

STRATEGIES DE CONSTRUCTION DURABLE

ENSA Montpellier

2° semest re 2007-2 008 - S10

1. Les ventilations et leurs impacts sur l'architecture

Daniel FAURE

Les sujets possibles sur ce séminaire

- ✂ L'hyperisolation
- ✂ La ventilation
- ✂ Les brise soleil
- ✂ Les coefficients de forme
- ✂ L'inertie
- ✂ La stratégie d'hiver
- ✂ La stratégie d'été

Les ventilations....

Les ventilations ont 2 buts :

 **un but hygiénique :**
évacuer les polluants de
l'air, surtout quand le
volume est fermé (hiver)

 **un but de confort**
thermique d'été : rafraîchir

Les ventilations....

Les ventilations ont plusieurs inconvénients :

✂ elle consomme du chauffage en hiver

✂ elle peut consommer de l'électricité en été

✂ elles peuvent produire du bruit et occuper bcp d'espace

La ventilation sanitaire

Ventilation sanitaire

La ventilation sanitaire doit être assez forte pour évacuer les polluants, mais pas trop pour ne pas perdre trop d'énergie de chauffage, être silencieuse, ne pas occuper trop d'espace

Les polluants de l'air intérieur :

- ✂ l'humidité : respiration
- ✂ le CO₂ : respiration et le CO : mauvaise combustion
- ✂ les composés organiques volatils (toluènes, benzène et xylènes) : matériaux synthétiques
- ✂ les solvants (des peintures)
- ✂ Le tabac
- ✂ les poussières (voitures, poêles)
- ✂ oxydes de soufre et d'azote (poêles à fioul)
- ✂ le formaldéhyde (panneaux agglomérés, meubles)
- ✂ insecticides et fongicides
- ✂ retardateurs de flamme bromée (textiles, électricité)
- ✂ radon
- ✂ amiante
- ✂ fibres diverses
- ✂

Ventilation sanitaire

Les débits nécessaires pour évacuer les polluants de l'air intérieur :

FRANCE

- ✂ logements : 30 m³/h en chambre et 60 m³/h en séjour (évacuation à prévoir en WC 15m³/h , cuisines (75 à 135m³/h selon le nombre de pièces) et bains 30 m³/h
- ✂ scolaires : de 15 à 20 m³/h selon l'âge
- ✂ bureaux : 20 à 25 m³/h
- ✂ hospitalier : 30 m³/h

EUROPE

- ✂ de 22 à 54 m³/h par personne normes européennes EN 13779

**La part de la ventilation sanitaire
dans les déperditions hivernales
d'un projet**

Travaux dirigés

Rappel : Le calcul réglementaire de puissance...

$$\begin{aligned} P = & S \text{ parois opaques} * U * (T_i - T_e) \\ & + L \text{ ponts thermiques} * Y * (T_i - T_e) \\ & + S \text{ parois vitrées} * U * (T_i - T_e) \\ & + \text{Débit air} * 0,34 * (T_i - T_e) \end{aligned}$$

On négligera ici les ponts thermiques

Cas 1 : l'école classique des années 1950



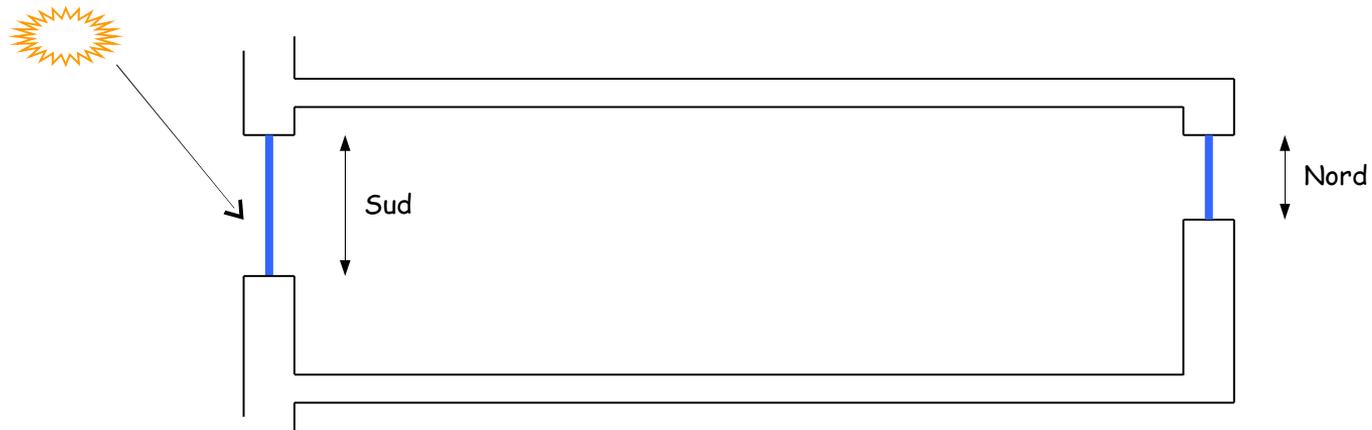
En janvier

Ecole 1950

Sud

Montpellier

Janvier



**Températures : intérieur 19 °C extérieur mini - 6°C
0°C à 8 h et + 6°C à 11 h**

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 100 W

Vitrages : 7 m² à 6 W/m²

Soleil : à 8 h : 150 W/m² à 11 h : 500 W

Autres parois : 70 m² à 2 W/m²

Ventilation : 1000 m³/h à 0,34 W/m³

✂ Calcul réglementaire :

- ✂ Les pertes par les vitrages
- ✂ Les pertes par les parois opaques
- ✂ Les pertes par la ventilation
- ✂ la totalité des pertes
- ✂ le U bat

✂ Calcul réglementaire : résultats

✂ Les pertes par les vitrages : 1050 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 3500 w

✂ Les pertes par la ventilation : 8500 W

✂ la totalité des pertes : 13 050 W

✂ le U bat : $7 \cdot 6 + 70 \cdot \frac{2}{77} = 2,36 \text{ W/}^\circ\text{K}$

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 8 h en janvier

✂ Les pertes par les vitrages : 798 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 2660 W

✂ Les pertes par la ventilation : 6460 W

✂ la totalité des pertes : **9918 W**

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 1000 \text{ W} + 150\text{W} \times 7 = \mathbf{5050 \text{ W}}$

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 11 h en janvier

✂ Les pertes par les vitrages : 546 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 1820 W

✂ Les pertes par la ventilation : 4420 W

✂ la totalité des pertes : **6786 W**

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 500\text{W} \times 7 = \mathbf{6500 \text{ W}}$

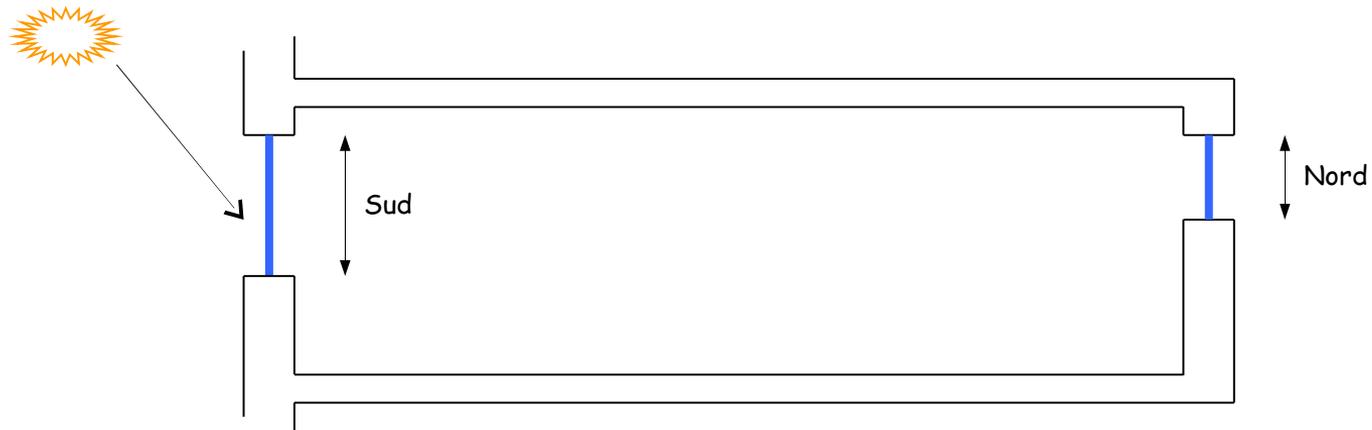
En avril

Ecole 1950

Sud

Montpellier

Avril



Températures : intérieur 19 °C

8°C à 8 h et + 14°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 100 W

Vitrages : 7 m² à 6 W/m²

Soleil : à 8 h : 250 W/m² à 11h : 700 W

Autres parois : 70 m² à 2 W/m²

Ventilation : 1000 m³/h à 0,34 W/m³

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 8 h en avril

✂ Les pertes par les vitrages : 462 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 1540 W

✂ Les pertes par la ventilation : 3740 W

✂ la totalité des pertes : **5742 W**

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 1000 \text{ W} + 250\text{W} \times 7 = \mathbf{5750 \text{ W}}$

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 11 h en avril

✂ Les pertes par les vitrages : 210 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 700 W

✂ Les pertes par la ventilation : 1700 W

✂ la totalité des pertes : 2610 W

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 700\text{W} \times 7 = 7900 \text{ W...rideau}$

Cas 2 : l'école très performante des années 2005

Ex : Cette école autrichienne, aux normes Passiv Haus ^{****}



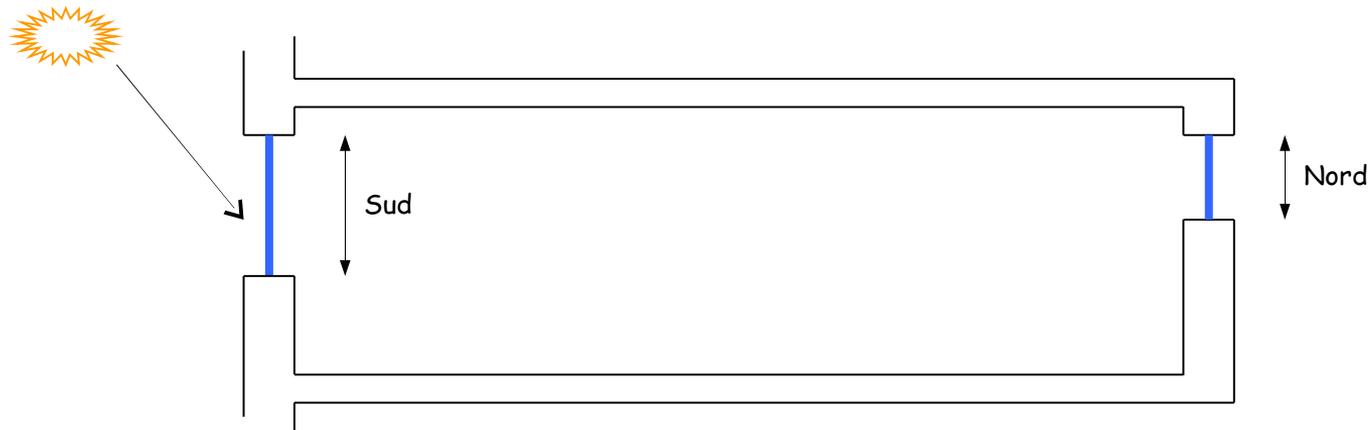
En janvier

Ecole 2005

Sud

Montpellier

Janvier



Températures : intérieur 19 °C extérieur mini - 6°C
0°C à 8 h et + 6°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 39 W

Vitrages : 7 m² à 1.5 W/m²

Soleil : à 8 h : 150 W/m² à 11 h : 500 W

Autres parois : 70 m² à 0.25 W/m²

Ventilation : 540 m³/h à 0,34 W/m³ récupérateur 70% d'économie

✂ Calcul réglementaire :

- ✂ Les pertes par les vitrages
- ✂ Les pertes par les parois opaques
- ✂ Les pertes par la ventilation
- ✂ la totalité des pertes
- ✂ le U bat

Le calcul ...

- ✂ **Calcul réglementaire : résultats (entre parenthèse le calcul école 1950)**
- ✂ **Les pertes par les vitrages : 263 W (1050 W)**
- ✂ **Les pertes par les parois opaques : 438W (3500 w)**
- ✂ **Les pertes par la ventilation : 1377W (8500 W)**
- ✂ **la totalité des pertes : 2078 W (13 050 W)**
- ✂ **le U bat : $7*1.5 + 70* 0.25/77 = 0,36 \text{ W/}^\circ\text{K}$ (2,36 W/°K)**
- ✂ **Une division par 6 en 50 ans**

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 8 h en janvier

✂ Les pertes par les vitrages : 199 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 333 W

✂ Les pertes par la ventilation : 1046 W

✂ la totalité des pertes : **1578 W**

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 390 \text{ W} + 150\text{W} \times 7 = \mathbf{4440 \text{ W}}$

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 11 h en janvier

✂ Les pertes par les vitrages : 137 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 228 W

✂ Les pertes par la ventilation : 716 W

✂ la totalité des pertes : 1081 W

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 500\text{W} \times 7 = 6500 \text{ W} !!!$

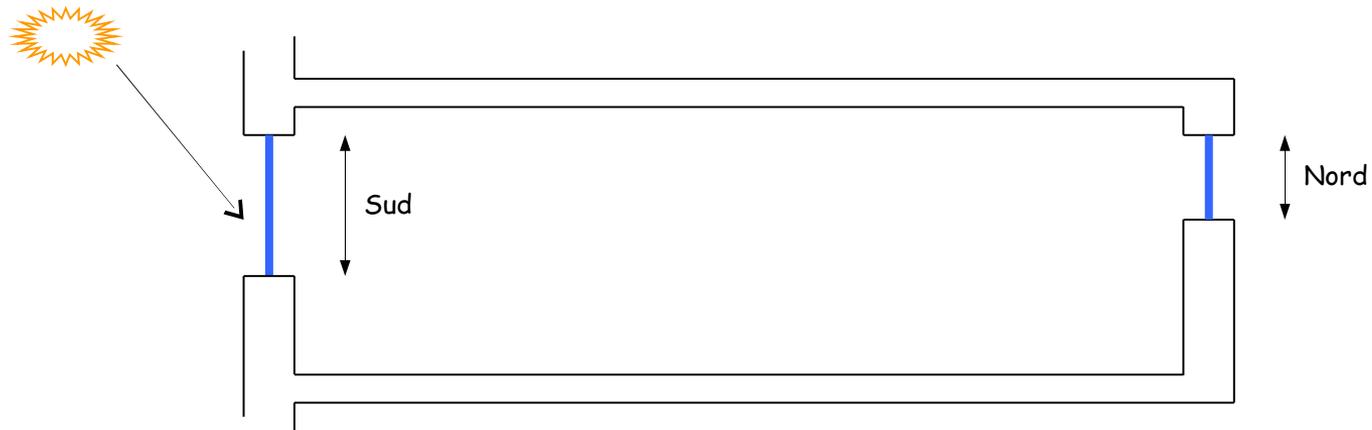
En avril

Ecole 2005

Sud

Montpellier

Avril



Températures : intérieur 19 °C

8°C à 8 h et + 14°C à 11 h

30 élèves : 100 W/élève

Eclairage : 10 ampoules de 39 W

Vitrages : 7 m² à 1.5 W/m²

Soleil : à 8 h : 250 W/m² à 11h : 700 W

Autres parois : 70 m² à 0.25 W/m²

Ventilation : 540 m³/h à 0,34 W/m³ récupérateur 70 % d'économie

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 8 h en avril

✂ Les pertes par les vitrages : 115 W

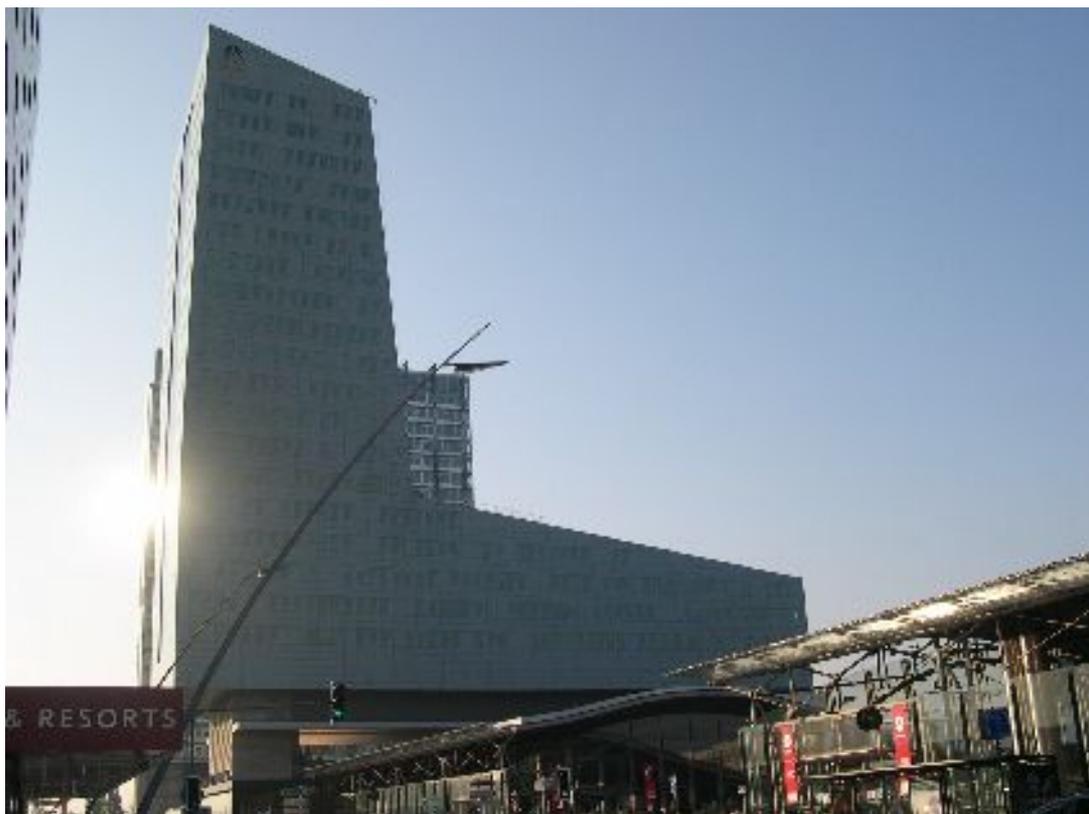
✂ Les pertes par les parois opaques : 193 W

✂ Les pertes par la ventilation : 606 W

✂ la totalité des pertes : 915 W

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 390 \text{ W} + 250\text{W} \times 7 = 5140 \text{ W} !!!$



- ✂ « Ceci explique pourquoi cet immeuble bien connu à Lille a des besoins en janvier de 30% du maxi. estival à cause de la façade Sud Ouest non traitée »

✂ Calcul intelligent :

✂ Les pertes à 11 h en avril

✂ Les pertes par les vitrages : 53 W

✂ Les pertes par les parois opaques : 88 W

✂ Les pertes par la ventilation : 276 W

✂ la totalité des pertes : 417 W

✂ Et les apports :

✂ $3000 \text{ W} + 0 \text{ W} + 700\text{W} \times 7 = 7900 \text{ W...rideau}$

En résumé sur les pertes de la ventilation

✂ à système de ventilation égal,
plus le bâti est isolé, plus la part
des pertes ventilation est forte

✂ mais il existe des ventilations
de plus en plus performantes

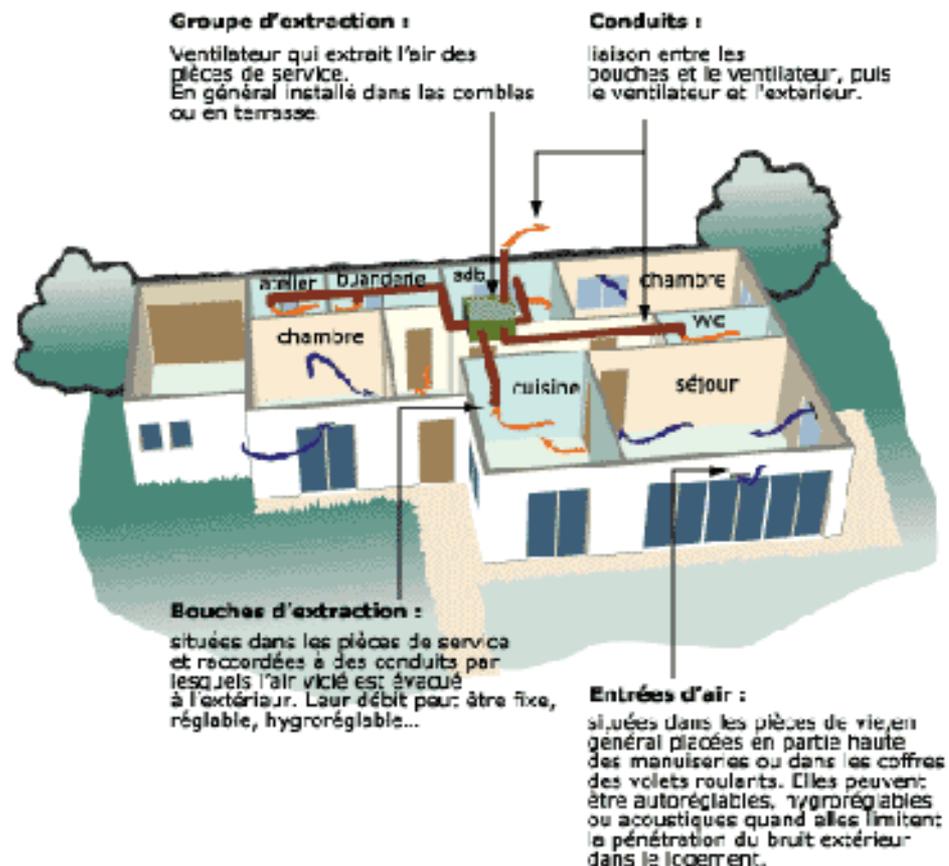
Les types de ventilation

Sanitaire

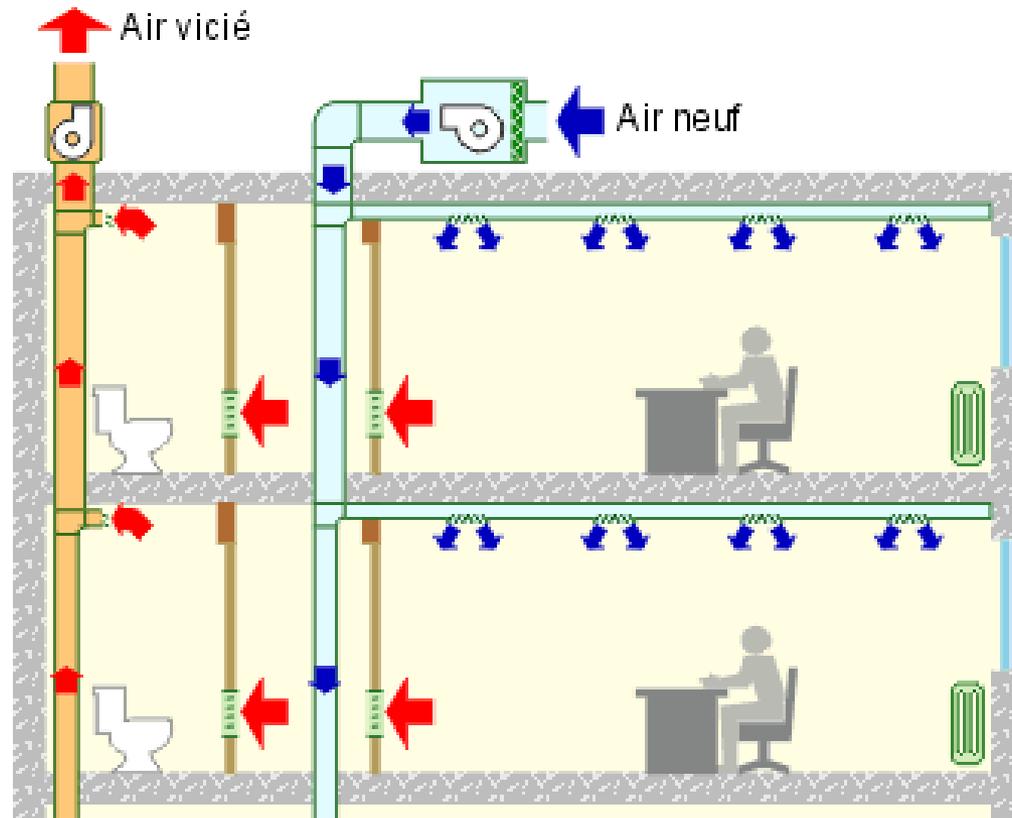
la ventilation : le lexique...

- **VMC = ventilation mécanique contrôlée**
- **VN = ventilation naturelle**
- **VNA = ventilation naturelle assistée**
- **VMR = ventilation mécanique répartie**
- **VMC simple flux : l'air rentre par les fenêtres et est extrait par des bouches**
- **VMC double flux : l'air rentre par des conduits et des bouches et est extrait de même**

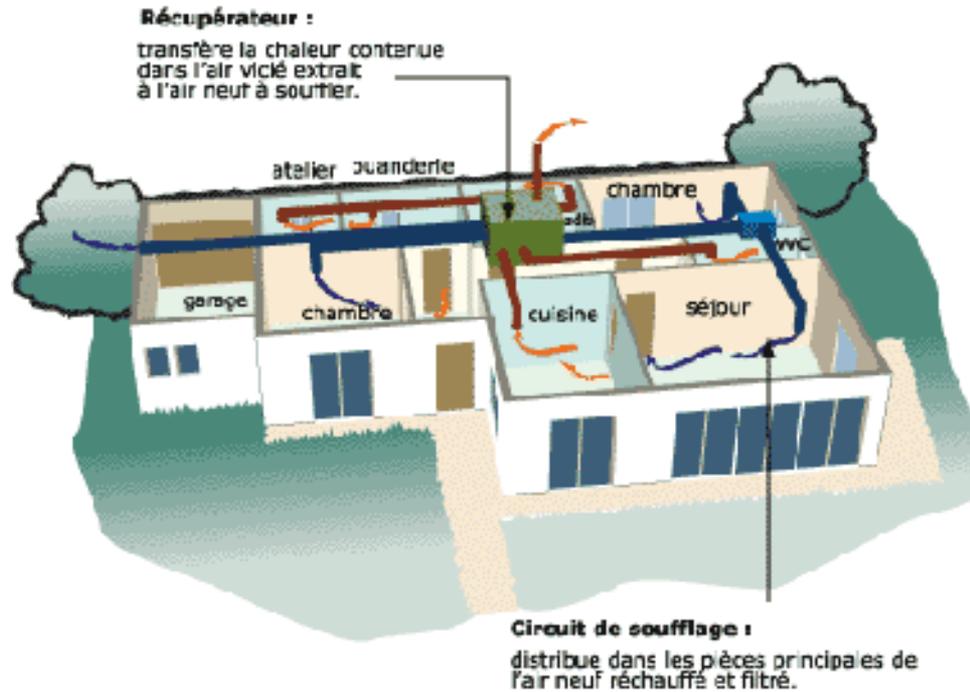
Exemple de VMC simple flux (doc ademe)



Exemple de ventilation double flux (doc ademe)



VMC double flux récupérateur (doc ADEME)



**Naturel ou
mécanique ?**

naturel ou mécanique ...

- **VMC = ventilation mécanique contrôlée**
 - débits constants
 - possibilité de récupération
 - liaison possible avec puits canadien
 - consommation d'électricité
 - esthétique ???
- **VN = ventilation naturelle**
 - débits variables
 - pas de récupération possible

Les autres impacts de la ventilation...

- **Energie électrique** : la puissance électrique est limitée à 0,25 W/m³.h d'air extrait
- **Acoustique** : la VMC c'est le bruit du moteur et des bouches, la ventilation naturelle c'est le bruit de l'extérieur
- **Encombrement des réseaux de gaines, des extracteurs, des bouches diverses (air neuf, air extrait, rejets, entrée d'air)**
- **Liaison avec d'autres systèmes (cas VMC) : pompe à chaleur, puits canadien et provençal**

Travaux dirigés 1

calculer l'impact d'un réseau de gaines ...

Un immeuble de 10 classes bi-orientation sur un seul niveau de 30 élèves (20m³/h par élève). Calculer :

- le débit de renouvellement d'air par classe**
- pour les 10**
- la section croissante de la gaine pour une vitesse d'air de 4 m/s**
- imaginez la taille de l'extracteur, et du local**
- et si on fait du double flux ?**

table de calculs de réseaux de gaines ...

m3/h diam en m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,125	44	88	132	177	221	265	309	353	397	442
0,16	72	145	217	289	362	434	506	579	651	723
0,2	113	226	339	452	565	678	791	904	1017	1130
0,25	177	353	530	707	883	1060	1236	1413	1590	1766
0,3	254	509	763	1017	1272	1526	1780	2035	2289	2543
0,35	346	692	1039	1385	1731	2077	2423	2769	3116	3462
0,4	452	904	1356	1809	2261	2713	3165	3617	4069	4522
0,5	707	1413	2120	2826	3533	4239	4946	5652	6359	7065
0,63	1122	2243	3365	4487	5608	6730	7851	8973	10095	11216
0,8	1809	3617	5426	7235	9043	10852	12660	14469	16278	18086
0,9	2289	4578	6867	9156	11445	13734	16023	18312	20602	22891
1	2826	5652	8478	11304	14130	16956	19782	22608	25434	28260
1,2	4069	8139	12208	16278	20347	24417	28486	32556	36625	40694

l'impact d'un réseau de gaines ...

Un immeuble de 10 classes bi-orientation sur un seul niveau de 30 élèves.

- **le débit de renouvellement d'air par classe : 600 m³/h**
- **pour les 10 : 6000 m³:h**
- **la section croissante de la gaine pour une vitesse d'air de 4 m/s : 250 mm pour 1 classe, 350 pour 2, 400 pour 3, 500 pour 4, 630 jusqu'à 7, 800 jusqu'à 10.**
- **imaginez la taille de l'extracteur : un cube de 1,5 m (on double la plus grande section) et du local un cube de 3m (on double encore)**
- **et si on fait du double flux ? 6 m par 3 m sur 3 m de haut**
- **Et le rejet doit être à 8 m de toute ouverture.....**

Que conclure sur la ventilation ?

- ❑ Une ventilation de logements consomme beaucoup car fonctionne 8760 h/an, donc il sera rentable de mettre une VMC avec des dispositifs d'économie d'énergie
 - ❑ échangeur
 - ❑ VMC hygroréglable
 - ❑ réduction des puissances électriques : on pourrait l'arrêter l'été pour mettre de la ventilation naturelle (plutôt en individuel) si elle reste générale !
- ❑ Une ventilation de classe consomme peu
 - ❑ La première économie consiste à l'équiper d'une horloge sur la VMC
 - ❑ la deuxième est peut-être de prévoir une ventilation naturelle !
 - ❑ sauf si la VMC sert pour le chauffage (approche passiv haus) la double flux est peu rentable surtout en méditerranée (avec les coûts actuels de l'énergie)
- ❑ Une VMC de bureaux se situe entre les 2

La ventilation pour le confort thermique d'été

Le confort c'est quoi ?

✂ Etre à la bonne température

✂ Entendre

✂ Y voir

✂ Sentir

✂ ...Manger ...mais ça dépend pas de l'architecte...

Définition du confort thermique

Etre en tout lieu
et à toute heure
dans de bonnes
conditions
thermiques :
température,
humidité, vitesse
d'air



Température

La température ressentie par le corps (ou résultante) est la moyenne entre la température de l'air et celle des parois (ou leur moyenne)

$$T_{\text{résultant}} = T_{\text{air}} + T_{\text{parois}}$$

La température de l'air n'est pas le confort

Si l'air est à 20 °C

- Si les parois sont à 10 °C
- Je ressens 15 °C : j'ai froid

Si l'air est à 18 °C

- Si les parois sont à 18 °C
- Je ressens 18 °C : je suis bien

Si l'air est à 10 °C

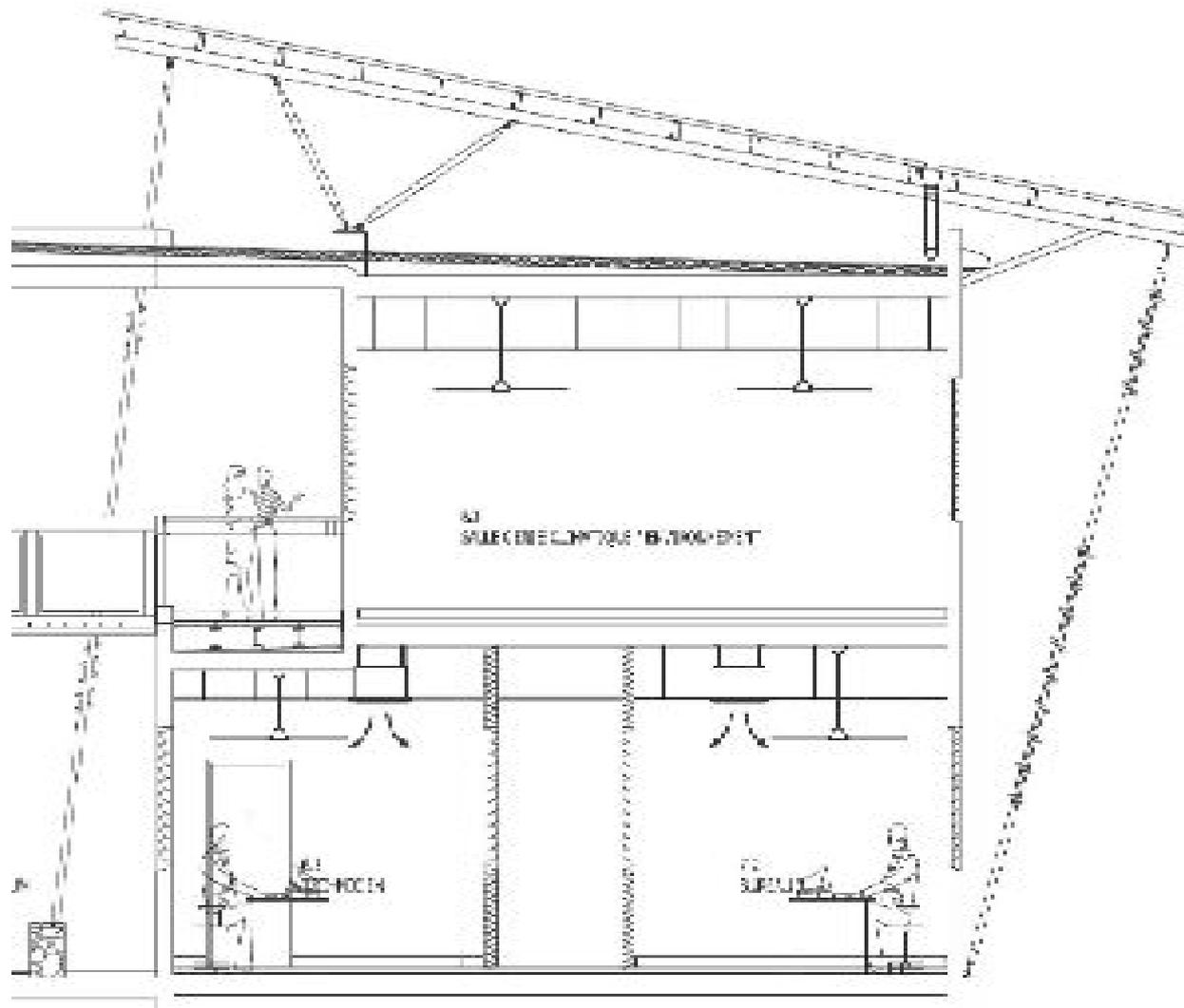
- Si les parois sont à 40 °C (chauffage rayonnant)
- Je ressens 25 °C : je suis très bien !!!

Température et vitesse d'air

La température ressentie par le corps dépend aussi de la vitesse de l'air :

- à moins de 0,1 m/s confinement
- à plus de 0.15 m/s en hiver (0.25m/s en été) sensation de courant d'air
- à 1 m/s équivalent à moins 3 °C (utilisation de brasseurs d'air)

Brasseurs d'air : projet Ile réunion



Température et humidité

La température ressentie par le corps dépend aussi de l'humidité de l'air :

- **un air sec est facile à chauffer, et à refroidir : il fait supporter le froid et le chaud (alpes)**
- **un air humide est chargé d'énergie à cause de l'eau : il accable en été (pays tropicaux)**

Température et inertie

La température varie en permanence : même en hiver, on peut avoir trop chaud puis trop froid, sur la même journée. Pour y remédier, il faut créer de l'inertie.

- **à l'intérieur des volumes**
- **avec des matériaux lourds pas trop épais (équivalent 10 à 20 cm de béton ou de terre crue)**

L'inertie est le premier régulateur du climat intérieur en région méditerranéenne :

- **2 cm = 1 h**
- **10 cm = 1 jour**
- **25 cm = 1 semaine**

L'inertie ça sert à quoi ?

Considérez la masse interne du bâtiment comme un éponge

 le jour le trop plein de chaleur inonde le volume ; mais l'éponge inertie en absorbe une partie.
Sans la masse, j'aurais bcp plus chaud : ex : un algeco de chantier au soleil

L'inertie ça sert à quoi ?

La nuit, je presse l'éponge

✂ le trop plein de chaleur accumulée par l'éponge inertie est évacué à l'extérieur

✂ pour ça, je prévois une ouverture au vent dominant et une sous le vent

L'inertie ça sert à quoi ?

Une erreur de gestion des « gens du nord »

✂ j'ai trop chaud le jour, j'ouvre les fenêtres

✂ VRAI si la température intérieure est plus chaude que l'extérieure

✂ FAUX dans le cas contraire : dans ce cas, j'utilise les brasseurs d'air

Les débits de ventilation naturelle?

Un ordre de grandeur

✂ Vitesse de l'ordre de 1 m/s

✂ Débit de l'ordre de 10 à 20 fois le volume des pièces concernées

✂ Une section carrée n'a d'utile que la section ronde qui lui est inscrite

Travaux dirigés 2

calculer l'impact d'une ventilation traversante ...

Un immeuble de logements fonctionne l'été en ventilation naturelle.

- **quelle conséquence pour mon plan masse, en périphérie, en menuiseries intérieures**
- **dimensions des ouvertures à prévoir pour renouveler d'air d'un T3 (70 m²) 20 fois par heure**
- **quelles conséquences pratiques sur ces ouvertures ?**

table de calculs de réseaux de gaines ...

m ³ /h diam en m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,125	44	88	132	177	221	265	309	353	397	442
0,16	72	145	217	289	362	434	506	579	651	723
0,2	113	226	339	452	565	678	791	904	1017	1130
0,25	177	353	530	707	883	1060	1236	1413	1590	1766
0,3	254	509	763	1017	1272	1526	1780	2035	2289	2543
0,35	346	692	1039	1385	1731	2077	2423	2769	3116	3462
0,4	452	904	1356	1809	2261	2713	3165	3617	4069	4522
0,5	707	1413	2120	2826	3533	4239	4946	5652	6359	7065
0,63	1122	2243	3365	4487	5608	6730	7851	8973	10095	11216
0,8	1809	3617	5426	7235	9043	10852	12660	14469	16278	18086
0,9	2289	4578	6867	9156	11445	13734	16023	18312	20602	22891
1	2826	5652	8478	11304	14130	16956	19782	22608	25434	28260
1,2	4069	8139	12208	16278	20347	24417	28486	32556	36625	40694

Travaux dirigés 3

Les limites des sections de passage?

Une règle physique

✂ La section circulaire permet le meilleur débit (ou la section carré dont l'arête est égale au diamètre)

✂ Le diamètre équivalent d'une section rectangulaire dont les côtés sont a et b est égal à :

$\emptyset = 2*a*b/(a+b)$ - formule de Chésy
(a cependant quelques limites)

Les limites des sections de passage?

Calcul d'un diamètre équivalent :

✂ $\emptyset = 2*a*b/(a+b)$ avec

✂ $a = 4 \text{ m}$

✂ $b = 0,4 \text{ m}$

Soit une surface de $1,6 \text{ m}^2$

Les limites des sections de passage?

Calcul d'un diamètre équivalent :

$$\text{✂ } \emptyset = 2*a*b/(a+b)$$

$$\text{✂ } \emptyset = 2*4*0,4/(4+0,4) =$$

$$\text{✂ } \emptyset = 0,73 \text{ m}$$

✂ Soit une surface de 0,42 m² et non pas de 1,6 m² (4 fois moins)

Au delà d'un rapport 3/2, il ne faut pas écraser les gaines....ou en mettre plusieurs

La ventilation naturelle sanitaire

Travaux dirigés 4

Tour à ventilation naturelle vitrée



Nous allons calculer la section de la tour..

Un ordre de grandeur

- ✂ Vitesse de l'ordre de 3 m/s si pas soleil, et 5 m/s si soleil (effet de serre) et la nuit, il n'y a pas d'occupants.....
- ✂ Débit : 30 m³/h par occupant
- ✂ Densité : 1 personne pour 10 m²
- ✂ Une section carrée n'a d'utile que la section ronde qui lui est inscrite
- ✂ **surface de l'immeuble** : 16 m par 16 sur 16 étages.

calculer l'impact d'une ventilation naturelle sanitaire par cheminée ...

Une tour de bureau fonctionne toute l'année en ventilation naturelle.

- **Surface :**
- **Nombre d'occupants :**
- **Débit d'air sanitaire à extraire**
- **Section quand il n'y a pas de soleil**
- **Section avec soleil**

calculer l'impact d'une ventilation naturelle sanitaire par cheminée ...

Une tour de bureau fonctionne toute l'année en ventilation naturelle.

- **Surface : 4 096 m²**
- **Nombre d'occupants : 410 personnes**
- **Débit d'air sanitaire à extraire : 12 300 m³/h**
- **Section quand il n'y a pas de soleil : 1,2 * 1,2 m**
- **Section avec soleil : 1 m * 1m**

Que concluez vous en voyant la photo ?

**Sur les tours à vent
pas de TD mais des
photos** (de richard tolouie tous
droits réservés)

Le phénomène physique des tours à vent

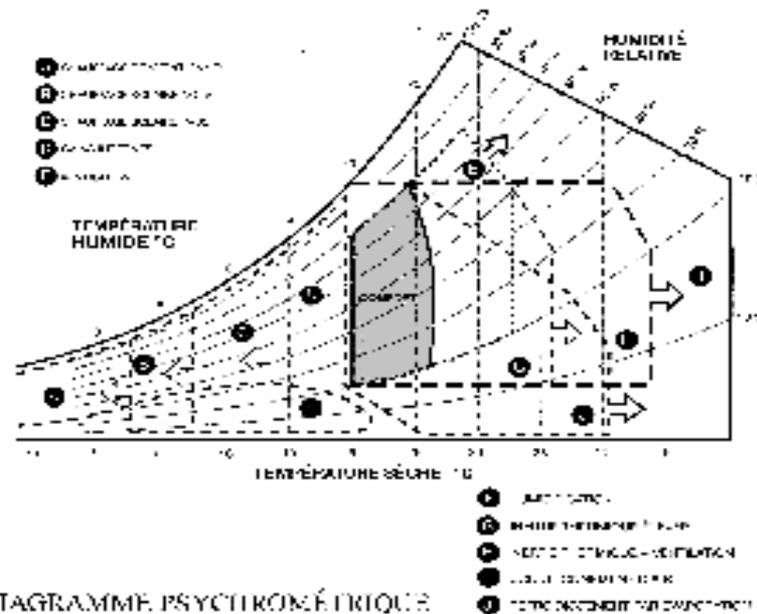


DIAGRAMME PSYCHROMÉTRIQUE

LE DIAGRAMME DE MILNE GIVONI DÉFINIT LES STRATÉGIES À SUIVRE EN DEHORS DES CONDITIONS DE CONFORT

Tour à vents



Tour à vents

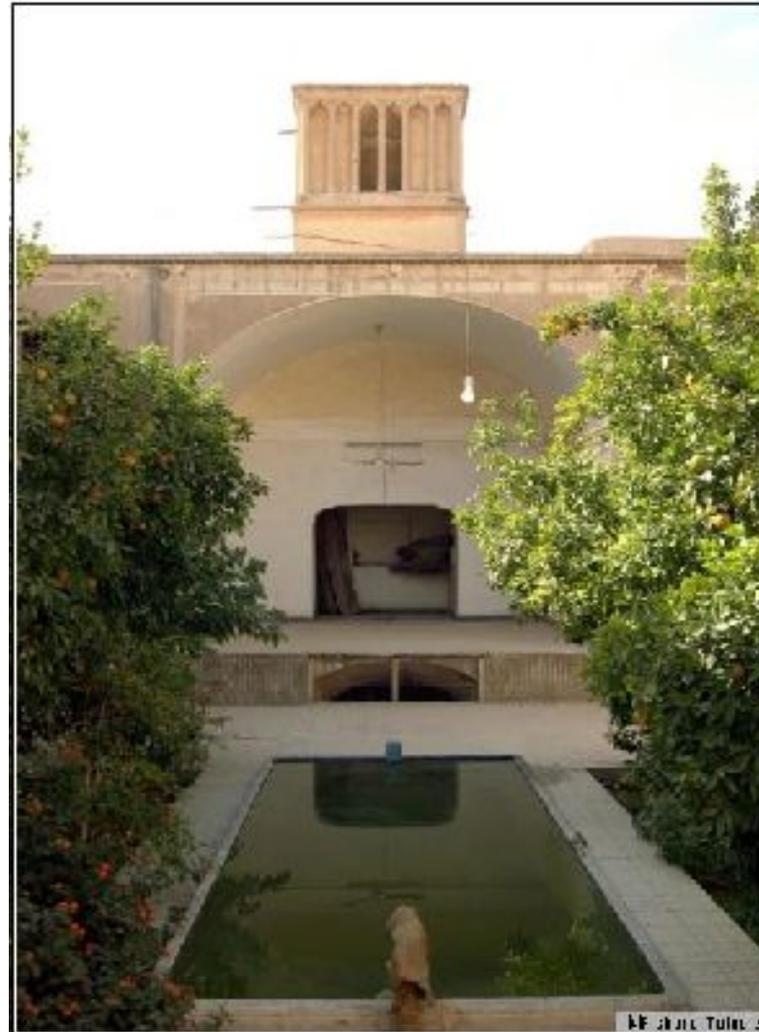


Tour à vents



©Richard Tolouie

Tour à vents



Tour à vents



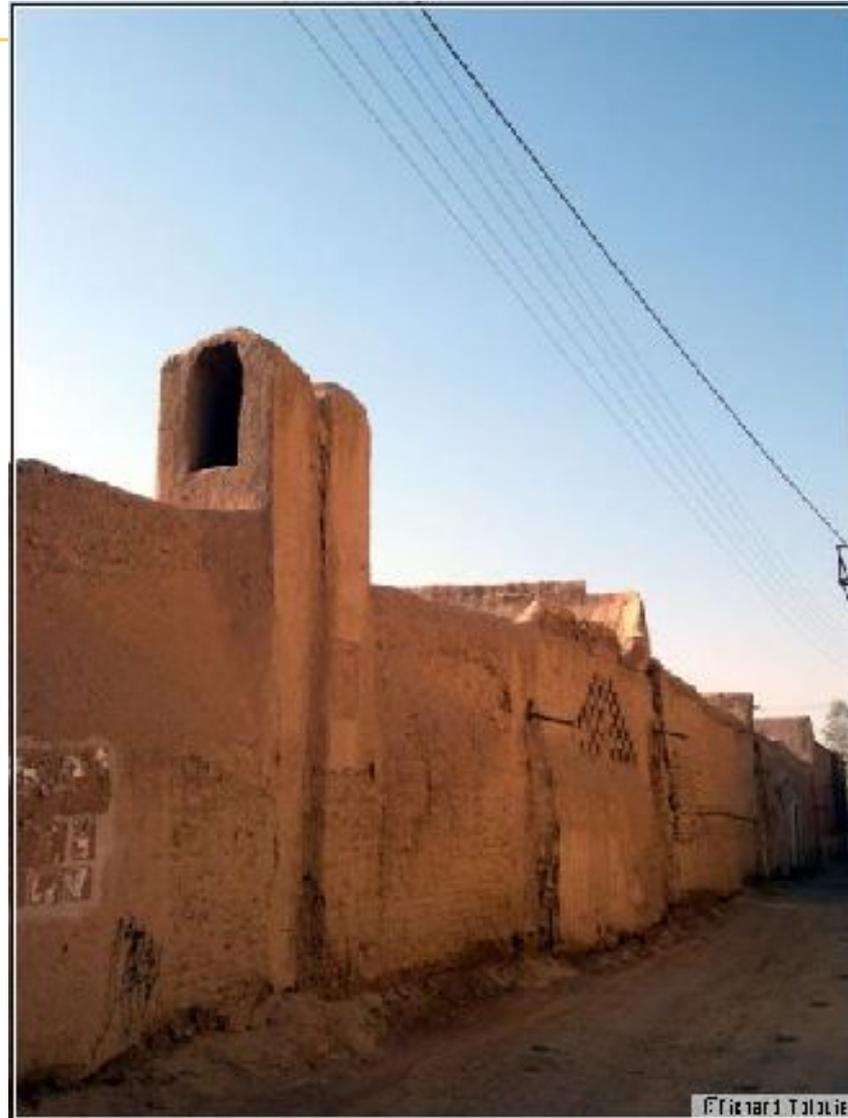
Tour à vents



Tour à vents



Tour à vents



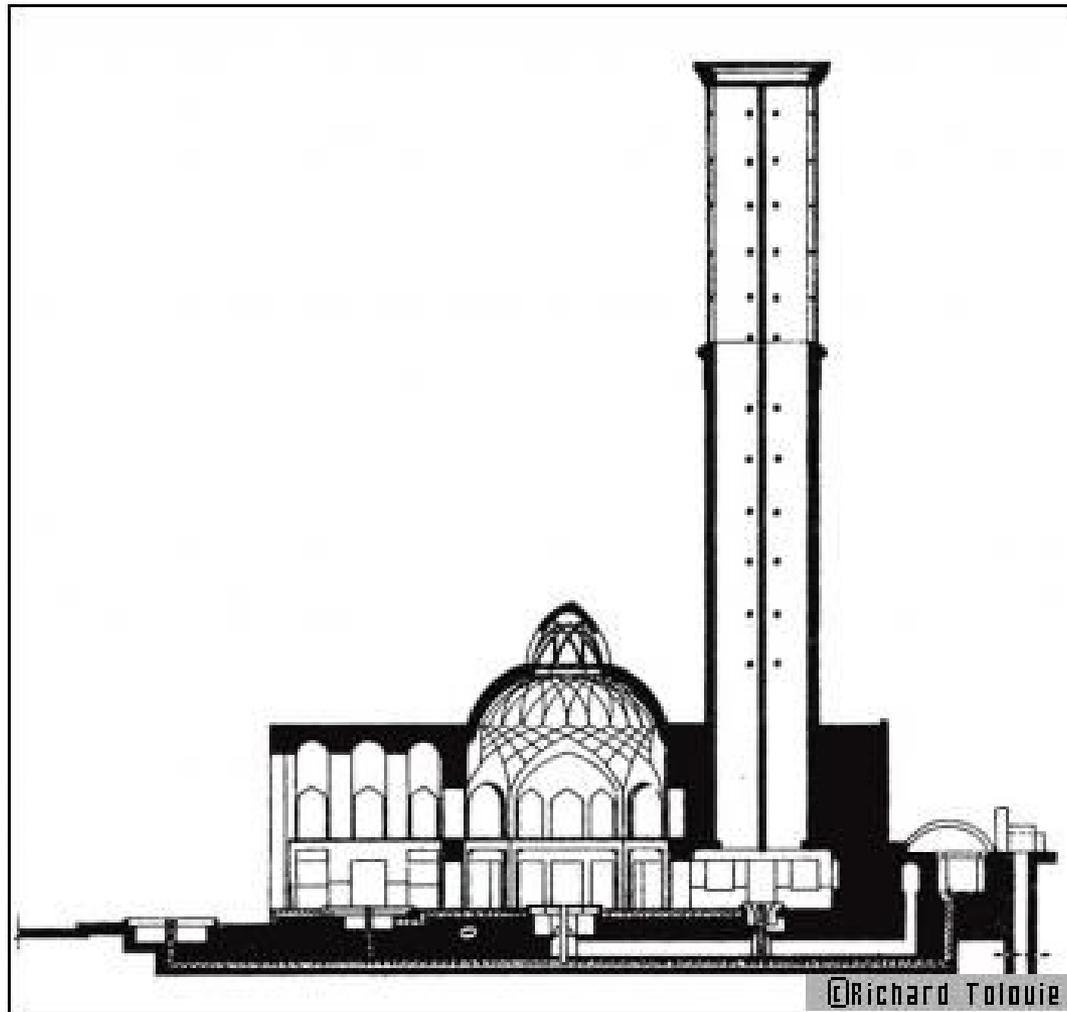
Tour à vents



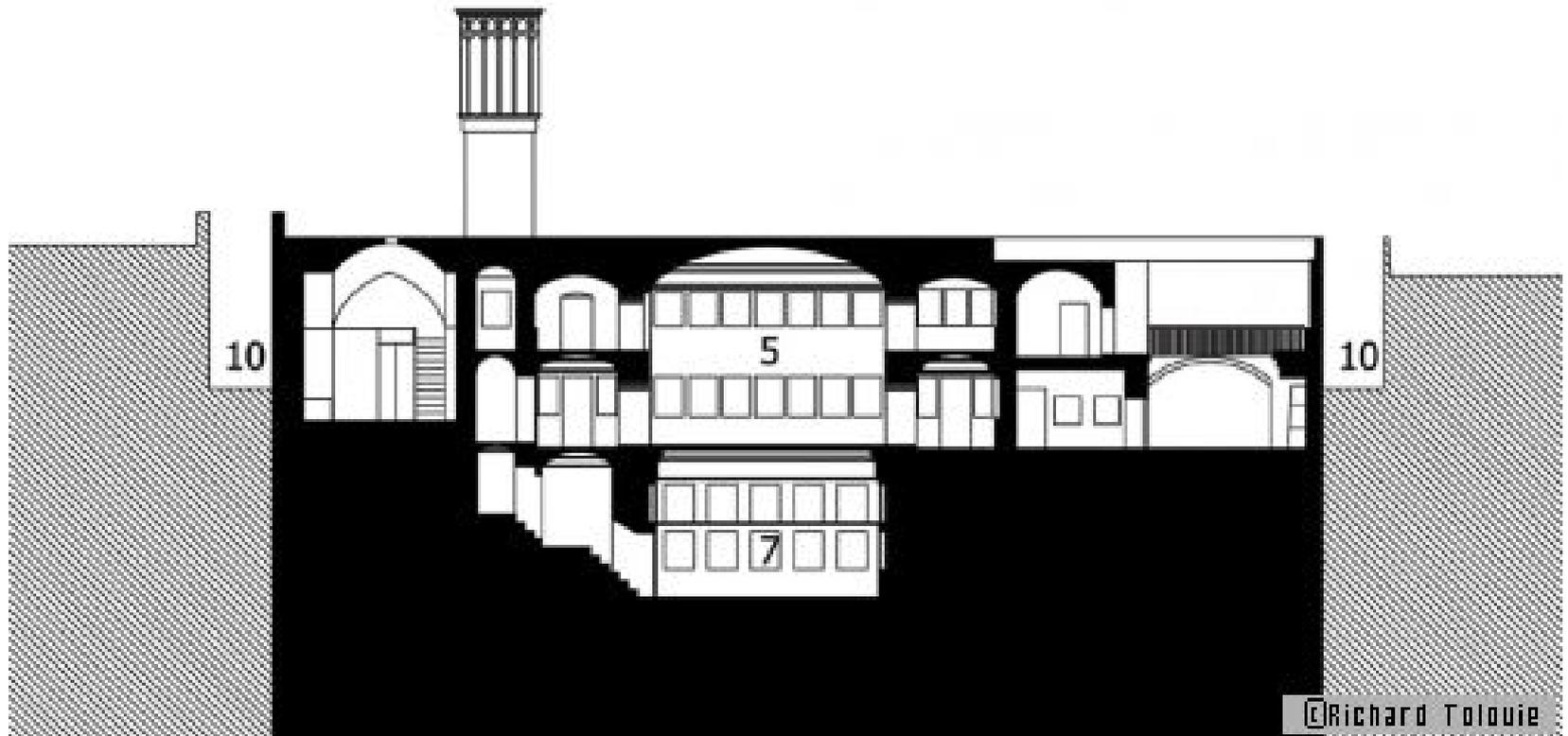
Tour à vents



Tour à vents

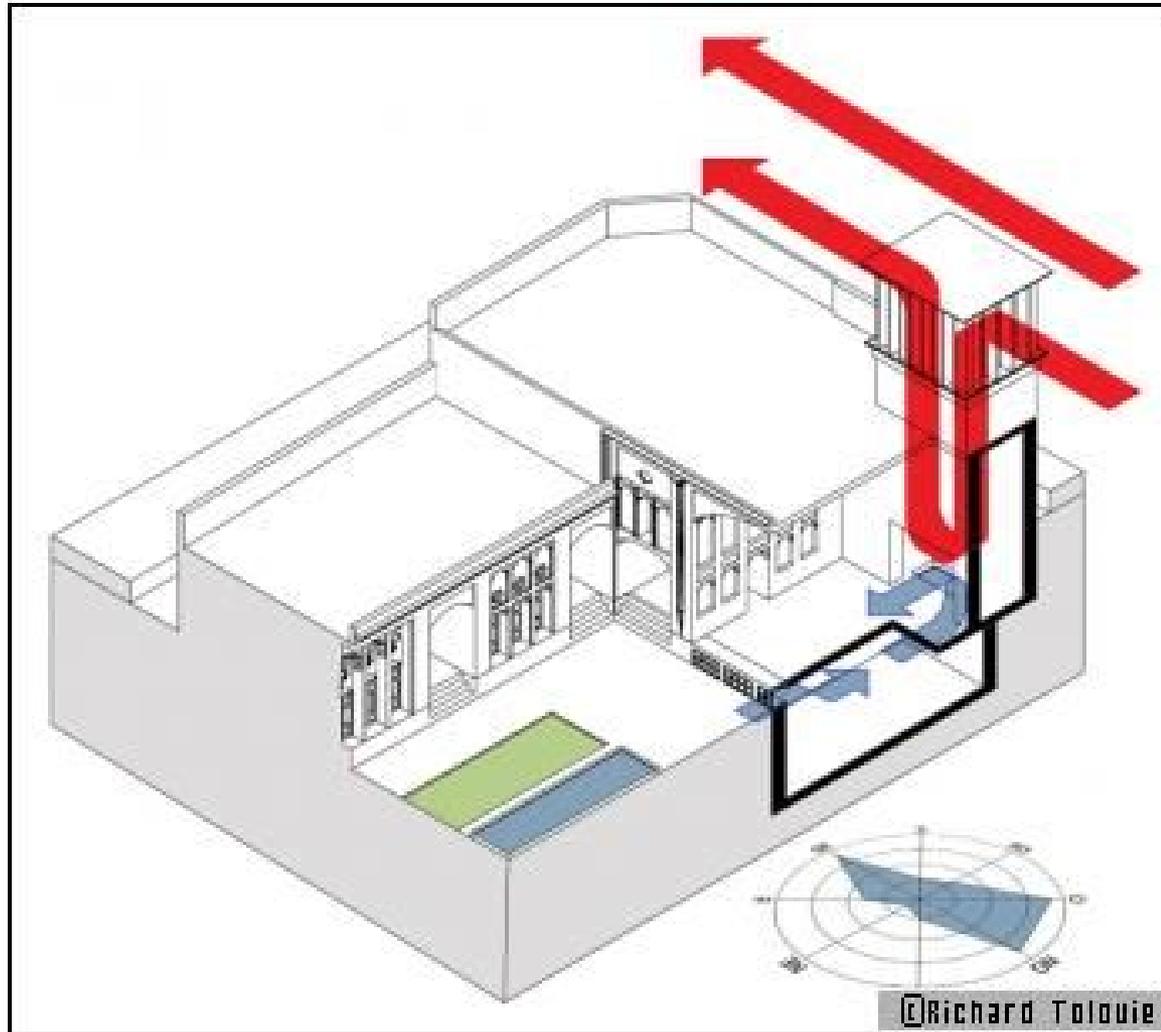


Tour à vents

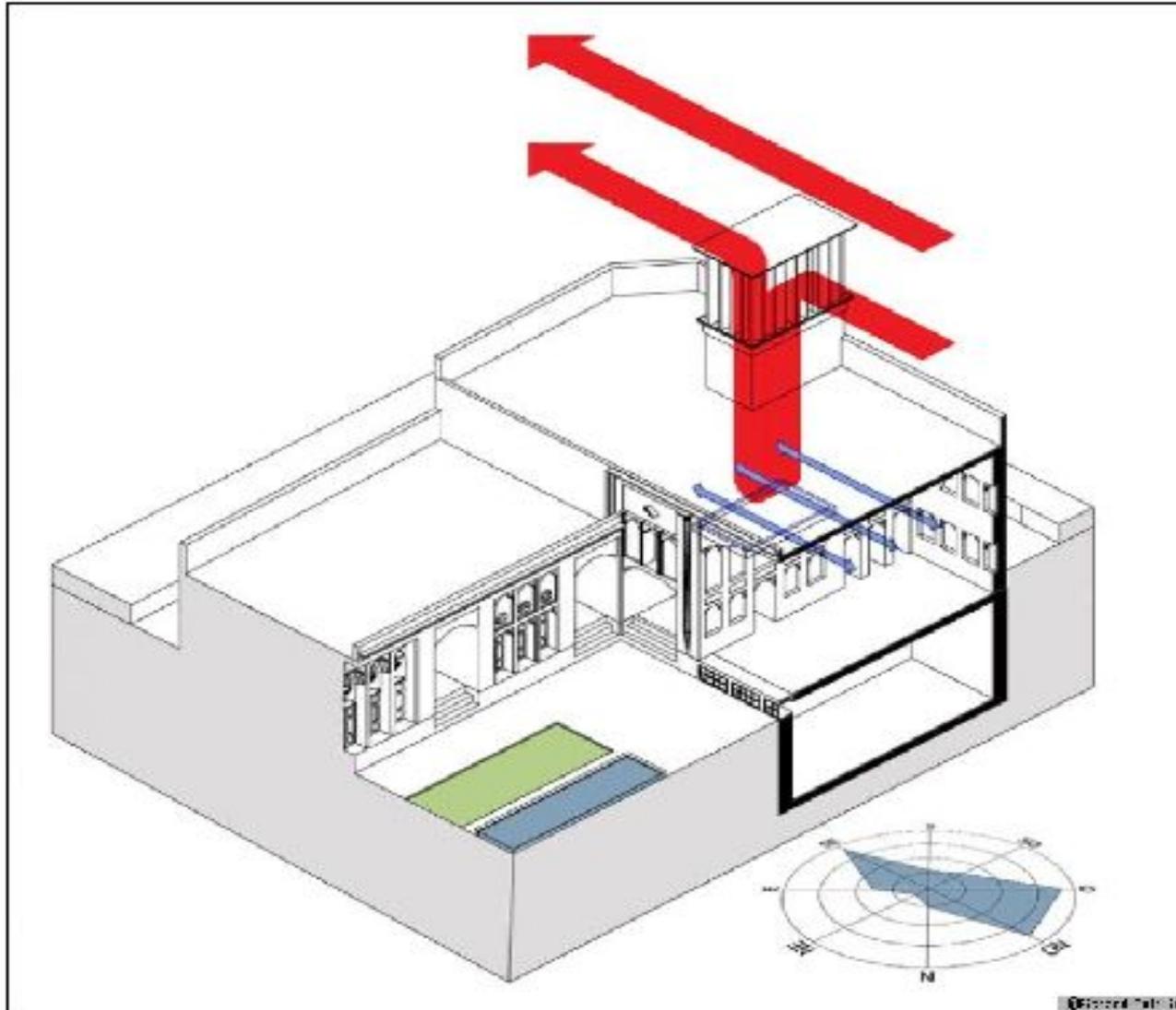


Richard Tolouie

Tour à vents



Tour à vents

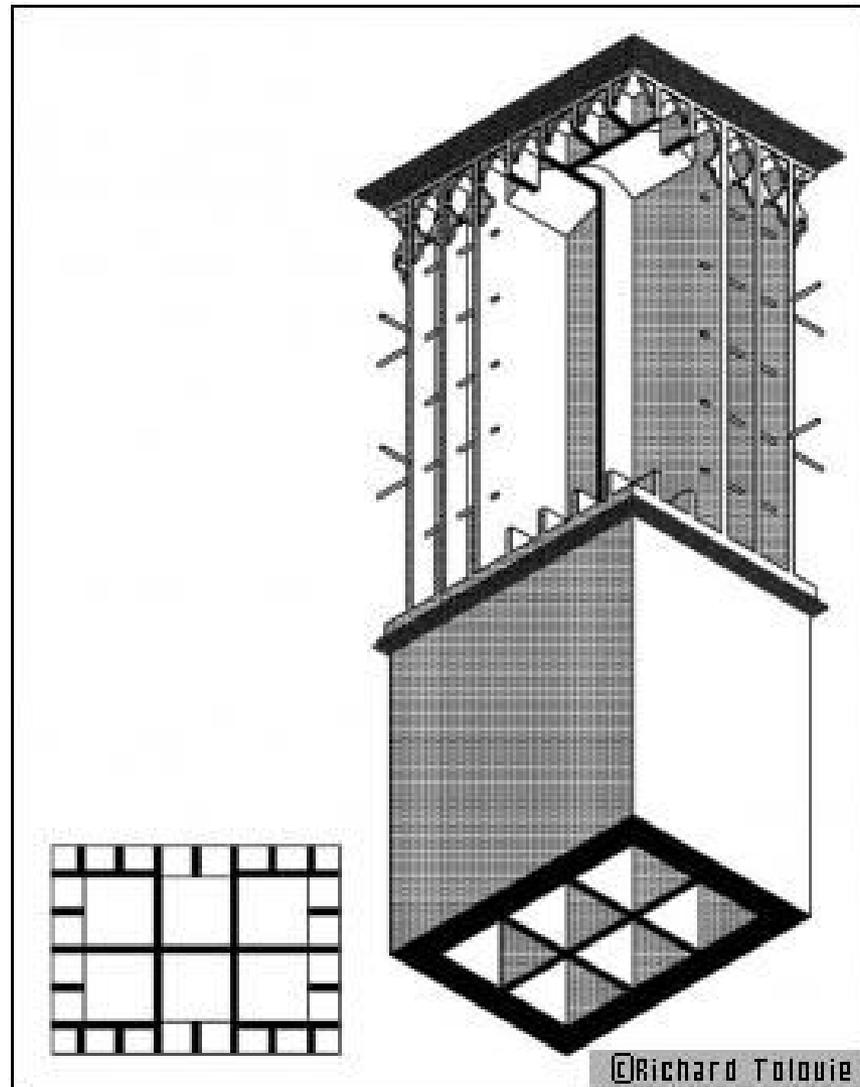


Tour à vents



© Richard Tolouie

Tour à vents



Tour à vents



©Richard Tolouie

Les prochaines fois

- **Les brise soleil**
- **La stratégie d'hiver**
- **La stratégie d'été en méditerranée**

L'examen portera sur ce dernier point qui est transversal

