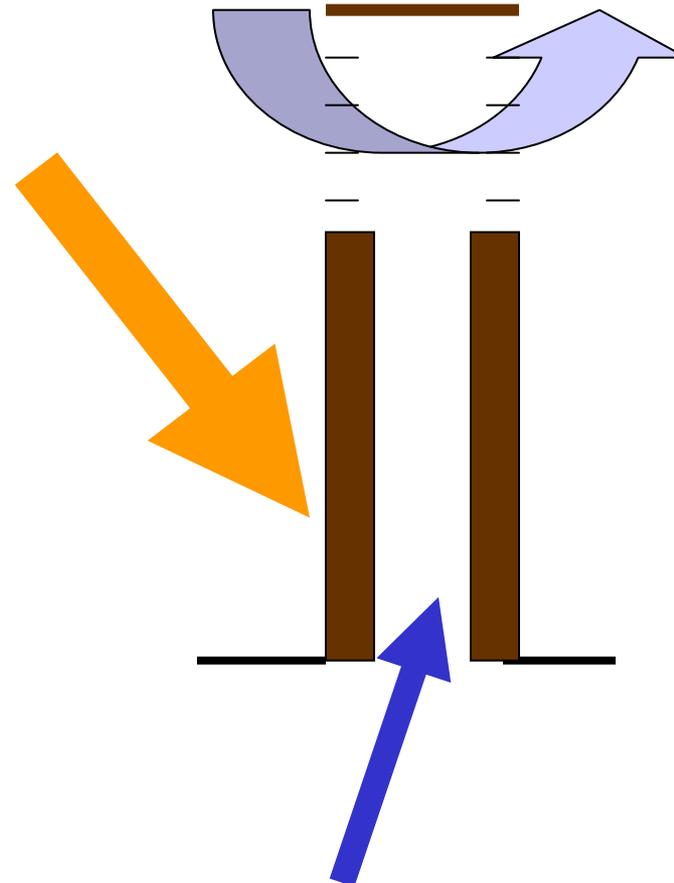
Ventilation des locaux

**Cheminées solaires**

**Cheminée maçonnerie**

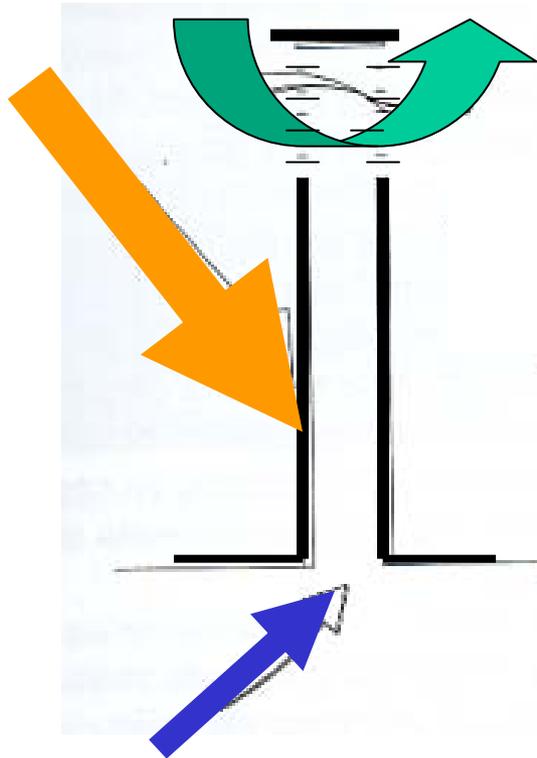
=

**effet décalé**



# Conception des espaces intérieurs

## Ventilation des locaux



**Cheminée métallique  
=  
effet instantané**

# rafraîchissement passif

Techniques efficaces si elles sont mises en place conjointement avec les techniques de ventilation

## Par évaporation

- Parcs et jardins
- Induction de l'air par des masses d'eau

## Par radiation

- Toits froids
- Toitures terrasses humides
- Patios
- Façades radiantés

## Conception des espaces intérieurs

# rafraîchissement passif

- Par conduction
  - Surfaces froides
  - tuyaux enterrés
  - Constructions enterrées
- Par convection
  - Ventilation nocturne

## Conception des espaces extérieurs rafraîchissement passif



- **Rafraîchissement par évaporation (ou latente)**
  - **rappel: Chaleur latente** *C'est la quantité de chaleur nécessaire pour changer l'état d'un corps sans altérer sa température. chaleur pas perceptible par le corps humain*
  - *Il s'agit d'un rafraîchissement qui ne fait pas varier l'énergie total du local*
  - *pour évaporer un gramme d'eau on a besoin de 2424 J, si on les applique à un m<sup>3</sup> d'air il suffissent pour faire descendre sa température de 2.2°C: grande efficacité*

# Conception des espaces intérieurs rafraîchissement passif



## Rafraîchissement par évaporation

- Espaces extérieurs
- Espaces intérieurs



# Conception des espaces intérieurs rafraîchissement passif

Rafraîchissement  
par évaporation

Pavillon des Pays Bas  
Hannover 2000

MVRDV architectes

Exemple contemporain de  
rafraîchissement par  
induction de l'air a travers  
une masse d'eau

(Cheminée de vent en orient)

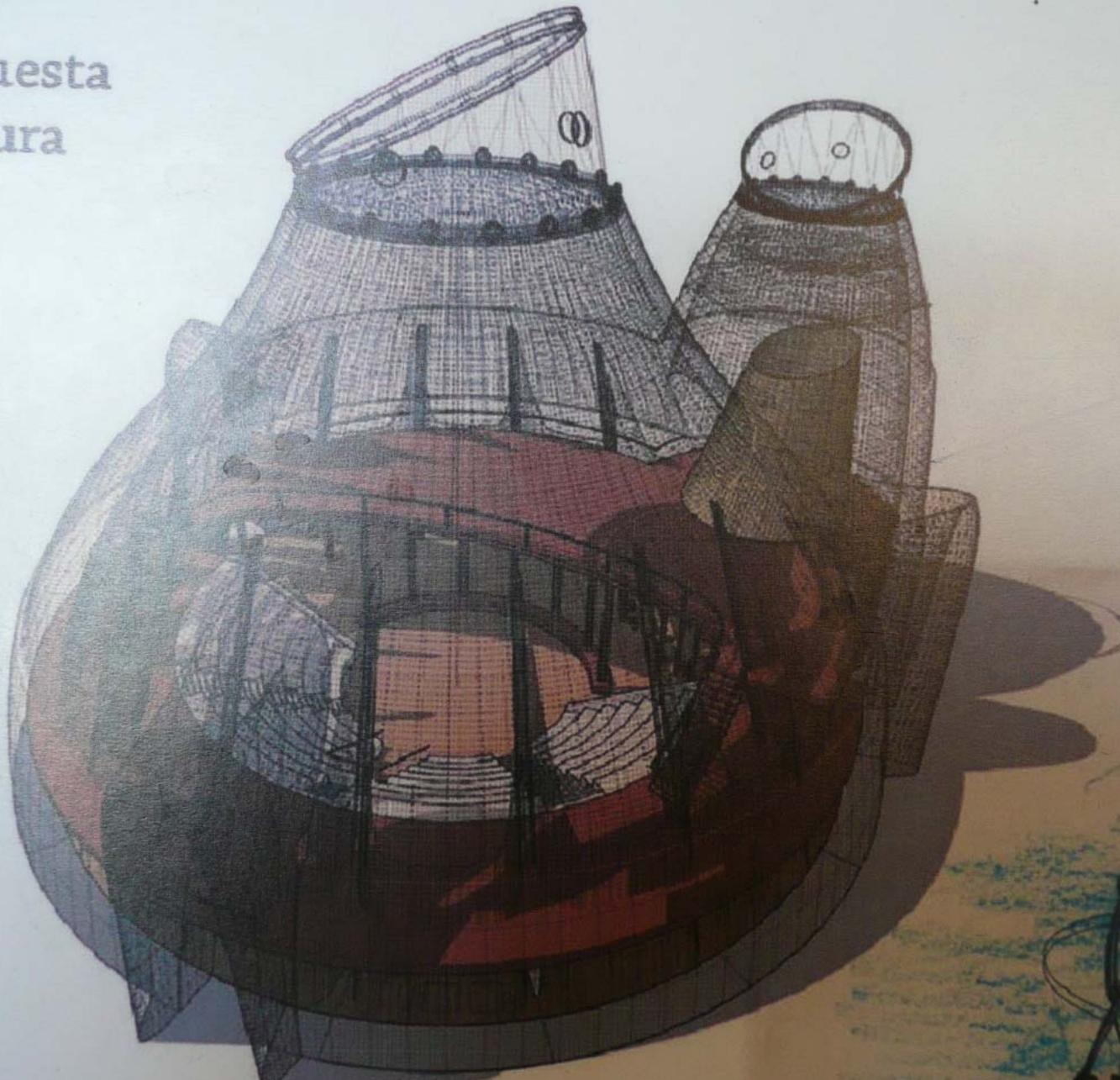
Un des étages utilisait une  
fine couche d'eau qui devait  
s'évaporer avec l'aire que  
traversait vers l'intérieur



# Espagne 2008 Zaragoza



uesta  
ura



Espagne 2008  
Zaragoza

# Espagne 2008

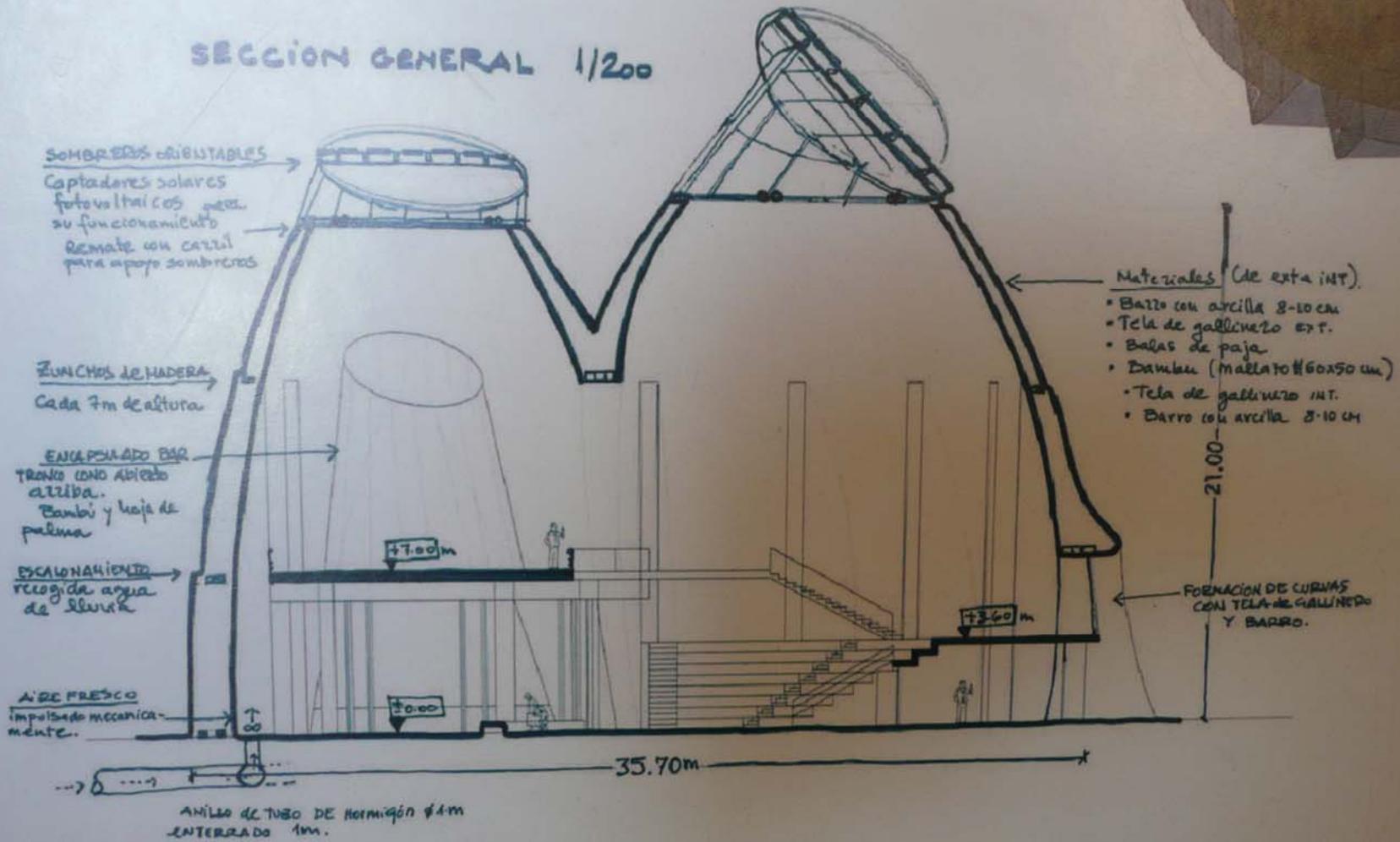
## Zaragoza



Espagne 2008  
Zaragoza

proceden de la propia tierra:  
paja, bambú y barro

SECCION GENERAL 1/200



PLANTA SUELO

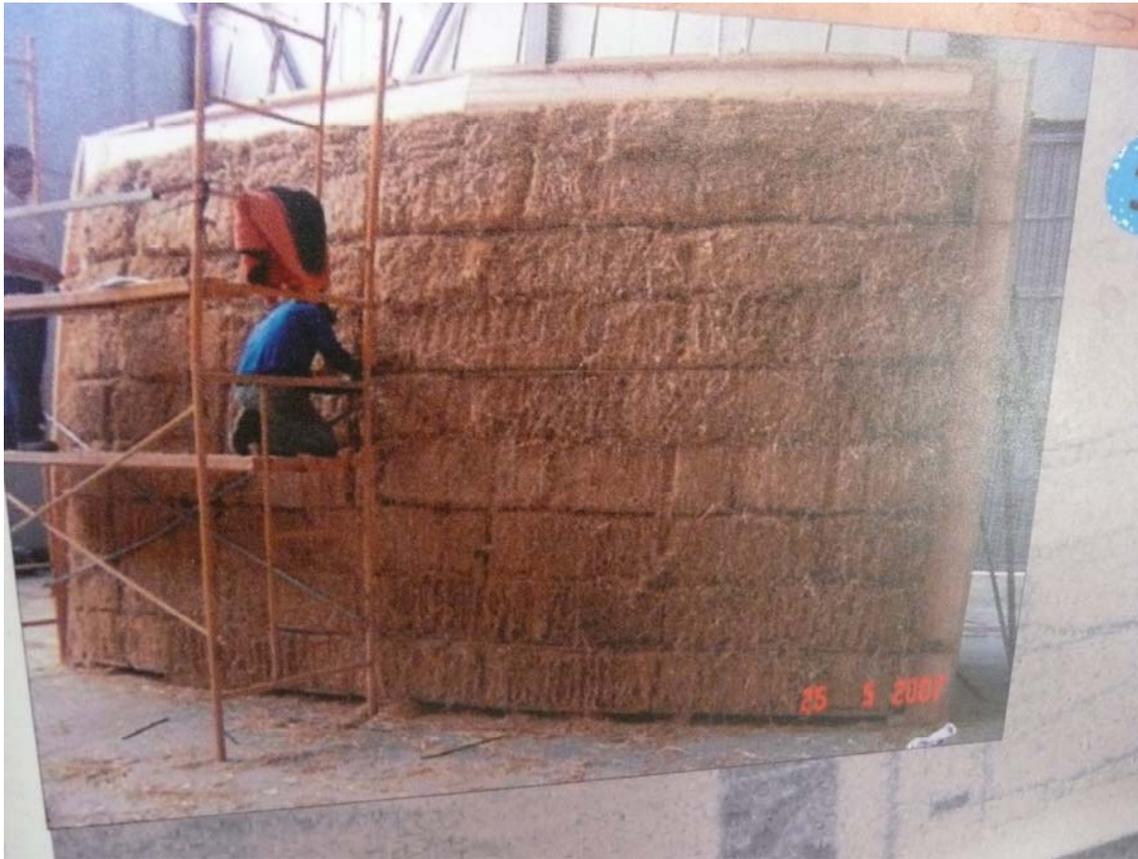
E: 1/200 (OTA 10.00m)

- 1 BIBLIOTECA/TIENDA/INTERNET
- 2 CAFETERIA/RELAX/INTERNET
- 3 ALMACENES (BAR/LIBRERIA)

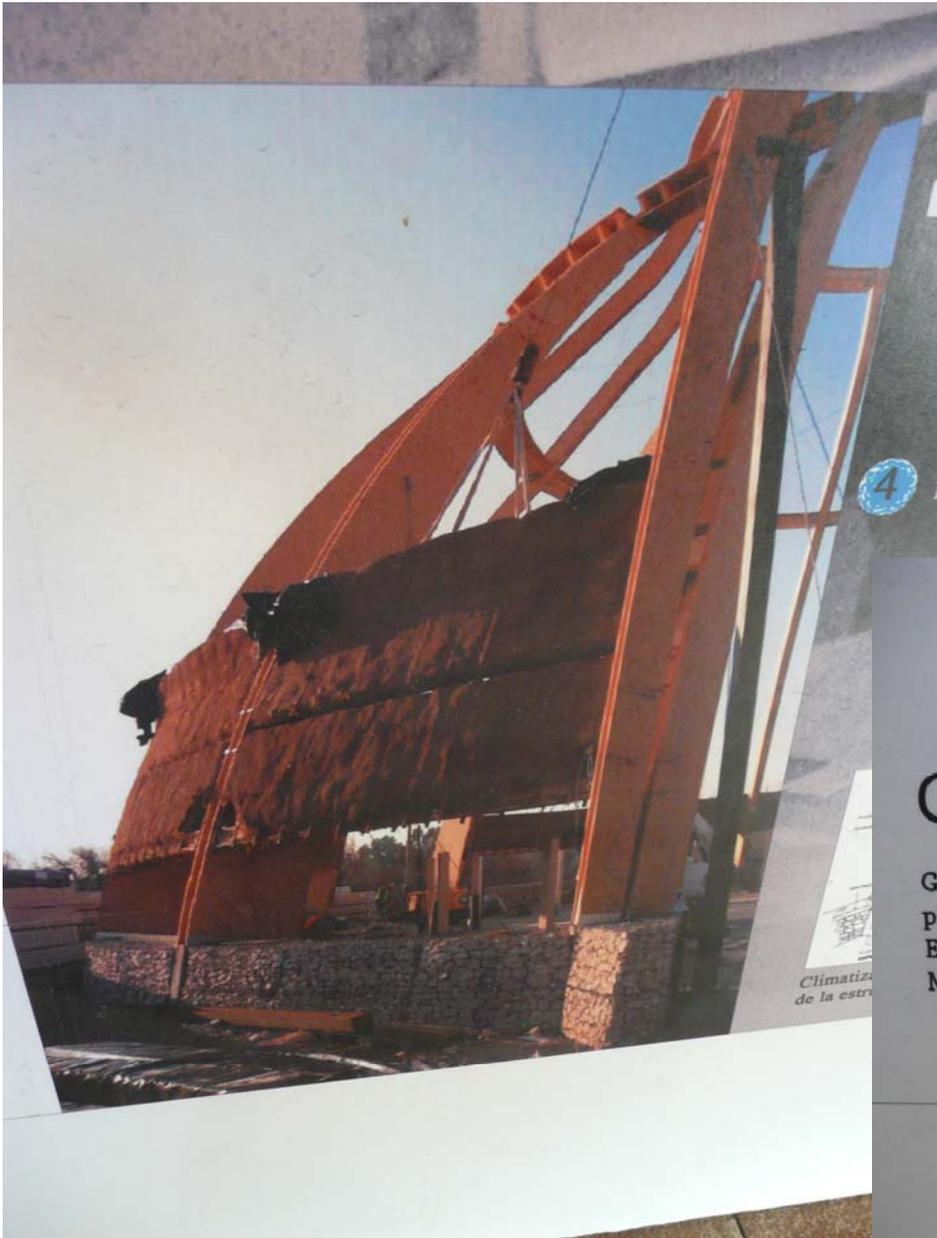
PLAN E: 1

# Espagne 2008

## Zaragoza



Espagne 2008  
Zaragoza



## Construcción y estructura

Gracias a sus altos niveles de aislamiento y ventilación, los gruesos muros de paja proporcionan un confort que las delgadas paredes modernas no ofrecen. Estos muros son similares a los de las viejas casas de campo de Europa y el Mediterráneo, con la belleza adicional de sus formas suaves y orgánicas

ión

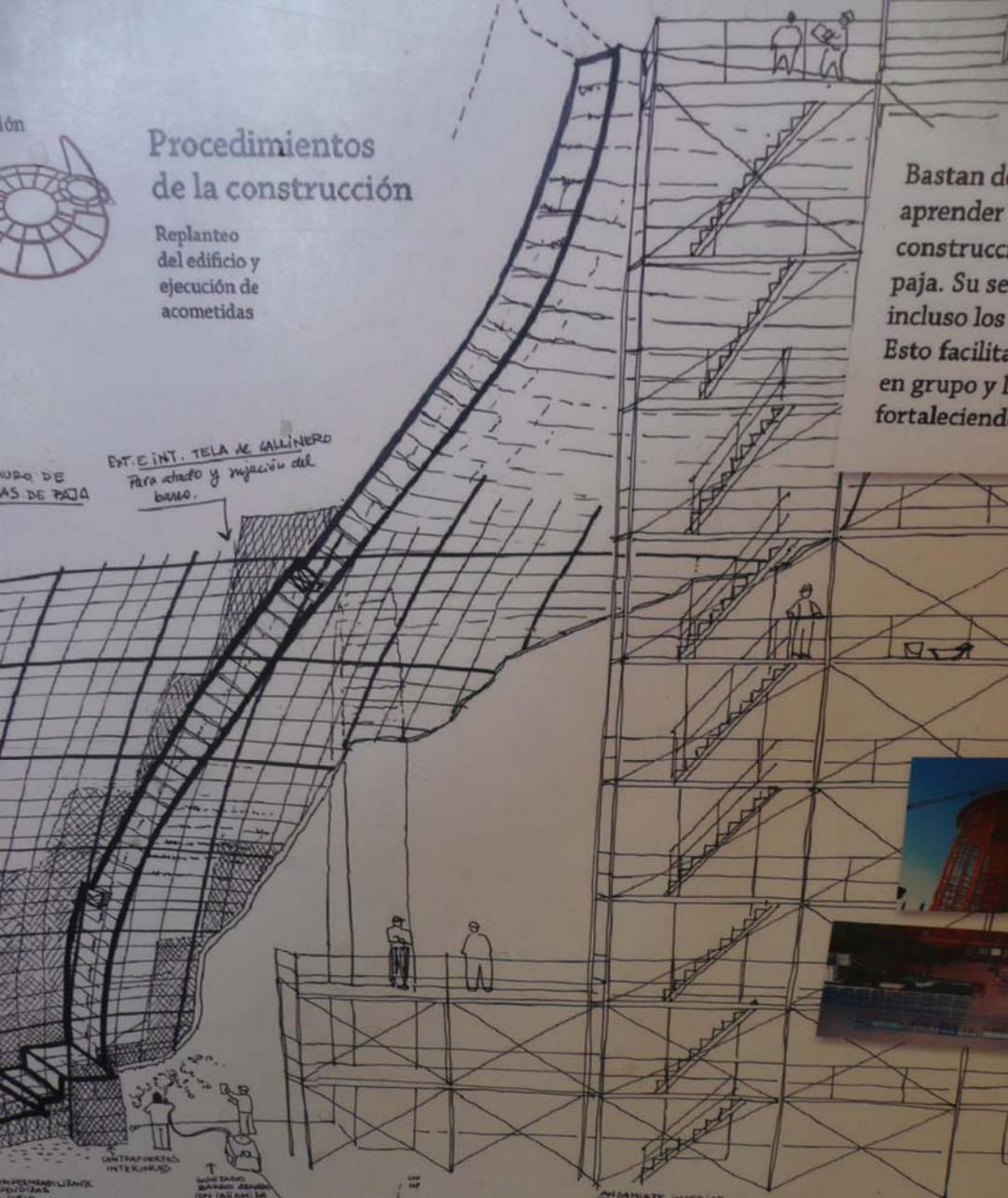


# Procedimientos de la construcción

Replanteo del edificio y ejecución de acometidas

ENT.E INT. TELA DE GALLINERO  
Para estado y fijación del banno.

UPO DE  
AS DE PAJA



Bastan de  
aprender l  
construcci  
paja. Su se  
incluso los  
Esto facilita  
en grupo y l  
fortaleciend



INFORMACIÓN  
SALA DE PAJA  
40 m  
0750 m

ANDAMIAJE INTERIOR - El proceso de construcción se  
hace por hitos necesarios:  
1) Armazón interior exterior (hacia de gacha)  
2) Paja acollada por fuera  
3) Tela metálica por dentro.  
Reforzando así desde el exterior para que trabaje la forma.

## SECCION CONSTRUCTIVA Y DE

# Espagne 2008 Zaragoza





Espagne 2008  
Zaragoza



Espagne 2008  
Zaragoza

Espagne 2008  
Zaragoza

**Refroidissement adiabatique :**  
Le refroidissement s'effectue presque parallèlement aux courbes adiabatiques, du diagramme psychrométrique. Ce refroidissement s'appelle ""refroidissement adiabatique"".

C'est le cas lorsque de l'eau est brumisée en fines gouttelettes dans un local, sans qu'il y ait apport de chaleur en même temps, l'énergie nécessaire à l'évaporation de cette eau est retirée à l'air ambiant.



Espagne 2008  
Zaragoza



# Conception des espaces extérieurs

## Feuilles:

- Évaporation d'eau
- Racines = apportent de l'eau
- Un arbre es capable d'évaporer 500kg d'eau par an par m<sup>2</sup>de surface externe
- Cela veut dire 1212MJ/m<sup>2</sup> /an
- Ce qui équivaux à une puissance de rafraîchissement moyen de 40W/m<sup>2</sup> de surface végétal



Saragoza 2008 MLD

•Refer. Bibliog. Pag. 321 arquitectura bioclimatica en un entorno sostenible  
F. Javier Neila Gonzalez

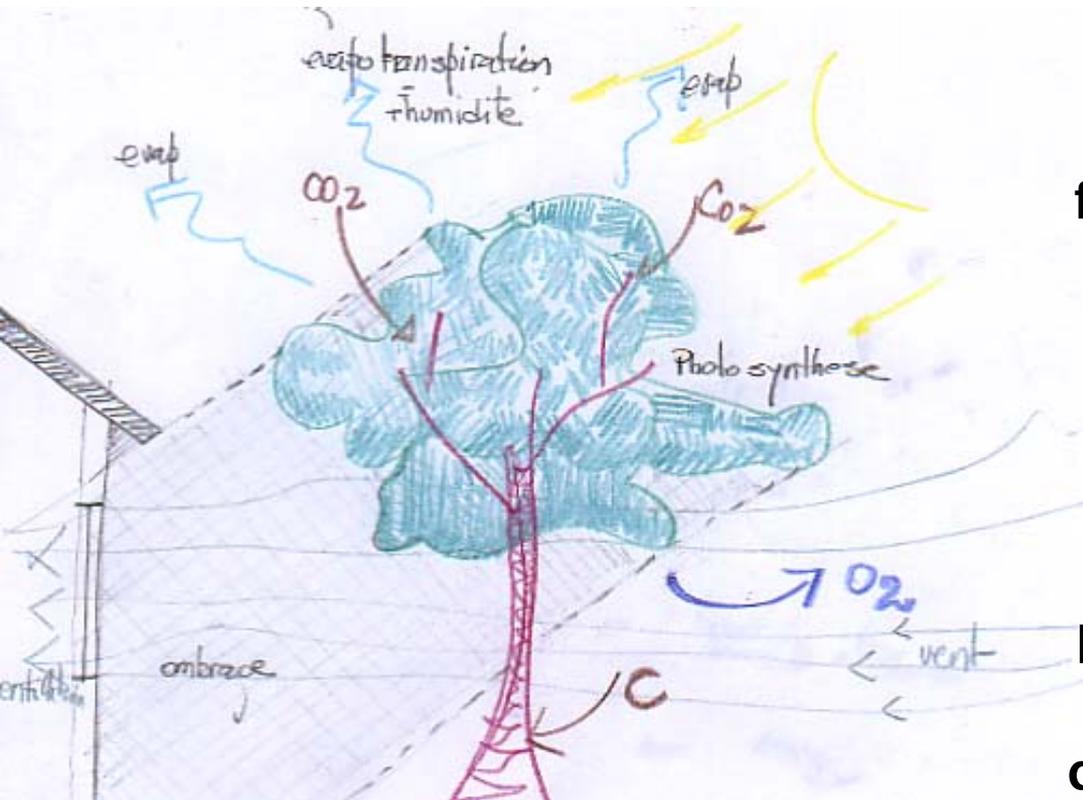
**La température qu'on ressent à l'intérieur d'un bâtiment est à l'origine la conséquence des caractéristiques micro climatiques qui l'entourent**  
**Un bâtiment entouré de végétation, ombre qui fait descendre la température de l'air et du sol aura moins de besoins de climatisation**

# Conception des espaces extérieurs

## rafraîchissement par évaporation

- L'optimisation de l'évaporation de l'eau s'obtiens avec un bon niveau de pulvérisation. L'eau d'une fontaine s'évapore mieux que celle d'un étang d'eau...





La végétation oxygène et rafraîchit l'air par évapotranspiration, elle filtre aussi les poussières en suspension. La végétation à travers son système d'évapotranspiration fait des apports d'humidité à l'air, le mécanisme d'évaporation consomme de l'énergie, ce qui se traduit par une baisse de la température en adoucissant les températures d'été ..





# Conception des espaces extérieurs

## rafraîchissement par radiation

- Lorsque le système de rafraîchissement réduit réellement la quantité d'énergie d'un local on peut parler de rafraîchissement sensible
- Pour l'obtenir, c'est à dire élimination directe d'énergie, et de ce fait réduction de la température, il faut avoir un focus froid qui ait une température suffisamment au dessous de celle que nous voulons obtenir, et avec une masse suffisamment grande qu'elle ne s'altère pas au moment de lui donner la chaleur de laquelle nous voulons nous débarrasser:
- 3 possibilités:
  - Voûte céleste rafraîchissement par radiation
  - Le terrain : rafraîchissement par conduction
  - L'air qui nous entoure: rafraîchissement par convection

# Conception des espaces extérieurs

## rafraîchissement par radiation

- Tous les corps du fait d'avoir une température différente à 0 absolu radient de l'énergie
- Celui qui a plus d'énergie donne a celui qui en a moins

La voûte céleste , qui est a une température extrêmement basse reçoit de l'énergie des bâtiments, du sol que l'entoure. Ce phénomène se produit dans des nuits étoilées d'été...même si les journées ont été chaudes la nuit nous avons besoins de vêtements qui limitent notre radiation vers la voûte céleste...nous sommes des émetteurs..

# Conception des espaces extérieurs rafraîchissement par radiation :

## Toitures froides

- surfaces plus adéquates pour irradier vers la voûte céleste: **toitures terrasses**
- Les surfaces **plus émissives** en ce qui concerne les infrarouges seront les plus adéquates
- Les **émissivités plus hautes**, de l'ordre du 0.90 à 0.98 peuvent s'obtenir avec presque tout genre de finitions à l'exception des surfaces argentées, des surfaces « miroir » qui peuvent être de l'ordre du 0.05, métaux polis 0.25
- La **surface extérieur de la toiture terrasse va irradier vers la voûte céleste, principalement la nuit en se refroidissant**
- Si on fait circuler de l'air à travers cette TT il pourra être employé postérieurement pour rafraîchir
- pour plus de rendement on peut faire **circuler de l'eau (système similaire à un collecteur solaire ) en cumulant l'eau froide dans un réservoir...**L'eau peut passer par le sol ou le plafond radiant ou par une batterie ventilo-covecteur

# Conception des espaces extérieurs rafraîchissement par radiation : Toitures froides

Puissance de refroidissement:

puissance de re irradiation= radiation+convection-récupération

Récupération = énergie qui est absorbé par les particules de l'atmosphère qui radient vers la terre

On peut évaluer 50%ce l'énergie émise par la surface d'origine (comme s'il s'agit d'un corps noir parfait)

- Confort des villes ? la minéralisation croissante synonyme d'augmentation de l'inertie thermique les villes subissent « **l'effet d'ilôt de chaleur** »



- On recherche recréer des espaces verts sur les toits : les toitures végétalisées ont un rôle important dans le confort des villes : évaporation d'eau, rétentions des poussières, confort thermique, acoustique qualité de l'air

