

Introduction

Selon l'opinion courante, la climatisation consiste à rafraîchir des locaux pendant la saison chaude (été). En réalité le domaine de la climatisation est beaucoup plus vaste, on peut dire d'une façon générale que climatiser un local : c'est établir à l'intérieur du local des conditions déterminées de température, d'humidité et aussi de pureté de l'air en d'autres termes cela revient à y instaurer un climat artificiel indépendant des conditions extérieures. Il en découle deux types de conditionnement de l'air :

- La climatisation de confort (bureaux, chambre d'hôtel, appartement, salle de cours, etc.). On cherche à réaliser à l'intérieur de ces locaux des conditions aussi favorables que possible au bon fonctionnement de l'organisme humain.
- Le conditionnement d'air industriel (produits pharmaceutiques, produits électroniques, textile, etc.). On cherche à établir un climat artificiel à l'intérieur des locaux favorable à une meilleure productivité et répondant aux normes de fabrication des produits.

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطلاب الجزائري



Master Mcanique Energetique

1. Définitions

Air humide :

L'air humide est un mélange d'air sec et d'humidité. Cette humidité peut se présenter selon le cas sous la forme :

- De vapeur d'eau (état vapeur surchauffée)
- Gouttelettes d'eau (état liquide) en suspension dans l'air (brouillard)
- Particules de glaces (état solide) (givre ou neige)

En climatisation, nous nous limitons en ce qui nous concerne au 1^{er} cas

Air humide = air sec + vapeur d'eau

Composition volumique de l'air sec :

N₂ (Azote) : 78.09%

O₂ (oxygène) : 20.95%

Gaz rares (Ar, Xe, ...) : 0.93%

Impuretés (CO₂,...) : 0.03%

Pression partielle

Dans un mélange gazeux on considère que chaque gaz exerce dans le volume V qu'il occupe, sa pression partielle.

On appelle pression partielle d'un gaz la pression qu'il aurait s'il se trouvait seul dans le volume V.

Pression totale (loi de Dalton)

Dans un mélange gazeux, la pression totale est égale à la somme des pressions partielles des gaz constituants.

Pour l'air humide : $P_{\text{totale}} = P_{\text{air sec}} + P_{\text{vap.d'eau}}$

P_{totale} : pression totale

$P_{\text{vap.d'eau}}$: pression partielle de la vapeur d'eau

$P_{\text{air sec}}$: pression partielle de l'air sec

Rappel : notion de gaz parfait

L'air sec et la vapeur d'eau se comportent comme des gaz parfaits dans les conditions de température et de pression relatives à la climatisation (pression autour de 1 bar et la température variant de -20°C à 50°C)

$$P_{as}V = \frac{m_{as}}{M_{as}}RT = n_{as}RT$$

La psychrométrie

$$P_v V = \frac{m_v}{M_v} RT = n_v RT$$

En sommant les deux équations on obtient :

$$(P_{as} + P_v)V = (n_{as} + n_v)RT$$

En comparant avec la loi des Gaz parfaits :

$$P_t V = n_t RT$$

On en déduit que :

$$P_t = P_{as} + P_v$$

On pose :

$$R = 8.31 \text{ J/mole.K}$$

$$R_v = \frac{R}{M_v} = 462 \text{ J/kg.K}$$

$$R_{as} = \frac{R}{M_{as}} = 287 \text{ J/kg.K}$$

Loi des G.P pour l'air sec

$$P_{as} = \frac{287 m_{as} T}{V}$$

$$\rho_{as} = \frac{P_{as}}{287 T}$$

$$P_{as} \text{ (Pa)}, m_{as} \text{ (kg)}, T \text{ (K)}, V \text{ (m}^3\text{)}$$

Loi des G.P pour la vapeur d'eau

$$P_v = \frac{462 m_v T}{V}$$

$$\rho_v = \frac{P_v}{462 T}$$

$$P_v \text{ (Pa)}, m_v \text{ (kg)}, T \text{ (K)}, V \text{ (m}^3\text{)}$$

2. Propriétés de l'air humide

Humidité absolue

Elle est définie par :

$$w = \frac{\text{masse de la vapeur d'eau contenue dans un volume } V}{\text{masse d'air sec contenu dans le même volume } V}$$

$$w = \frac{m_v}{m_{as}} = 0.622 \frac{P_v}{P_t - P_v} \quad (\text{kgvap} / \text{kgas})$$

Humidité relative

Elle est définie par :

$$\psi = \frac{P_v(T)}{P_{vsat}(T)} \text{ en}\%$$

Si $\psi = 100\%$ alors l'air humide est dit saturé

Relation entre l'humidité relative et l'humidité absolue

$$w = 0.622 \frac{\psi P_{vsat}(T)}{P_t - \psi P_{vsat}(T)}$$

Enthalpie de l'air humide

L'enthalpie H est une fonction thermodynamique importante pour le calcul énergétique des équipements. Seules ses variations sont calculables ; une origine doit être fixée arbitrairement

$$H = H_{as} + H_v$$

$$H = m_{as}h_{as} + m_vh_v$$

L'enthalpie massique de l'air humide s'exprime donc par :

$$h = \frac{H}{m_{as}} = h_{as} + wh_v$$

Pour l'air humide, le point de référence de l'enthalpie est le 0°C

$$h_{as}(0^\circ\text{C}) = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{kgas}} \quad \text{et} \quad h_v(0^\circ\text{C}) = 2501.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kgvap}}$$

On peut donc écrire :

La psychrométrie

$$h_{as}(T^{\circ}C) = C_{p_{as}}T$$

$$h_v(T^{\circ}C) = C_{p_v}T + 2501.3$$

Avec : $C_{p_{as}} = 1.000\text{kJ/kgK}$ et $C_{p_v} = 1.86\text{kJ/kgK}$

L'enthalpie massique de l'air s'écrit finalement comme suit :

$$h = 1 * T + w(1.86 * T + 2501.3)$$

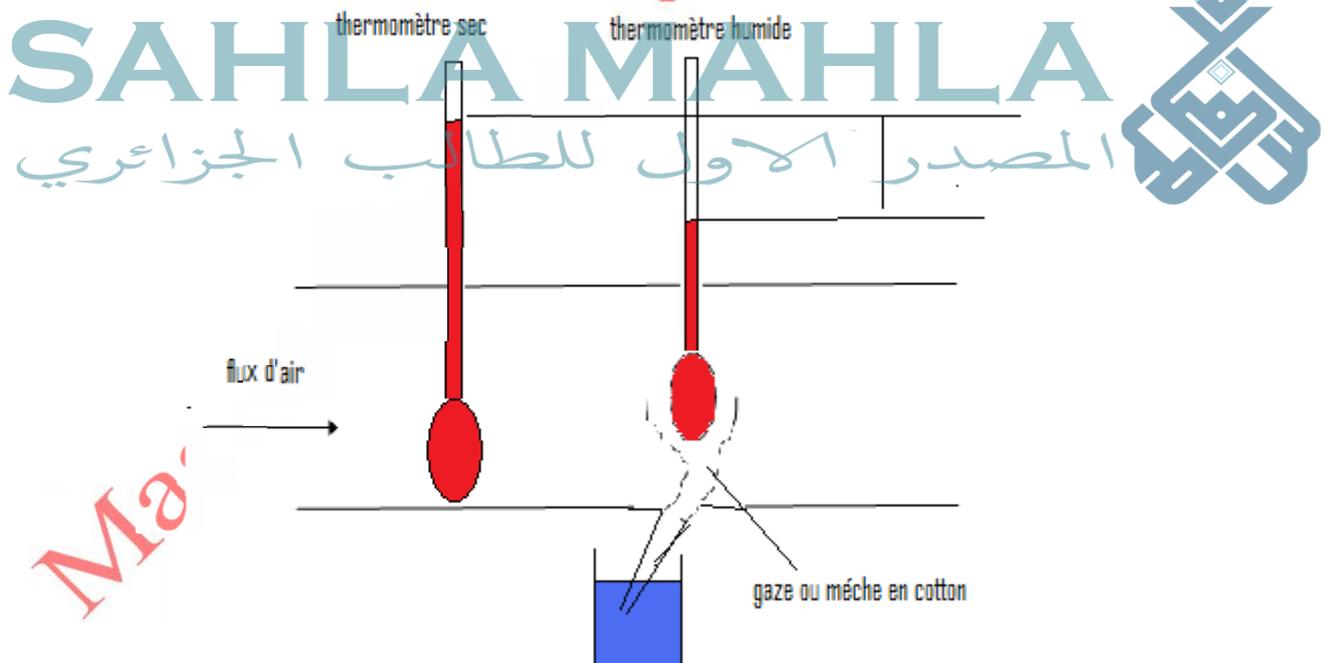
Unité : (kJ/kgas)

Température sèche et Température humide

Température sèche : C'est la température indiquée par un thermomètre dont le bulbe est sec

Température humide : C'est la température indiquée par un thermomètre dont le bulbe est entouré d'un coton hydrophile humidifié. Ce thermomètre est placé dans un flux d'air relativement rapide (2m/s). L'appareil de mesure qui sert à déterminer à la fois T_s et T_h s'appelle un psychromètre.

La température humide se lit sur la droite de saturation du diagramme et se déplace suivant une oblique. Elle s'exprime aussi en degrés Celcius ($^{\circ}C$)

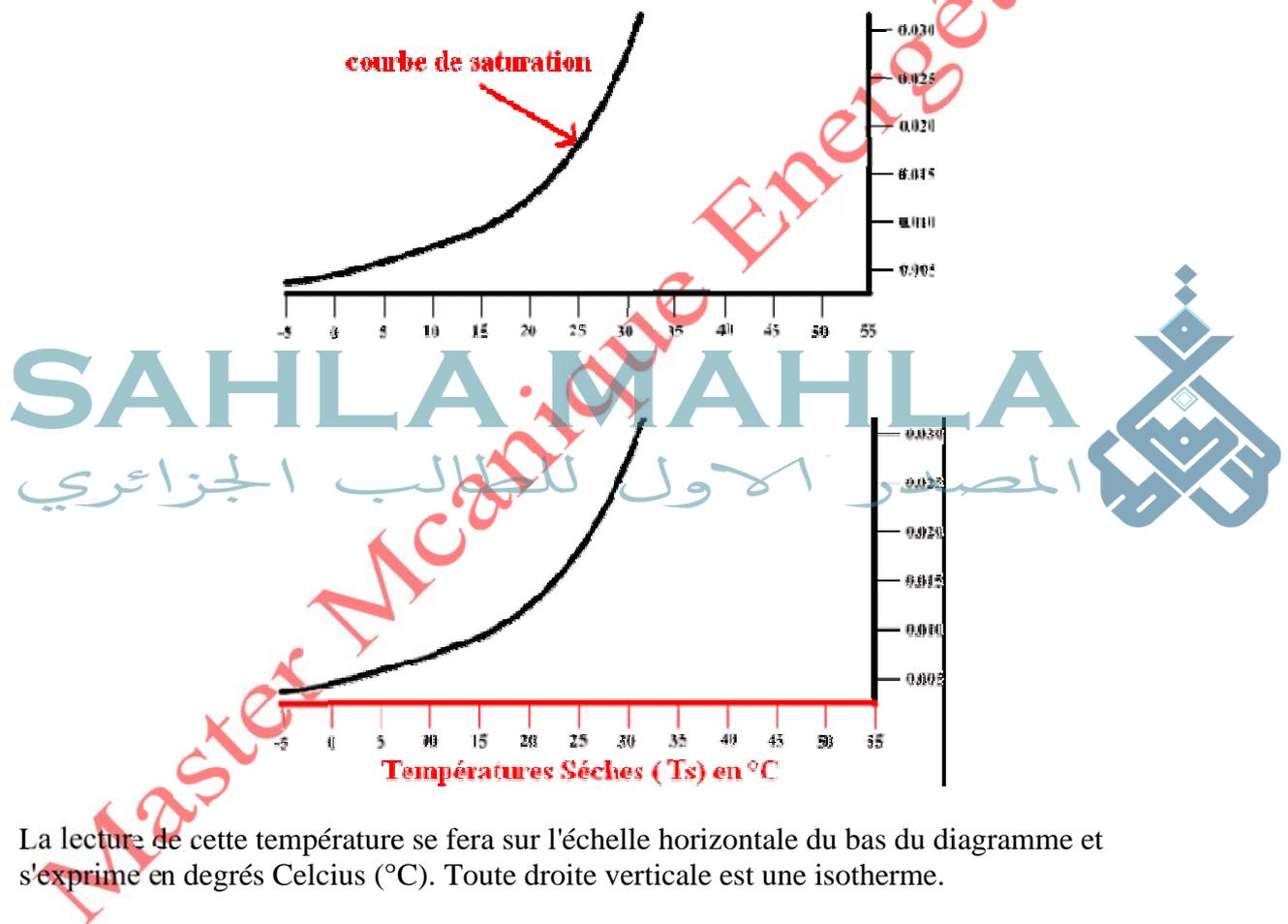


Température de rosée (ou point de rosée)

C'est la température à partir de laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air humide et au contact d'une paroi ou support solide (paroi métallique, fenêtre, etc.) commence à se condenser lorsque l'air humide est refroidi lentement à pression constante.

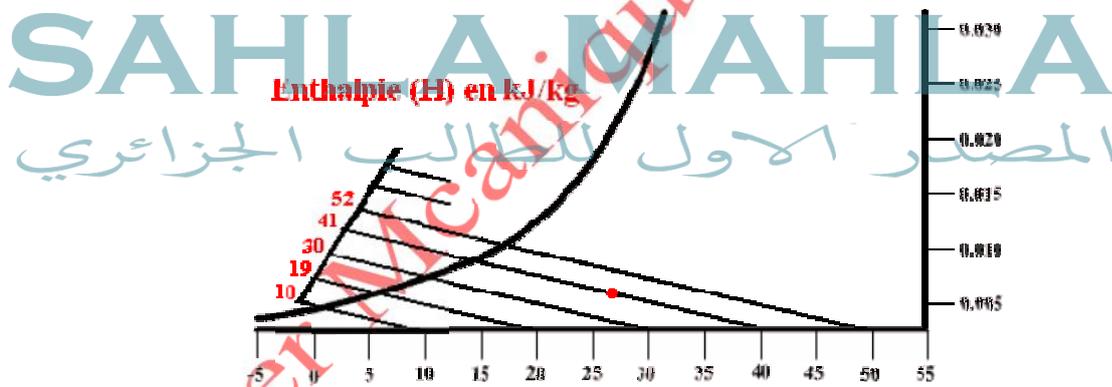
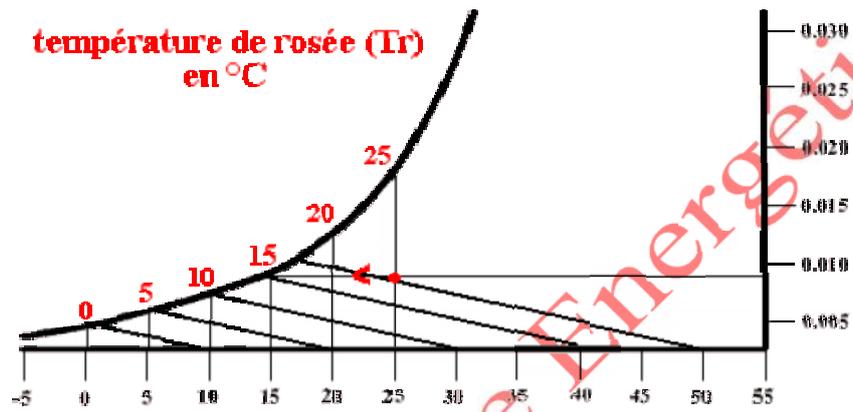
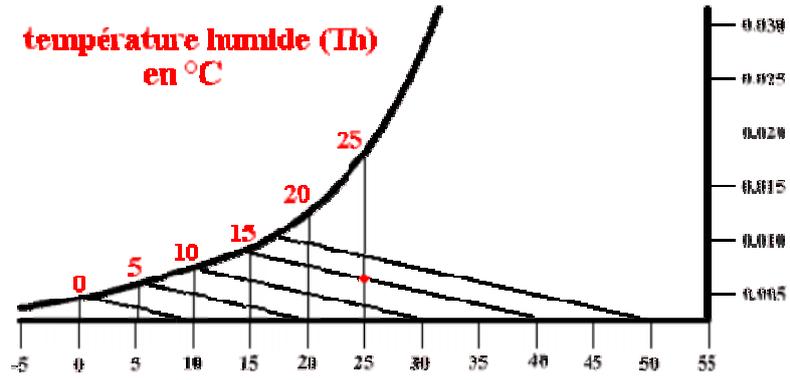
3. Diagramme psychrométrique

Le diagramme psychrométrique encore appelé diagramme de l'air humide est un diagramme T, w. il se présente comme suit :

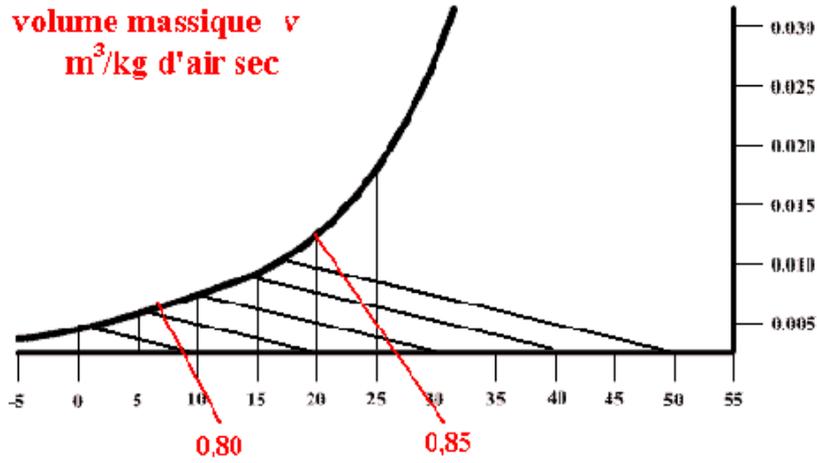


La lecture de cette température se fera sur l'échelle horizontale du bas du diagramme et s'exprime en degrés Celcius (°C). Toute droite verticale est une isotherme.

La psychrométrie

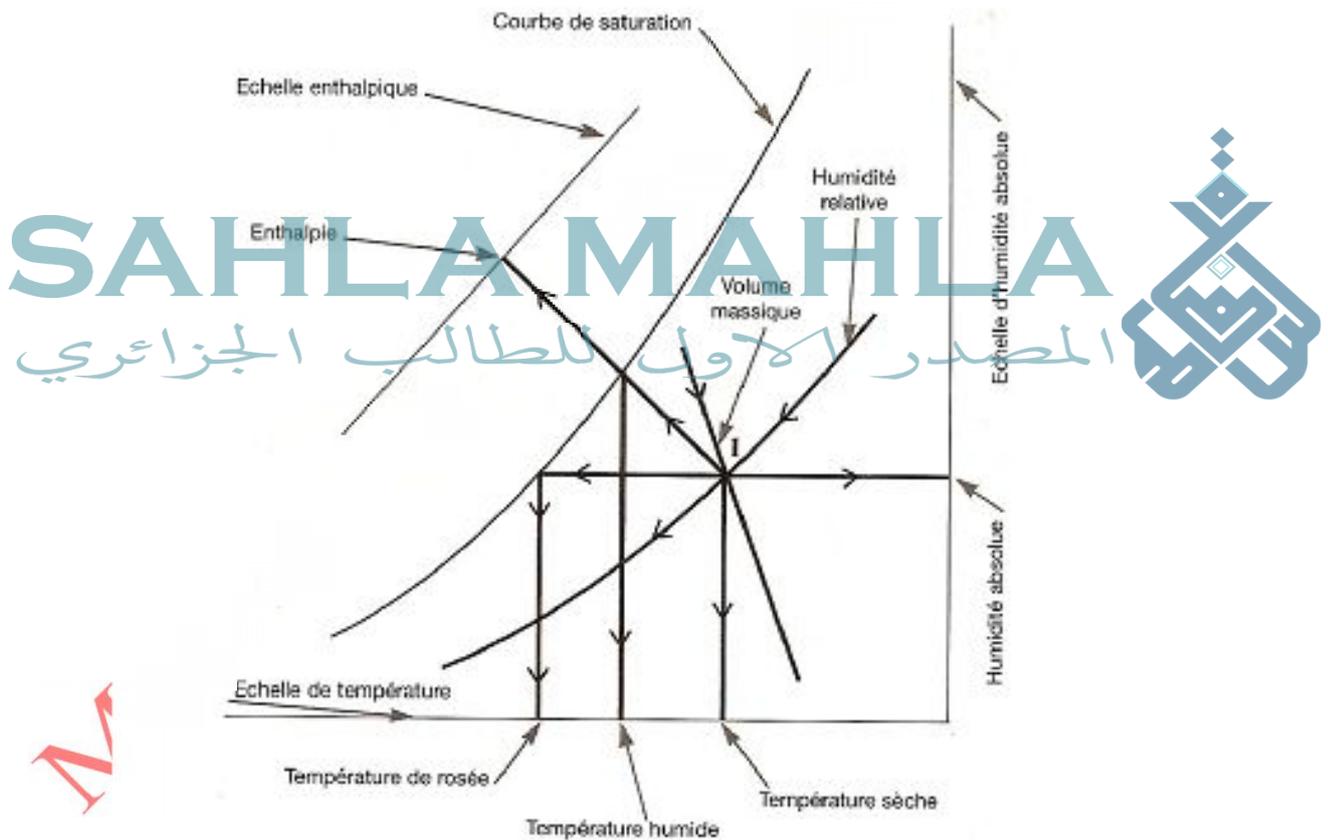


La psychrométrie



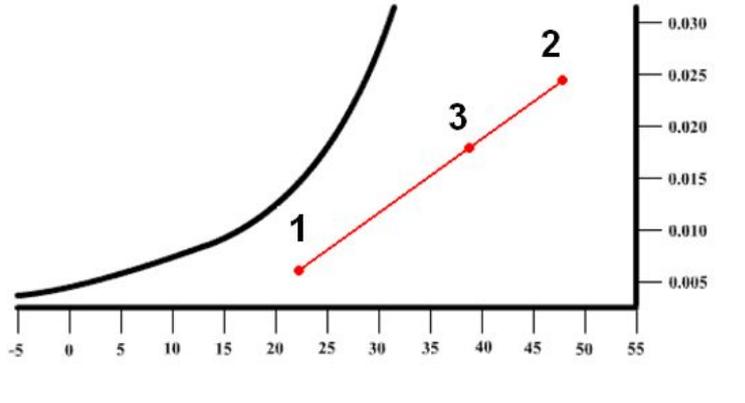
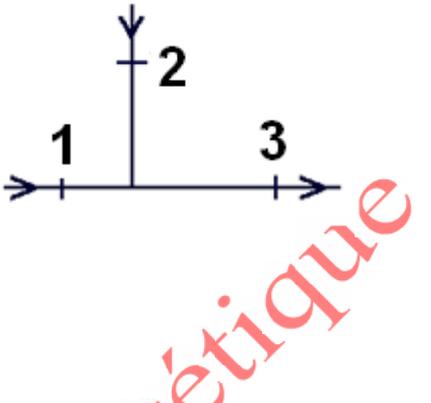
En résumé

rgétique

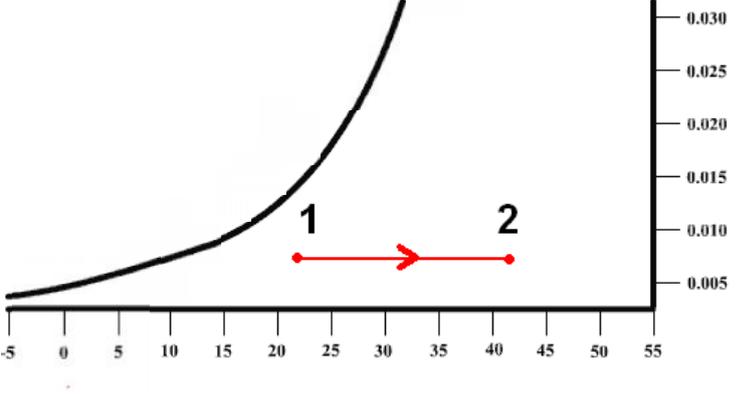
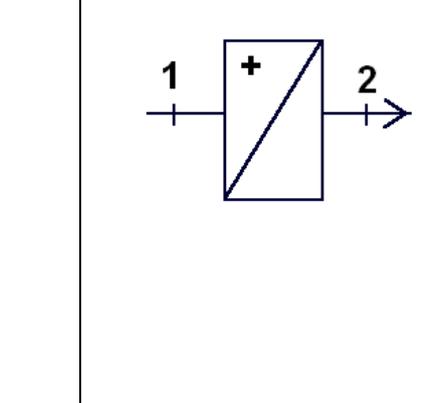


4. Opérations unitaires de traitement de l'air

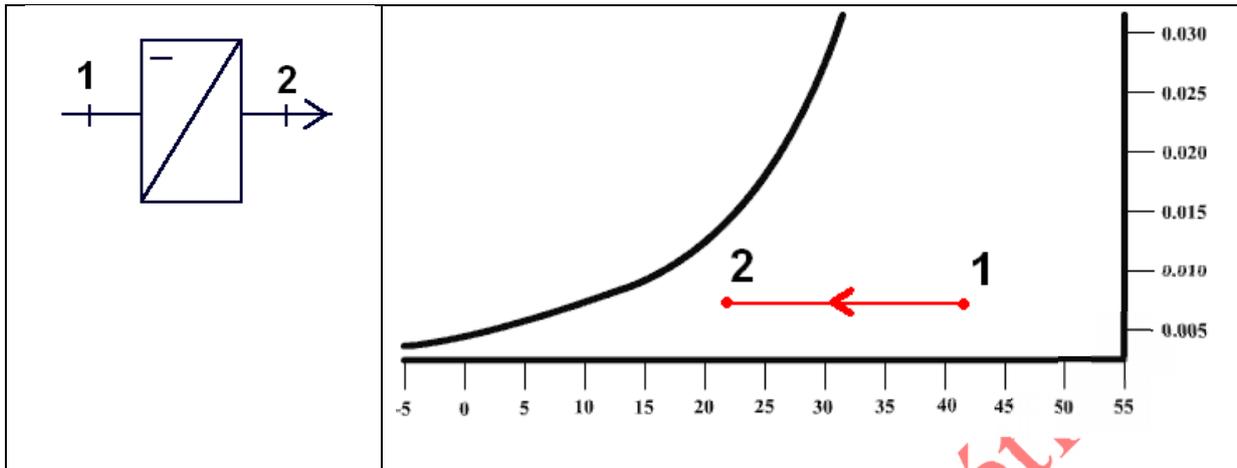
4.1 Mélange adiabatique de deux flux d'air

	
<p>Bilan de masse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Air sec : $\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3}$ • Vapeur d'eau : $\dot{m}_{v1} + \dot{m}_{v2} = \dot{m}_{v3} \rightarrow$ $\dot{m}_{a1}w_1 + \dot{m}_{a2}w_2 = \dot{m}_{a3}w_3$ <p>Bilan d'énergie : $\dot{m}_{a1}h_1 + \dot{m}_{a2}h_2 = \dot{m}_{a3}h_3$</p>	<p>On en déduit alors après substitution et transformation les règles de mélange suivantes:</p> $\frac{\dot{m}_{a1}}{\dot{m}_{a2}} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{\overline{23}}{\overline{31}}$ $\frac{\dot{m}_{a1}}{\dot{m}_{a3}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} = \frac{\overline{23}}{\overline{21}}$

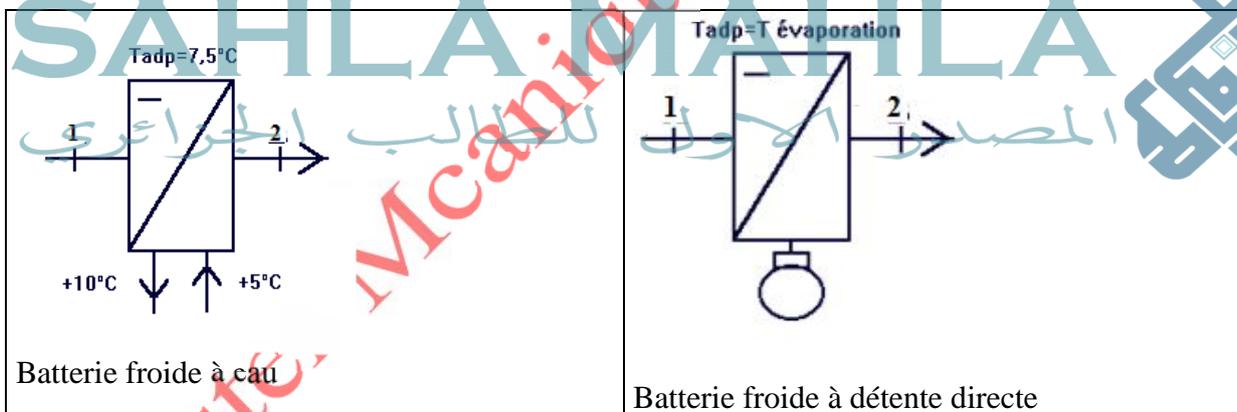
4.2 Chauffage sensible

	
<p>Bilan de masse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Air sec : $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$ • Vapeur d'eau : $\dot{m}_{v1} = \dot{m}_{v2} = \dot{m}_v \rightarrow w_1 = w_2$ <p>Bilan d'énergie : $\dot{m}_{a1}h_1 + Q_{BC} = \dot{m}_{a2}h_2 \rightarrow Q_{BC} = \dot{m}_a(h_2 - h_1)$</p>	<p>Au cours d'un chauffage sensible la température sèche croît en maintenant l'humidité absolue constante.</p>

4.3 Refroidissement sensible ($T_{adp} > T_{r1}$)



On appelle T_{adp} la température équivalente de surface de batterie froide. Cette température est égale à la température moyenne de l'eau qui circule sur la batterie froide dans le cas d'une batterie froide à eau et à la température d'évaporation dans le cas d'une batterie froide à détente directe.



Bilan de masse :

- Air sec : $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$
- Vapeur d'eau : $\dot{m}_{v1} = \dot{m}_{v2} = \dot{m}_v \rightarrow w_1 = w_2$

Bilan d'énergie : $\dot{m}_{a1} h_1 = \dot{m}_{a2} h_2 + Q_{BF} \rightarrow Q_{BF} = \dot{m}_a (h_1 - h_2)$

Au cours d'un refroidissement sensible la température sèche décroît en maintenant l'humidité absolue constante.

4.4 Refroidissement avec déshumidification ($T_{adp} \leq T_{r1}$)

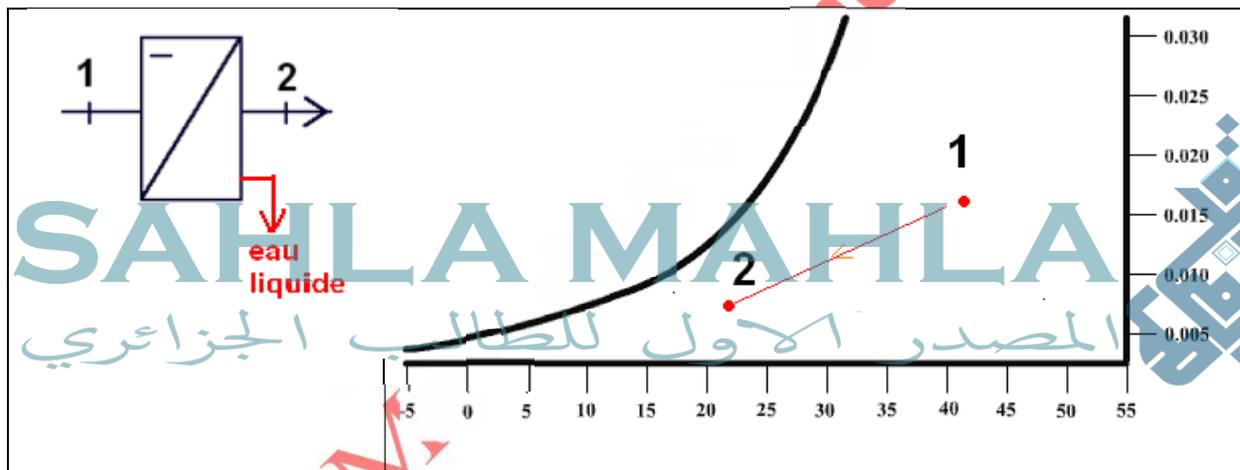
Bilan de masse :

- Air sec : $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$
- Vapeur d'eau : $\dot{m}_{v1} = \dot{m}_{v2} + \dot{m}_w \rightarrow \dot{m}_w = \dot{m}_{v1} - \dot{m}_{v2} = \dot{m}_a(w_1 - w_2)$

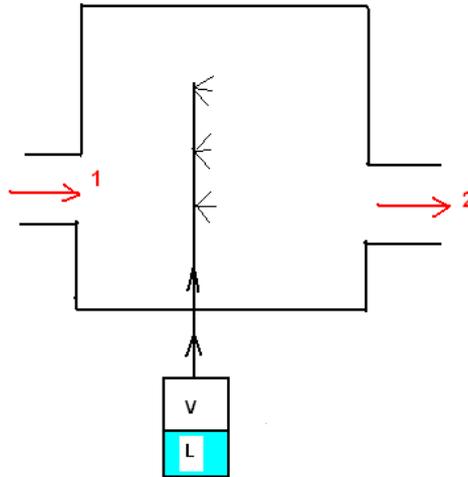
Bilan d'énergie : $\dot{m}_{a1}h_1 = \dot{m}_{a2}h_2 + Q_{BF} + \dot{m}_w h_w \rightarrow Q_{BF} = \dot{m}_a(h_1 - h_2) - \dot{m}_w h_w$

$$Q_{BF} \cong \dot{m}_a(h_1 - h_2)$$

Au cours d'un refroidissement avec déshumidification la température sèche décroît ainsi que l'humidité absolue.



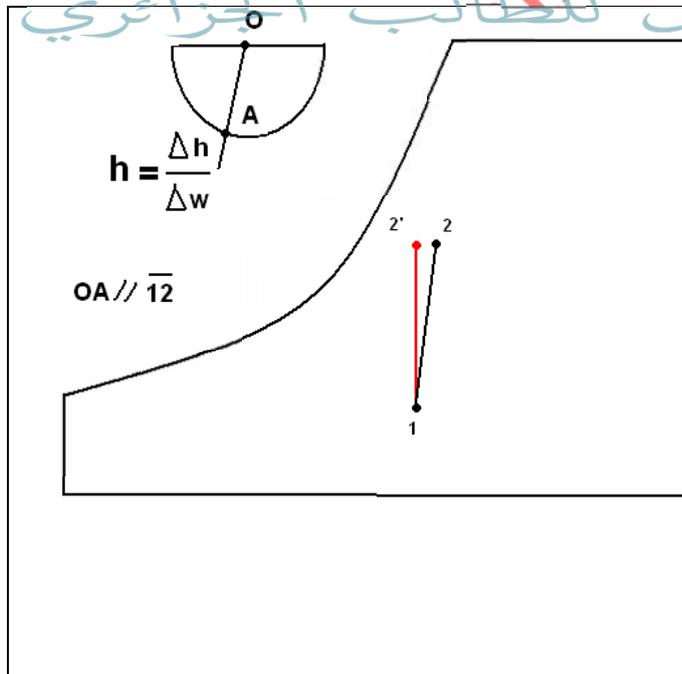
4.5 Humidification d'air par injection de vapeur d'eau



Bilan de masse :

- Air sec : $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$
- Vapeur d'eau : $\dot{m}_{v1} + \dot{m}_v = \dot{m}_{v2} \rightarrow \dot{m}_v = \dot{m}_a(w_2 - w_1)$

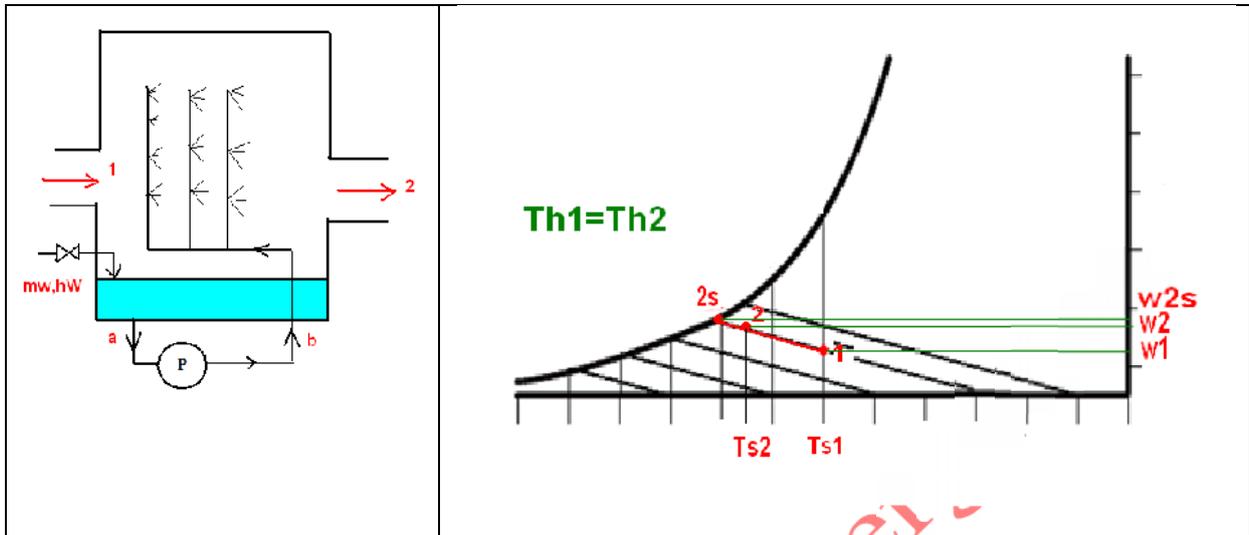
Bilan d'énergie : $\dot{m}_{a1}h_1 + \dot{m}_v h_v = \dot{m}_{a2}h_2 \rightarrow \frac{(h_2 - h_1)}{(w_2 - w_1)} = h_v$



L'humidification par injection de vapeur se représente sur le diagramme psychrométrique par une droite généralement isotherme. Le réchauffement de l'air dû à la vapeur est souvent négligé mais réellement, la température de sortie au point 2 est un peu plus élevée (voir ci-dessous).

4.6 Humidification d'air par injection d'eau liquide

On considère le cas de l'eau recyclée (ni chauffée ni refroidie)



Bilan de masse :

- Air sec : $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$

- Vapeur d'eau : $\dot{m}_{v1} + \dot{m}_w = \dot{m}_{v2} \rightarrow \dot{m}_w = \dot{m}_a(w_2 - w_1)$

Bilan d'énergie : $\dot{m}_{a1}h_1 + \dot{m}_w h_w = \dot{m}_{a2}h_2 \rightarrow h_2 = h_1 + h_w(w_2 - w_1) \rightarrow h_2 \cong h_1$

L'humidification par laveur adiabatique est représentée sur le diagramme par une droite isenthalpe. L'eau pulvérisée dans l'humidificateur aura une température constante et égale à T_h de l'air à l'entrée du laveur.

L'état 2s représente un état théorique où l'air sort saturé (HR :100%) dans ce

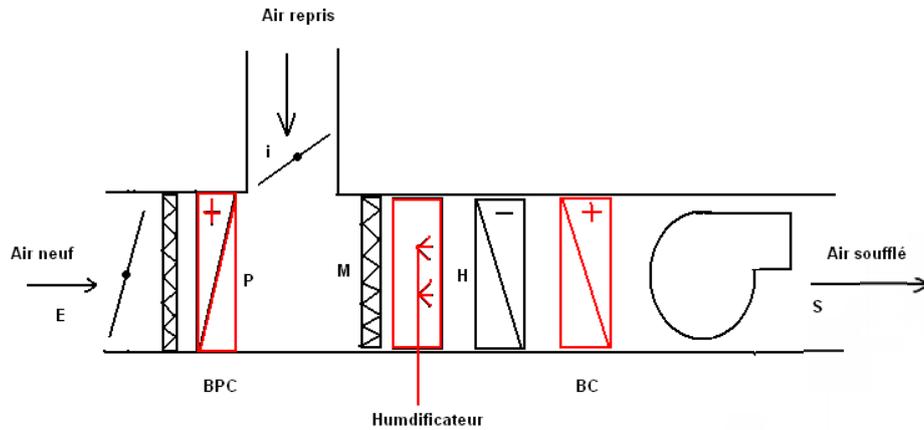
cas : $(T_{2s} = T_w = T_{h1} = T_{h2})$

En réalité l'air ne sort jamais saturé à HR :100%, on définit alors le rendement (appelé aussi efficacité) de l'humidificateur est défini comme suit :

$$\eta_{hum} = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_{2s} - w_1)}$$

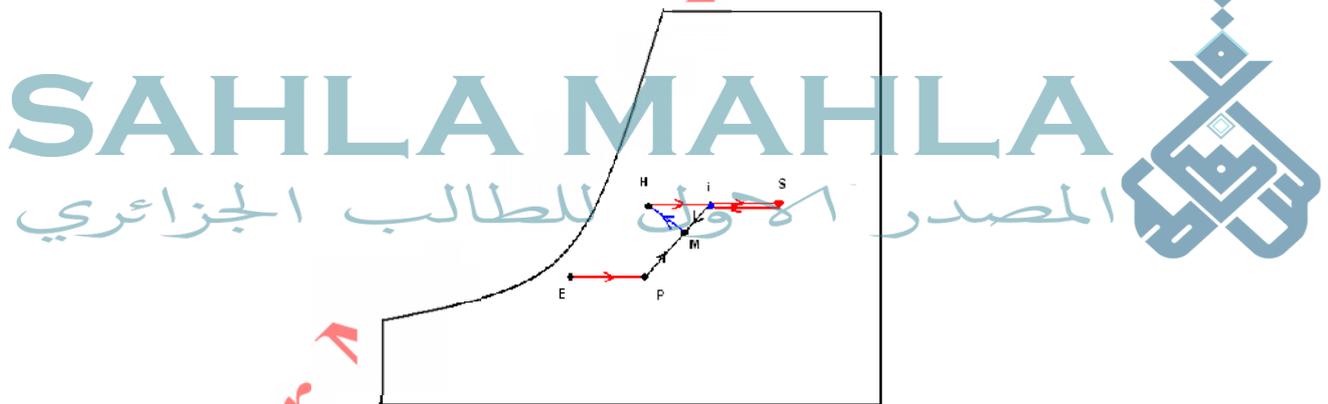
Exemples d'évolutions de l'air dans une centrale de traitement de l'air

Cas de la saison d'hiver

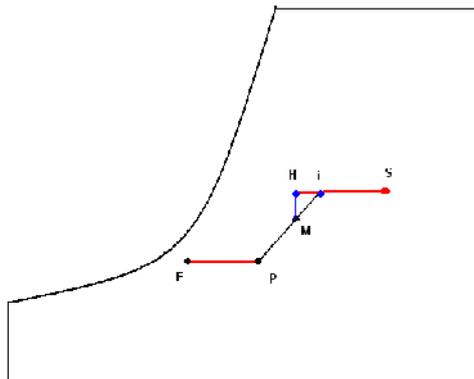


La Batterie froide est à l'arrêt ne fonctionne pas

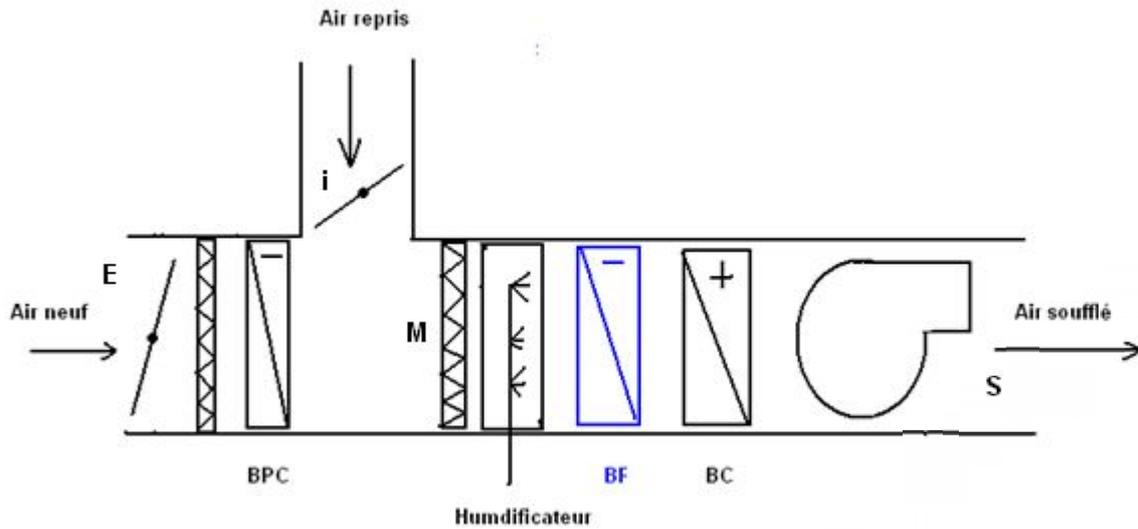
1ère Variante : humidification avec de l'eau liquide pulvérisée



2ème Variante humidification avec de la vapeur



Cas de la saison d'été



L'air repris (recyclé) est mélangé avec de l'air neuf. Le mélange passe à travers une batterie froide où il est refroidit et déshumidifié (en cas de fort taux d'humidité) (1^{ère} variante). Si le contrôle de l'hygrométrie est exigé en même temps que le contrôle de la température alors l'air sortant de la batterie froide, étant très froid, doit passer à travers une batterie de chauffage avant d'être soufflé dans les locaux (2^{ème} variante).

1^{ème} variante : contrôle de la température uniquement

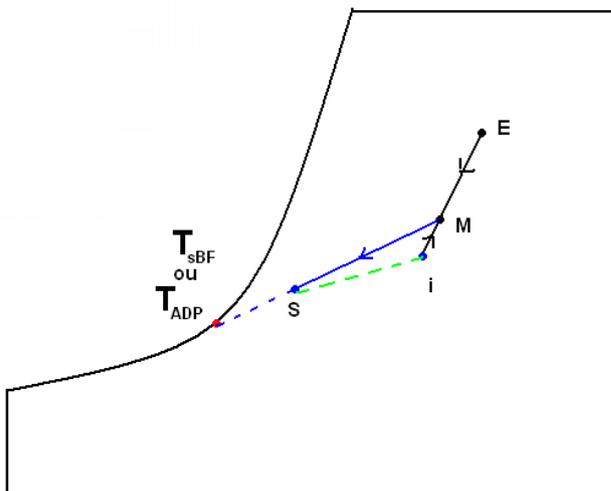
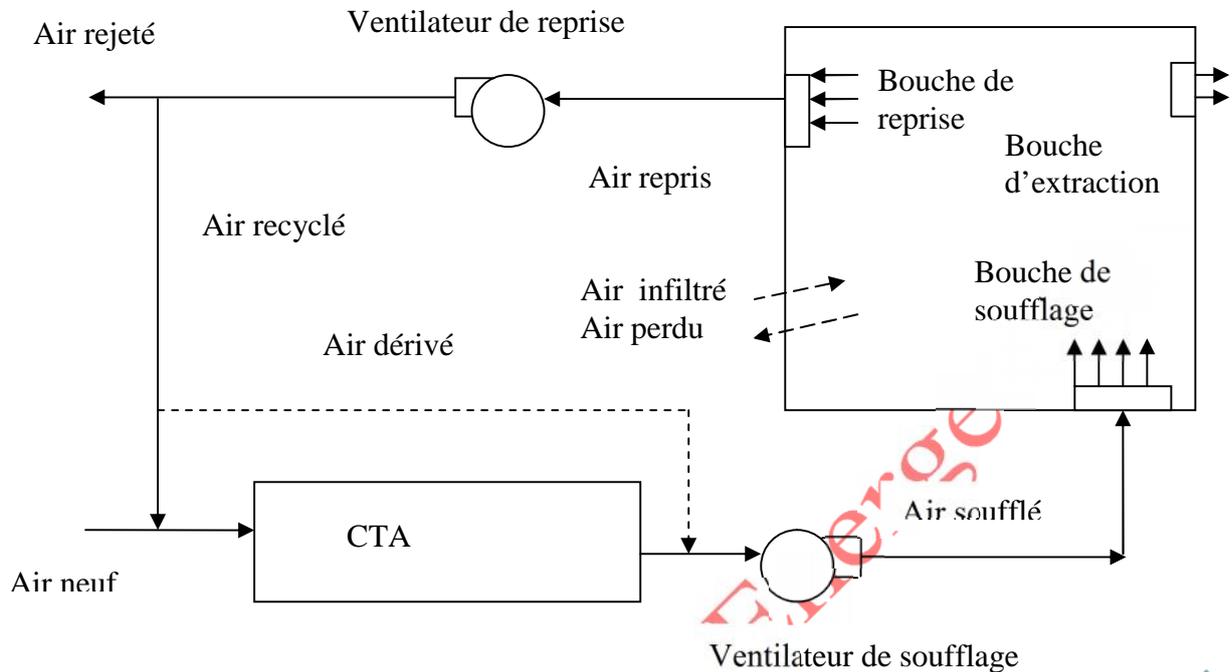


Schéma général d'une installation de climatisation



Terminologie

Air extérieur ou Air neuf : Air aspiré de l'extérieur. (A.N)

Air pulsé ou Air soufflé: Air soufflé du système vers la pièce. (A.S)

Air ambiant : Air dans la pièce ventilée ou climatisée. (A.L)

Air repris : Air retiré de la pièce. (A.Rp)

Air recyclé: Air repris recyclé dans l'installation de traitement de l'air. (A.Rcy)

Air rejeté : Air repris qui est soufflé vers l'extérieur. (A.Rj)

$$\text{Bilan des débits : } \begin{cases} \dot{m}_{AN} + \dot{m}_{ARcy} = \dot{m}_{AS} \\ \dot{m}_{AS} + \dot{m}_{AI} = \dot{m}_{ARP} + \dot{m}_{AExt} \\ \dot{m}_{ARj} + \dot{m}_{ARcy} = \dot{m}_{ARP} \end{cases}$$

\dot{m}_{AN} : Débit d'air neuf

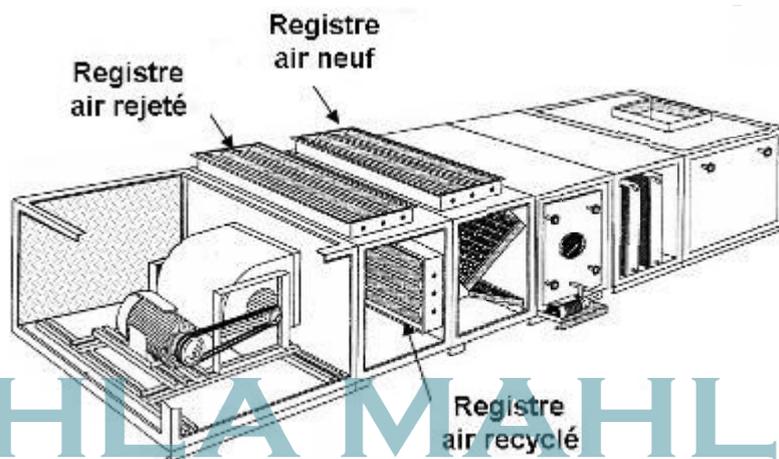
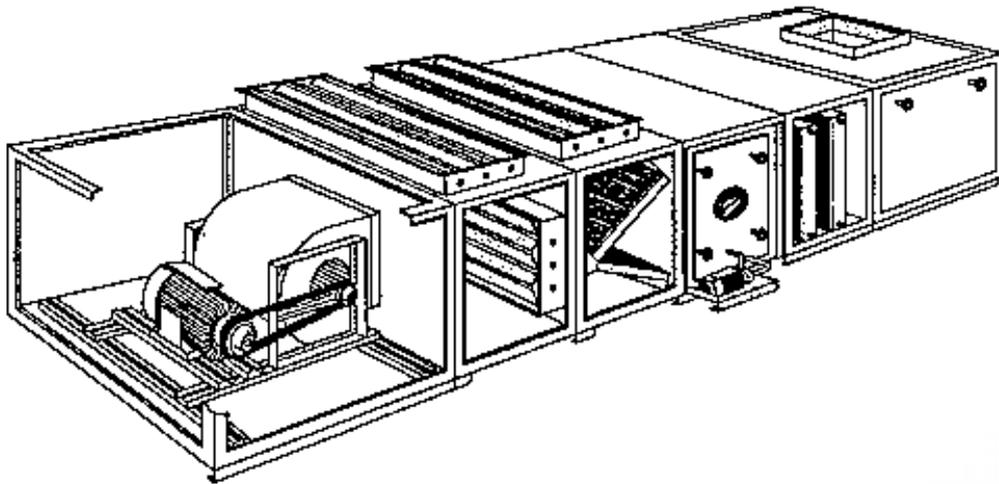
\dot{m}_{ARcy} : Débit d'air recyclé

\dot{m}_{ARP} : Débit d'air repris

\dot{m}_{ARj} : Débit d'air rejeté

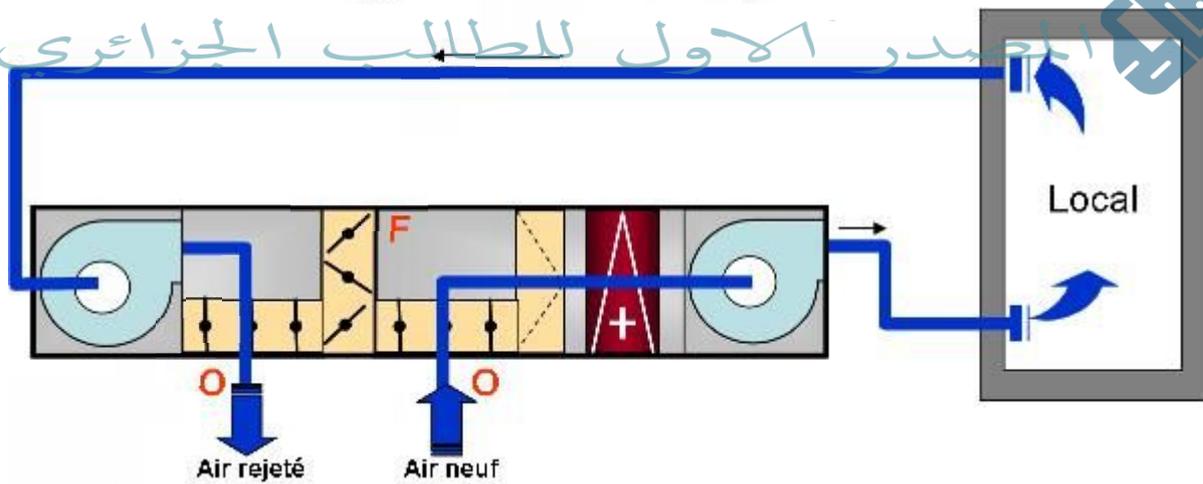
\dot{m}_{AI} : Débit d'air infiltré (> 0 : si Infiltration vers l'extérieur ou < 0 si Pertes vers l'extérieur)

Centrale de traitement de l'air



SAHLA MAHLA

المهندس الأول للطالب الجزائري



Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

2.1. Introduction

- Faire un bilan thermique d'un local (ou ensembles de locaux) revient à calculer les charges thermiques maximales afin d'en déduire la puissance de l'installation de climatisation (ou CTA : centrale de traitement de l'air)
- On appelle charge thermique : le taux de chaleur qu'une installation doit enlever (Eté) ou apporter (Hiver) à un local (ou ensembles de locaux) afin d'y maintenir un climat constant indépendamment des conditions extérieures.
- En été les charges thermiques d'un local sont appelées : Apports ou charges frigorifiques
- En hiver les charges thermiques d'un local sont appelées : Déperditions ou charges calorifiques.
- Toute cause ou perturbation capable de modifier ou perturber l'équilibre thermique ou hygrométrique d'un local entraîne la création d'une charge pour ce local. Cette perturbation peut être due à l'environnement intérieur (éclairage, occupants, machines, etc...) ou à l'environnement extérieur (rayonnement solaire, infiltration d'air, etc...)
- Le calcul des charges thermiques doit se faire par rapport à des conditions dites de base (Design conditions). Ces conditions portent essentiellement sur la température sèche et l'humidité (à l'intérieur comme à l'extérieur du local)

2.2. Conditions de base [1,2]

2.2.1. Conditions de base extérieures

Ce sont les valeurs extrêmes de température sèche, d'humidité absolue et d'intensité de Rayonnement solaire qu'il faut prendre en considération lors du calcul du bilan thermique.

Ce ne sont pas forcément les valeurs maximales (en été) et minimales (en hiver) fournies par le service météo car sinon l'installation de climatisation serait surdimensionnée.

En Algérie ces conditions sont établies par le CNERIB sur la base des valeurs enregistrées par le service Météo pendant au moins 10 ans.

Selon le DTR algérien, la température sèche de base de l'air extérieur est une température qui n'est dépassée que pendant 2.5% des heures de juin, de Juillet, d'Aout et de septembre.

L'Algérie est divisée en plusieurs zones climatiques et chaque zone climatique regroupe plusieurs wilayas ayant des conditions de base de l'air extérieur identiques (cf. tableau 2.1)

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Zone climatique	Température sèche $TS_{b,e}$ (°C)	Humidité spécifique $HS_{b,e}$ ($g_{vap.}/kg_{gas.}$)	Ecart diurne E_b (°C)	Température moyenne TS_m (°C)	Ecart annuel de température EAT (°C)
A					
alt < 500 m	34	14,5	9	25,5	31
500 ≤ alt < 1000 m	33,5	13	10	25	32,5
alt ≥ 1000 m	30,5	13	9	22,5	31,5
B					
alt < 500 m	38	12,5	15	26,5	36
500 ≤ alt < 1000 m	37	11	15	26,5	36
alt ≥ 1000 m	35	10	14	25	36
B'					
alt < 500 m	41	11	18	29	41
alt ≥ 500 m	voir zone B	voir zone B	voir zone B	29	
C					
alt < 1000 m	39,5	8,5	20	27	41,5
alt ≥ 1000 m	36	8,5	18	25	40
D1	44	6,5	15,5	33	38
D2	48	5,5	16,5	36,5	43
D3	39	5,0	12,0	29,6	35

Tableau 2.1 : Conditions extérieures de base

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

2.2.2. Conditions de base intérieures

Ce sont les conditions de température sèche et d'humidité relative qui doivent régner à l'intérieur d'un local pour assurer un certain confort aux occupants.

APPLICATION	Niveau de confort amélioré		Niveau de confort normal		
	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Température sèche (°C)	Humidité relative (%)	Accroissement toléré de la température (°C)
Séjour de longue durée Logement, hôtel, bureaux, hôpital, école, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de courte durée Magasin, banque, bureaux de poste, salon de coiffure, etc.	24	45	27	50	2
Séjour de durée limitée avec gains latents importants Amphithéâtre, salle de spectacle, lieu de culte, salle de restauration, cuisine, etc.	24	50	27	60	1

Tableau 2.2 : Conditions intérieures de base

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Notion de confort thermique [2,3]:

Le confort est une notion subjective. Lorsqu'on n'éprouve aucune gêne dans l'accomplissement de notre travail, on dit qu'on travaille dans des conditions confortables.

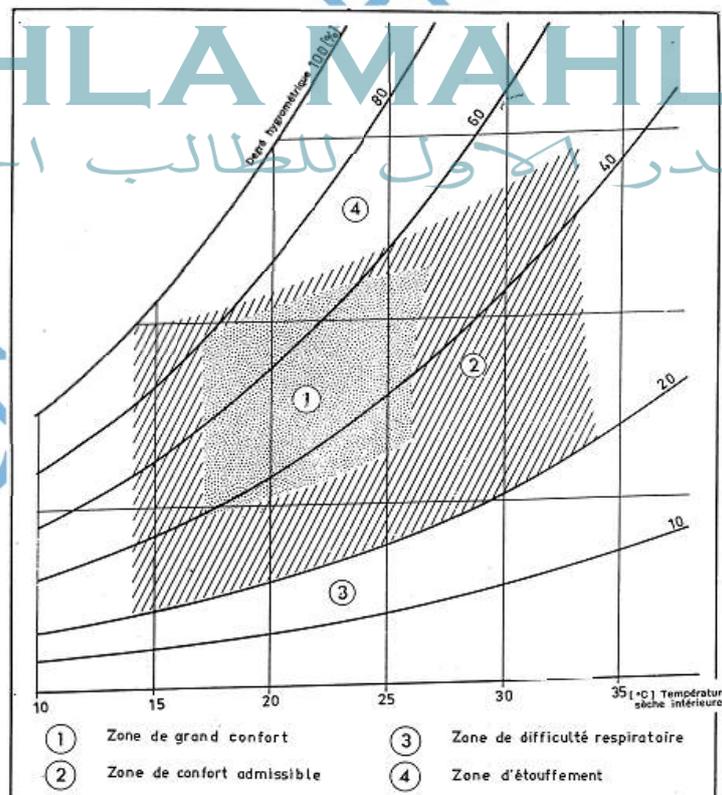
L'appréciation du confort dépend de plusieurs facteurs : activité de la personne, l'habillement, la ventilation du local, etc.

L'analyse du comportement physiologique des individus a permis de quantifier l'intervalle de température moyenne de confort suivant la nature du travail, l'âge, la saison, etc.

La notion de confort est très subjective car elle dépend de la perception de chacun. Des études ont cependant démontrées l'existence d'une zone dans laquelle les occupants d'un local éprouvent un bien-être.

Cette « zone de confort » peut-être caractérisée par:

- une température comprise entre 21°C et 26°C ;
- une hygrométrie (*taux d'humidité*) de l'air comprise entre 35 et 65% ;
- une vitesse de circulation de l'air comprise entre 0,07 et 0,25 m/s ;
- une pureté de l'air par un renouvellement de celui de l'habitacle avec de l'air extérieur filtré (25 m³/h).



— Limites de température et d'humidité en climatisation de confort (vitesses de l'air ambiant comprises entre 0,1 et 0,25 [m/s])

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

2.3. Calcul des charges frigorifiques (Bilan été) (méthode Ashrae du CLTD/CLF) [2,3]

2.3.1. Apports par les parois opaques (cas d'un mur externe)

$$Q_m = U_m A_m CLTD_{cor}^m$$

$$CLTD_{cor}^m = (CLTD_{40^\circ N, juillet} + LM)K + (25.5 - T_{in}) + (T_{ext moy} - 29.5)$$

CLTD 40°N, Juillet : T fictive ou virtuelle valable pour 40°N, juillet ; 25.5°C ; 29.5°C.

(Cooling Load Temperature Difference en (°C)) (table 2.3)

LM : coefficient de correction pour le mois et la latitude (table 2.5)

K : coefficient de correction.

T_{in} : température interne (°C).

T_{ext moy} : température externe moyenne du mois (°C).

2.3.2. Apports par les parois opaques (Cas d'un toit ou d'une terrasse)

$$Q_t = U_t A_t CLTD_{cor}^t$$

$$CLTD_{cor}^t = [(CLTD_{40^\circ N, juillet} + LM)K + (25.5 - T_{in}) + (T_{ext moy} - 29.5)]f$$

CLTD 40°N, Juillet : T fictive ou virtuelle valable pour 40°N, juillet ; 25.5°C ; 29.5°C.

(Cooling Load Temperature Difference en (°C)) (table 2.4)

LM : coefficient de correction pour le mois et la latitude

K : coefficient de correction.

T_{in} : température interne (°C).

T_{ext moy} : température externe moyenne du mois (°C).

f : coefficient de correction

2.3.3. Apports par les parois transparentes (vitrage)

a/ par conduction :

$$Q_v = U_v \times A_v \times CLTD_{v cor} \quad (W).$$

U_v : Coefficient global de transmission du verre (W/m². °C).

A_v : surface du vitrage (m²).

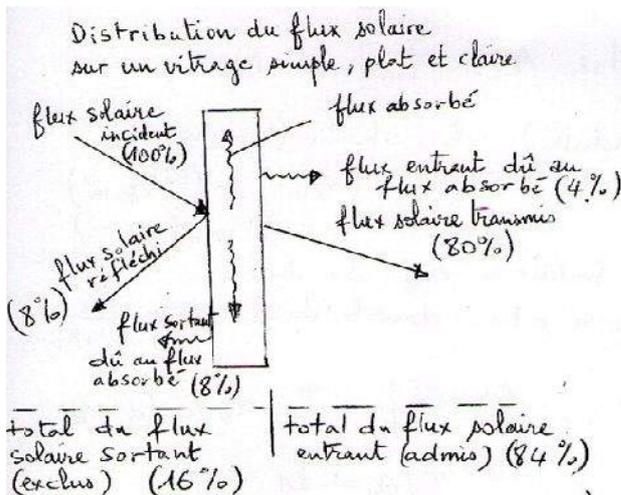
CLTD_v : ΔT fictif pou vitrage. (table 2.6)

$$CLTD_{v cor} = CLTD_v + (25.5 - T_{in}) + (T_{ext moy} - 29.5)$$

T_{in} : température interne (°C).

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

$T_{ex\ moy}$: température externe moyenne du mois (°C).



Apport de chaleur total
=
Apport de chaleur dû au rayonnement solaire
+
Apport de chaleur dû à la conduction

b/ par rayonnement solaire :

$$Q_v = S_c \times [CLF_{ens} \times A_{ens} \times SHGF_{ens} + CLF_{omb} \times A_{omb} \times SHGF_{omb}] \quad (W).$$

$SHGF_{ens}$: apport solaire effectif mensuel max. $SHGF_{omb}$: apport solaire effectif mensuel max.

A_{ens} : surface du vitrage ensoleillée (m²).

A_{omb} : surface du vitrage ombragée (m²).

S_c : facteur d'ombre.

CLF : coefficient de correction ou d'amortissement.

2.3.4. Apports dus aux occupants :

$$Q_s^{occ} = CLF \times SHG \times N_p \quad (W)$$

$$Q_l^{occ} = LHG \times N_p \quad (W).$$

SHG : chaleur sensible dégagée par les personnes. (W/p). CLF : coefficient de correction.

LHG : chaleur latente dégagée par les personnes. (W/p). N_p : nombre d'occupants.

2.3.5. Apports dus à l'éclairage :

$$Q_{ecl} = CLF \times W_e \times F_u \quad (W).$$

W_e : puissance électrique totale installée pour l'éclairage (W). F_u : facteur d'utilisation.

CLF : coefficient d'amortissement.

2.3.6. Apports dus aux appareils électriques (équipements de laboratoire):

$$Q_m = P_m \times CLF \quad (W).$$

CLF : coefficient d'amortissement.

P_m : puissance électrique nominale (W).

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

2.3.7. Apports dus aux machines électriques (moteurs électriques puissants) (Power Equipment)

η : rendement du moteur
 $\eta = \frac{P_e}{P_a}$ \rightarrow P_e \rightarrow puissance effective fournie à la machine entraînée
 $\eta = \frac{P_e}{P_a}$ \rightarrow P_a \rightarrow " absorbée par le moteur

$(P_a - P_e)$: Pertes à l'intérieur du moteur électrique (Effet Joule, Courant de Foucault ...)

1^{er} cas: Moteur + Machine dans le local conditionné

$$Q_M = P_a \cdot F_c \cdot CLF = \frac{P_e}{\eta} \cdot F_c \cdot CLF$$

* F_c = facteur de charge = $\begin{cases} > 1 & \text{surcharge} \\ = 1 & \text{pleine charge} \\ < 1 & \text{charge réduite} \end{cases}$
 (prendre $F_c = 1$ si inconnu)

* CLF: tableau - -

2^e cas: Moteur seul dans le local conditionné.

$$Q_M = (P_a - P_e) F_c CLF = P_a(1 - \eta) F_c CLF = P_e \frac{(1 - \eta)}{\eta} F_c CLF$$

3^e cas: Machine seule dans le local conditionné.

$$Q_M = P_e \cdot F_c \cdot CLF = P_a \cdot \eta \cdot F_c \cdot CLF$$

Rq: Si un équipement ou un moteur a un fonctionnement intermittent alors il faut prévoir un facteur d'utilisation ($F_u < 100\%$).

2.3.8. Apports dus à l'introduction d'air extérieur (Infiltration, Ventilation)

$$Q_s^{inf} = 0,320 \times q_v^{inf} \times (T_{sb,e} - T_{sb,i}) \text{ (W)} \quad Q_l^{inf} = 0,797 \times q_v^{inf} \times \text{Max.} [(W_{b,e} - W_{b,i}), 0] \text{ (W)}$$

$$Q_s^{an} = 0,320 \times q_v^{an} \times (T_{sb,e} - T_{sb,i}) \text{ (W)} \quad Q_l^{an} = 0,797 \times q_v^{an} \times \text{Max.} [(W_{b,e} - W_{b,i}), 0] \text{ (W)}$$

$T_{sb,e}$: température sèche de base de l'air externe (°C). $W_{b,e}$: l'humidité de base de l'air externe (gvap/kgas).

$T_{sb,i}$: température sèche de base de l'air interne (°C). $W_{b,i}$: l'humidité de base de l'air interne (gvap/kgas).

$q_v^{inf} = \dot{N} \cdot V$: Débit d'air infiltré (Réglementation en vigueur)

q_v^{an} : Débit air neuf en m³/h (Réglementation en vigueur)

$$\dot{N} = a + b |T_{se} - T_{si}|$$

V: Volume du local (m³).

\dot{N} : Nombre de renouvellement d'air par heure (1/h).

a, b: Coefficients empiriques dépendant de la saison, du type d'étanchéité.

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

saison	Type d'étanchéité	a	b
Hiver	bonne	0.280	0.00630
	moyenne	0.408	0.00873
	faible	0.483	0.01224
Eté	bonne	0.210	0.00720
	moyenne	0.310	0.00840
	faible	0.310	0.01400

8/ Autres charges (consulter références [1,2,3] ...)

Références bibliographiques à consulter:

[1] Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments, fascicule 2 (climatisation) DTR.C3.4, (2ème édition, CNERIB, 2005)

[2] ASHRAE Handbook—Fundamentals (1997). Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

[3] Porcher. Cours de climatisation, (CFP, 7ème édition)

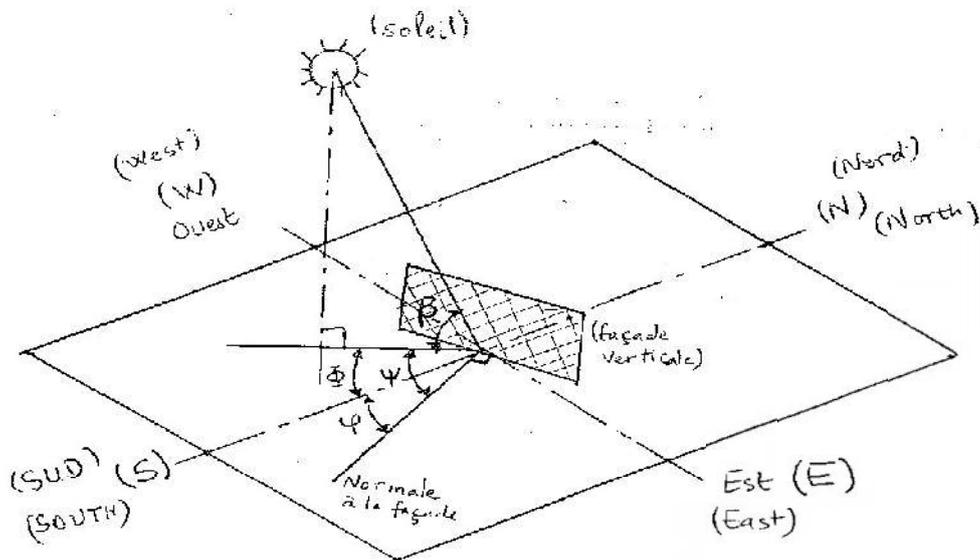
SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطلاب الجزائري



Position du soleil

11



β : hauteur du soleil (noté parfois : h)

Φ : Azimut du soleil (par rapport au sud)

φ : Azimut du mur (entre la normale à la façade et le sud)

ψ : Azimut du soleil (par rapport à la normale à la façade)

β et Φ sont tabulés (tableau 9-)

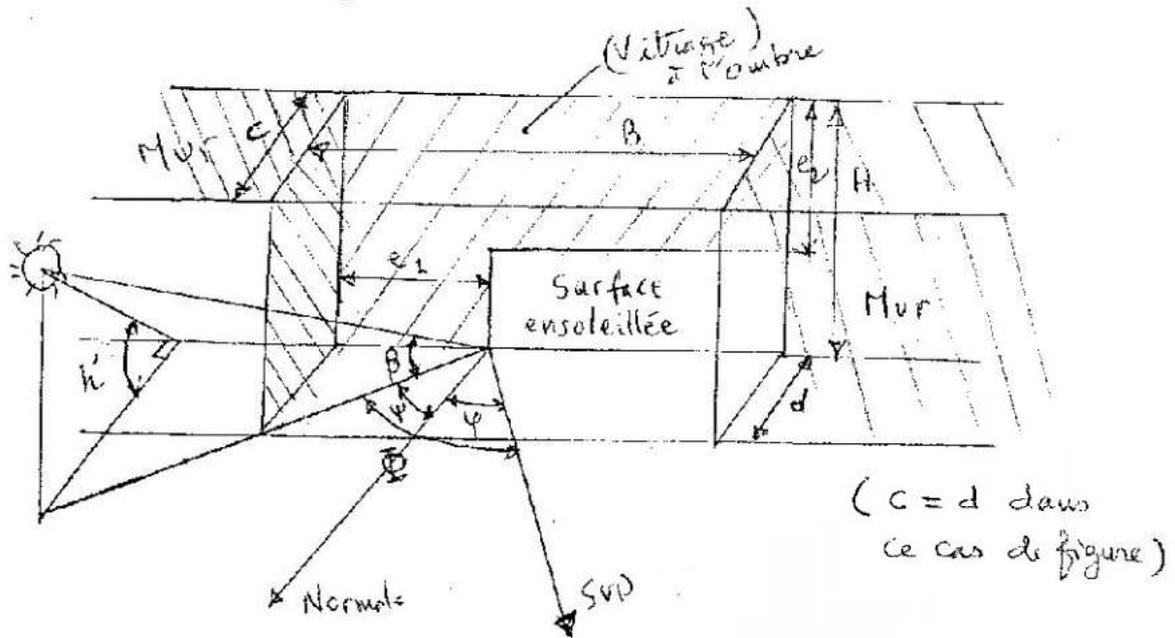
Ils sont fonction du TSV, du jour et du mois ainsi que de la latitude

SAHLA MAHLA

السلامة والطلاب الجزائري



Méca



Cas d'un Vitrage avec double saillie

Surface du vitrage : $S_T = B \cdot H$

Surface ensoleillée : $S_1 = (B - e_1) (H - e_2)$

المصدر « وقت الطالب الجزائري » $S_2 = S_T - S_1$ à l'ombre :

$$e_1 = d \operatorname{tg} \psi$$

$$e_2 = c \operatorname{tg} \beta / \cos \psi$$

MC



Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table 2.3

CLTDs for sunlit walls for north latitudes. (From ASHRAE, 1989)

The units are degrees Fahrenheit; to convert to kelvins, multiply by 5 / 9

Wall facing	Solar time, h																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Group A walls																								
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	16	17	18	18	19	19	20	20	20	20
E	24	24	23	23	22	21	20	17	17	18	19	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21
Group B walls																								
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	15	15	15	15
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23

Group C walls																								
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	22	21	20	20
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26

Group D walls																								
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18
E	19	17	15	16	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27

Group E walls																								
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24

Group F walls																								
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18

Group G walls																								
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table A2.3a
Wall construction details for CLTDs of Table A2.3 (From ASHRAE, 1989)
 For definition of layer codes and thermal properties, see Table A2.3b

Group No.	Description of construction	Weight lb / ft ²	U value Btu / (h ft ² F)	Code number of layers
4-in face brick + brick				
C	Airspace + 4-in face brick	83	0.358	A0, A2, B1, A2, E0
D	4-in common brick	90	0.415	A0, A2, C4, E1, E0
C	1-in insulation or airspace + 4-in common brick	90	0,174 à 0,301	A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
B	2-in insulation + 4-in common brick	88	0.111	A0, A2, B3, C4, E1, E0
B	8-in common brick	130	0.302	A0, A2, C9, E1, E0
A	Insulation or airspace + 8-in common brick	130	0,154 à 0,243	A0, A2, C9, B1/B2, E1, E0
4-in face brick + (lightweight or heavyweight concrete block)				
E	4-in block	62	0.319	A0, A2, C2, E1, E0
D	Airspace or insulation + 4-in block	62	0,153 à 0,246	A0, A2, C2, B1/B2, E1, E0
D	8-in block	70	0.274	A0, A2, C7, A6, E0
C	Airspace or 1-in insulation + 6-in or 8-in block	73 à 89	0,221 à 0,275	A0, A2, BA, C7/C8, E1, E0
B	2-in Insulation + 8-in block	89	0,096 à 0,107	A0, A2, B3, C7/C8, E1, E0
Heavyweight concrete wall + (finish)				
E	4-in concrete	63	0.585	A0, A1, C5, E1, E0
D	4-in concrete + 1-in or 2-in insulation	63	0,119 à 0,2	A0, A1, C5, B2/B3, E1, E0
C	2-in insulation + 4-in concrete	63	0.119	A0, A1, B6, C5, E1, E0
C	8-in concrete	109	0.49	A0, A1, C10, E1, E0
B	8-in concrete + 1-in or 2-in insulation	110	0,115 à 0,187	A0, A1, C10, B5/B6, E1, E0
A	2-in insulation + 8-in concrete	110	0.115	A0, A1, B3, C10, E1, E0
B	12-in concrete	156	0.421	A0, A1, C11, E1, E0
A	12-in concrete + insulation	156	0.113	A0, C11, B6, A6, E0
Metal curtain wall				
G	With / without airspace + 1-in/2-in/3-in insulation	5 à 6	0,091 à 0,23	A0, A3, B5/B6/B12, A3, E0
Fram wall				
G	1-in to 3-in Insulation	16	0,081 à 0,178	A0, A1, B1, B2/B3/B4, E1, E0

SAHLAMAHLA

المصدر الاول للطلاب الجزائري



Mécanique

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table A2.3b
Thermal properties assumed for roof and wall construction details in Tables 2.3, 2.4 , IP units. (From ASHRAE, 1989)

Code No.	Description	Thickness and thermal properties					
		L	k	ρ	cp	R	Mass
A0	Outside surface resistance	0	0	0	0	0.33	0
A1	1-in stucco	0.0833	0.4	116	2	0.21	9.7
A2	4-in Face brick	0.333	0.77	125	0.22	0.43	41.7
A3	Steel siding	0.005	26	480	0.1	0	2.4
A4	1 / 2 - in slag	0.0417	0.11	70	0.4	0.38	2.2
A5	Outside surface resistance	0	0	0	0	0.33	0
A6	Finish	0.0417	0.24	78	0.26	0.17	3.3
A7	4-in Face brick	0.333	0.77	125	0.22	0.43	41.7
B1	Airspace resistance	0	0	0	0	0.91	0
B2	1-in insulation	0.083	0.025	2	0.2	3.33	0.2
B3	2-in insulation	0.167	0.025	2	0.2	6.67	0.3
B4	3-in insulation	0.25	0.025	2	0.2	10	0.5
B5	1-in insulation	0.0833	0.025	5.7	0.2	3.33	0.5
B6	2-in insulation	0.167	0.025	5.7	0.2	6.67	1
B7	1-in wood	0.0833	0.07	37	0.6	10	3.1
B8	2,5-in wood	0.2083	0.07	37	0.6	2.98	7.7
B9	4-in wood	0.333	0.07	37	0.6	4.76	12.3
B10	2-in wood	0.167	0.07	37	0.6	2.39	6.2
B11	3-in wood	0.25	0.07	37	0.6	3.57	9.3
B12	3-in insulation	0.25	0.025	5.7	0.2	10	1.4
B13	4-in insulation	0.333	0.025	5.7	0.2	13.33	1.9
B14	5-in insulation	0.417	0.025	5.7	0.2	16.67	2.4
B15	6-in insulation	0.5	0.025	5.7	0.2	20	2.9
B16	0,15-in insulation	0.0126	0.025	5.7	0.2	0.5	0.1
B17	0,3-in insulation	0.0252	0.025	5.7	0.2	1	0.1
B18	0,45-in insulation	0.0379	0.025	5.7	0.2	1.5	0.2
B19	0,61-in insulation	0.0505	0.025	5.7	0.2	2	0.3
B20	0,76-in insulation	0.0631	0.025	5.7	0.2	2.5	0.4
B21	1,36-in insulation	0.1136	0.025	5.7	0.2	4.5	0.6
B22	1,67-in insulation	0.1388	0.025	5.7	0.2	5.5	0.8
B23	2,42-in insulation	0.2019	0.025	5.7	0.2	8	1.2
B24	2,73-in insulation	0.2272	0.025	5.7	0.2	9	1.3
B25	3,33-in insulation	0.2777	0.025	5.7	0.2	11	1.6
B26	3,64-in insulation	0.3029	0.025	5.7	0.2	12	1.7
B27	4,54-in insulation	0.3786	0.025	5.7	0.2	15	2.2
C1	4-in clay tile	0.333	0.33	70	0.2	1.01	23.3
C2	4-in lightweight concrete block	0.333	0.22	38	0.2	1.51	12.7
C3	4-in heavyweight concrete block	0.333	0.47	61	0.2	0.71	20.3
C4	4-in common brick	0.333	0.42	120	0.2	0.79	40
C5	4-in heavyweight concrete	0.333	1	140	0.2	0.33	46.7
C6	8-in clay tile	0.667	0.33	70	0.2	2	46.7
C7	8-in lightweight concrete block	0.667	0.33	38	0.2	2	25.3
C8	8-in heavyweight concrete block	0.667	0.6	61	0.2	1.11	40.7
C9	8-in common brick	0.667	0.42	120	0.2	1.59	80
C10	8-in heavyweight concrete	0.667	1	140	0.2	0.67	93.4
C11	12-in heavyweight concrete	1	1	140	0.2	1	140
C12	2-in heavyweight concrete	0.167	1	140	0.2	0.17	23.3
C13	6-in heavyweight concrete	0.5	1	140	0.2	0.5	70
C14	4-in lightweight concrete	0.33	0.1	40	0.2	3.33	13.3
C15	6-in lightweight concrete	0.5	0.1	40	0.2	5	20
C16	8-in lightweight concrete	0.667	0.1	40	0.2	6.67	26.7
C17	8-in lightweight conc. blk. (filled)	0.667	0.08	18	0.2	8.34	12
C18	8-in heavyweight conc. blk. (filled)	0.667	0.34	53	0.2	1.96	35.4
C19	12-in lightweight conc. blk. (filled)	1	0.08	19	0.2	12.5	19
C20	12-in heavyweight conc. blk. (filled)	1	0.39	56	0.2	2.56	56
E0	Inside surface resistance	0	0	0	0.2	0.69	0
E1	3/4-in plaster of gypsum	0.0625	0.42	100	0.2	0.15	6.3
E2	1/2-in slag or stone	0.0417	0.83	55	0.4	0.05	2.3
E3	3/8-in felt and membrane	0.0313	0.11	70	0.4	0.29	2.2
E4	Ceiling airspace	0	0	0	0	1	0
E5	Acoustic tile	0.0625	0.035	30	0.2	1.79	1.9

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table A2.4
CLTDs for flat roofs. (From ASHRAE, 1989)
 The units are degrees Fahrenheit; to convert to kelvins, multiply by 5 / 9

Without suspended ceiling (Sans plafond suspendu)			Solar time, h																								
Roof	Description of construction	Weight lb / ft ² Btu / (h ft ² F)	U value (h ft ² F)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Steel sheet with 1-in (or 2-in insulation)	7 8	0.213 0.124	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2	1-in wood with 1-in insulation	8	0.17	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3	4-in lightweight concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4	2-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	29 29	0.206 0.122	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5	1-in wood with 2-in insulation	9	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6	6-in lightweight concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7	2.5-in wood with 1-in insulation	13	0.13	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8	8-in lightweight concrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9	4-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	52 52	0.2 0.12	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10	2.5-in wood with 2-in insulation	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11	Roof terrace system	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12	6-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	75 75	0.192 0.117	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13	4-in wood with 1-in (or 2-in) insulation	17 18	0.106 0.078	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40

With suspended ceiling (Avec plafond suspendu)			Solar time, h																								
Roof	Description of construction	Weight lb / ft ² Btu / (h ft ² F)	U value (h ft ² F)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Steel sheet with 1-in (or 2-in insulation)	7 8	0.213 0.124	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2	1-in wood with 1-in insulation	8	0.17	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25
3	4-in lightweight concrete	18	0.213	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4	2-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	29 29	0.206 0.122	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5	1-in wood with 2-in insulation	9	0.109	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6	6-in lightweight concrete	24	0.158	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7	2.5-in wood with 1-in insulation	13	0.13	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8	8-in lightweight concrete	31	0.126	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9	4-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	52 52	0.2 0.12	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	36	38	38	37	36	34	33
10	2.5-in wood with 2-in insulation	13	0.093	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11	Roof terrace system	75	0.106	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12	6-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	75 75	0.192 0.117	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13	4-in wood with 1-in (or 2-in) insulation	17 18	0.106 0.078	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36



Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table 2.5
CLTD correction for latitude and months, applied to walls and roofs. (From ASHRAE, 1989)
 The units are degrees fahrenheit; to convert to kelvins, multiply by 5 / 9

Lat.	Month	N	NE / NW	E / W	SE / SW	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-2	3	9	-1
	Jan / Nov	-3	-4	-1	2	7	-1
	Feb / Oct	-3	-2	-1	0	0	0
	Mar / Sep	-3	1	-1	-3	-8	0
	Apr / Aug	5	3	-2	-6	-8	-2
	May / Jul	10	5	-3	-8	-8	-4
	Jun	12	5	-3	-9	-8	-5
8	Dec	-4	-6	-3	4	12	-5
	Jan / Nov	-3	-6	-2	3	10	-4
	Feb / Oct	-3	-3	-1	1	4	-1
	Mar / Sep	-3	-1	-1	-2	-4	0
	Apr / Aug	2	2	-1	-5	-7	-1
	May / Jul	7	4	-2	-7	-7	-2
	Jun	9	4	-2	-8	-7	-2
16	Dec	-4	-8	-4	4	13	-9
	Jan / Nov	-4	-7	-4	4	12	-7
	Feb / Oct	-3	-5	-2	2	7	-4
	Mar / Sep	-3	-2	-1	0	0	-1
	Apr / Aug	-1	-1	-1	-3	-6	0
	May / Jul	4	3	-1	-5	-7	0
	Jun	6	4	-1	-6	0	-7
24	Dec	-5	-9	-7	3	13	-13
	Jan / Nov	-4	-8	-6	9	13	-11
	Feb / Oct	-4	-6	-3	3	10	-7
	Mar / Sep	-3	-3	-1	1	4	-3
	Apr / Aug	-2	0	-1	-1	-3	0
	May / Jul	1	2	0	-3	-6	1
	Jun	3	3	0	-4	-6	1
32	Dec	-5	-10	-8	2	12	-17
	Jan / Nov	-5	-9	-8	-4	9	12
	Feb / Oct	-4	-7	-4	4	11	-10
	Mar / Sep	-3	-4	-2	3	7	-5
	Apr / Aug	-2	-1	0	0	1	-1
	May / Jul	1	1	0	-1	-3	1
	Jun	1	2	0	-2	-4	2
40	Dec	-6	-10	-10	0	10	-21
	Jan / Nov	-5	-10	-9	1	11	-19
	Feb / Oct	-5	-8	-6	3	12	-14
	Mar / Sep	-4	-5	-3	4	10	-8
	Apr / Aug	-2	-2	0	2	4	-3
	May / Jul	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	-1	2
48	Dec	-6	-11	-13	-3	6	-25
	Jan / Nov	-6	-11	-11	-1	8	-24
	Feb / Oct	-5	-10	-8	1	11	-18
	Mar / Sep	-4	-6	-4	4	11	-11
	Apr / Aug	-3	-3	-1	4	7	-5
	May / Jul	0	0	1	3	4	0
	Jun	1	2	2	2	3	2
56	Dec	-7	-12	-16	-9	-3	-28
	Jan / Nov	-6	-11	-14	-6	2	-27
	Feb / Oct	-6	-10	-10	0	9	-22
	Mar / Sep	-5	-7	-5	4	12	-15
	Apr / Aug	-3	-4	-1	5	9	-8
	May / Jul	0	0	2	45	7	-2
	Jun	2	2	3	4	6	1

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table 2.6

CLTDs for glass (From ASHRAE, 1989)

The units are degrees fahrenheit; to convert to kelvins, multiply by 5 / 9

Solar time, h	CLTD, °F
1	1
2	0
3	-1
4	-2
5	-2
6	-2
7	-2
8	0
9	2
10	4
11	7
12	9
13	12
14	13
15	14
16	14
17	13
18	12
19	10
20	8
21	6
22	4
23	3
24	2

Corrections: The values in the table were calculated for an inside temperature of 78°F and an outdoor maximum temperature of 95°F with an outdoor daily range of 21°F. The table remains approximately correct for other outdoor maximums 93 to 102°F and other outdoor daily ranges 16 to 34°F, provided the outdoor daily average temperature remains approximately 85°F. If the room air temperature is different from 78°F and / or the outdoor daily average temperature is different from 85°F, the following rules apply : (a) For room air temperature less than 78°F, subtract the difference. (b) For outdoor daily average temperature less than 85°F, subtract the difference between 85°F and the daily average temperature; if greater than 85°F, add the difference.

SAHLAMAHLA

المصدر الأول للطلاب الجزائري



Mécanique

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

tableau 2.7
Maximum solar heat gain factor for sunlitged
glass, north latitudes. (From ASHRAE, 1989, with permission.)

The units are Btu / (h ft²); to convert to W/m², multiply by 3,155

Latitude	0°						32°						
Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR	
Janvier	34	88	234	235	118	296	Janvier	24	29	175	249	246	176
Février	36	132	245	210	67	306	Février	27	65	205	248	221	217
Mars	38	170	242	170	38	303	Mars	32	107	227	227	176	252
Avril	71	193	221	118	37	284	Avril	36	146	227	187	115	271
Mai	113	203	201	80	37	265	Mai	38	170	220	155	74	277
Juin	129	206	191	66	37	255	Juin	44	176	214	139	60	276
Juillet	115	201	195	77	38	260	Juillet	40	167	215	150	72	273
Août	75	187	212	112	38	276	Août	37	141	219	181	111	265
Septembre	40	163	231	163	40	293	Septembre	33	103	215	218	171	244
Octobre	37	129	236	202	66	299	Octobre	28	63	195	239	215	213
Novembre	35	88	230	230	117	293	Novembre	24	29	173	245	243	175
Décembre	34	71	226	240	138	288	Décembre	22	22	162	246	252	158

Latitude	8°						Latitude	40°					
Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR	Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR
Janvier	32	71	224	242	162	275	Janvier	20	20	154	241	254	133
Février	34	114	239	219	110	294	Février	24	50	186	246	241	180
Mars	37	156	241	184	55	300	Mars	29	93	218	236	206	223
Avril	44	184	225	134	39	289	Avril	34	140	224	203	154	252
Mai	74	198	209	97	38	277	Mai	37	165	220	175	113	265
Juin	90	200	200	82	39	269	Juin	48	172	216	161	95	3267
Juillet	77	195	204	93	39	272	Juillet	38	163	216	170	109	262
Août	47	179	216	128	41	282	Août	35	135	216	196	149	247
Septembre	38	149	230	176	56	290	Septembre	30	87	203	226	200	215
Octobre	35	112	231	211	108	288	Octobre	25	49	180	238	234	177
Novembre	33	71	220	233	160	273	Novembre	20	20	151	237	250	132
Décembre	31	55	215	247	179	265	Décembre	18	18	135	232	253	113

Latitude	16°						Latitude	48°					
Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR	Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR
Janvier	30	55	210	251	199	248	Janvier	15	15	118	216	245	85
Février	33	96	231	233	154	275	Février	20	36	168	242	250	138
Mars	35	140	239	197	93	291	Mars	26	80	204	239	228	188
Avril	39	172	227	150	45	289	Avril	31	132	219	215	186	226
Mai	52	189	215	115	41	282	Mai	35	158	218	192	150	247
Juin	66	194	207	99	41	277	Juin	46	165	215	180	134	252
Juillet	55	187	210	111	42	277	Juillet	37	156	214	187	146	244
Août	41	168	219	143	46	282	Août	33	128	211	208	180	223
Septembre	36	134	227	191	93	282	Septembre	27	72	191	228	220	182
Octobre	33	95	223	225	150	270	Octobre	21	35	161	233	242	136
Novembre	30	55	206	247	196	246	Novembre	15	15	115	212	240	85
Décembre	29	41	198	254	212	234	Décembre	13	13	91	195	233	65

Latitude	24°						Latitude	56°					
Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR	Orientation	N	NE-NW	E-W	SE-SW	S	HOR
Janvier	27	41	190	253	227	214	Janvier	10	10	74	169	205	40
Février	30	80	220	243	192	249	Février	16	21	139	223	244	91
Mars	34	124	234	214	137	275	Mars	22	65	185	238	241	149
Avril	37	159	228	169	75	283	Avril	28	123	211	223	210	195
Mai	43	178	218	132	46	282	Mai	36	149	215	206	181	222
Juin	55	184	212	117	43	279	Juin	53	160	213	196	168	231
Juillet	45	176	213	129	46	278	Juillet	37	147	211	201	177	221
Août	38	156	220	152	72	277	Août	30	119	203	215	203	193
Septembre	35	119	222	206	134	266	Septembre	23	58	171	227	231	144
Octobre	31	79	211	235	187	244	Octobre	16	20	132	213	234	91
Novembre	27	42	187	249	224	213	Novembre	10	10	72	265	200	40
Décembre	26	29	180	247	237	199	Décembre	7	7	47	135	171	23

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table 2.8
Cooling load factors for glass without interior shading. North latitudes (From ASHRAE, 1989)

Fenest/Room	Facing/structi	Solar time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.46	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.49	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.51	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.44	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.44	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.51	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.44	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.45	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.43	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.38	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.40	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.14	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.14	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.17	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.10	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.12	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.58	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.10	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.06	0.08	0.09	0.11	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.13	0.13	0.16	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.24	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.24	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.28	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

Table 2.9
Cooling load factors for glass with interior shading. North altitudes (From ASHRAE, 1989)

Fenestration	Facing	Solar time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NE	N	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	
E	N	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.82	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
SE	N	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.35	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
S	N	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SW	N	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.39	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	N	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	N	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR	N	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

SAHLA MAHLA

TABLEAU 2.40 FACTEUR SOLAIRE DES PROTECTIONS INTERIEURES ASSOCIEES A DIFFERENTS VITRAGES (SC. d'un vitrage)

TYPE DE VITRAGE	EPAISSEUR NOMINALE [mm]	TYPE DE PROTECTION INTERIEURE				
		Stores véniliens		Stores de toile		
		teinte claire	teinte moyenne	opaques		translucide
				foncé	clair	
Verre à vitre Glacé	2 à 6					
	6 à 12	0,35	0,54	0,55	0,25	0,39
Verre absorbant ou coloré Glacé absorbante (grise, bronze ou violet)	3 à 6	0,53	0,57	0,45	0,30	0,36
	6	0,53	0,57	0,45	0,30	0,36
	10 12	0,52 0,50	0,54 0,51	0,45 0,36	0,30 0,28	0,35 0,32
Double vitrage avec lame d'air • verre clair • glace claire • glace absorbante + glace claire intérieure	11	0,51	0,57	0,60	0,25	0,37
	12 à 32	0,51	0,57	0,60	0,25	0,37
	18 à 32	0,36	0,39	0,40	0,22	0,30
Triple vitrage clair absorbant	13,5	0,50	0,56	0,57	0,24	0,36
	14,5	0,36	0,38	0,39	0,21	0,29

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV	Latitude 28°N
	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$		
6	9	108	6	101	-	-	18	
7	22	102	19	94	13	83	17	
8	35	96	32	87	26	75	16	
9	48	89	45	79	39	65	15	
10	62	80	58	67	50	51	14	
11	74	63	69	44	59	30	13	
12	82	0	74	0	62	0	12	
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV	Latitude 20°N
	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$		
6	7	109	4	101	-	-	18	
7	20	105	18	97	14	85	17	
8	34	101	32	92	28	79	16	
9	48	98	46	87	42	71	15	
10	62	95	60	79	55	60	14	
11	76	93	74	64	65	38	13	
12	90	180	82	0	70	0	12	
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV	Latitude 22°N
	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$		
6	7	109	5	101	-	-	18	
7	21	104	18	96	14	84	17	
8	34	100	32	91	28	78	16	
9	48	96	46	85	41	70	15	
10	62	92	60	76	54	57	14	
11	76	85	73	58	64	36	13	
12	88	0	80	0	68	0	12	
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV	Latitude 25°N
	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$		
6	8	108	5	101	-	-	18	
7	21	103	19	95	14	84	17	
8	35	98	32	89	27	76	16	
9	48	93	46	82	40	67	15	
10	62	86	59	71	52	54	14	
11	75	73	71	50	61	33	13	
12	85	0	77	0	65	0	12	
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV	Latitude 34°N
	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$	β	$\phi^{(1)}$		
6	11	107	7	100	-	-	18	
7	23	99	19	92	13	82	17	
8	36	92	32	83	25	72	16	
9	48	82	44	73	36	61	15	
10	60	70	55	58	46	46	14	
11	71	47	64	36	53	26	13	
12	76	0	68	0	56	0	12	
TSV	23 juillet		20 août		20 septembre		TSV	Latitude 37°N
	β (en °)	ϕ (en °) ⁽¹⁾	β (en °)	ϕ (en °) ⁽¹⁾	β (en °)	ϕ (en °) ⁽¹⁾		
6	12	106	7	100	-	-	18	
7	24	98	19	91	12	81	17	
8	36	89	31	81	24	71	16	
9	47	79	43	70	35	59	15	
10	59	65	53	55	44	44	14	
11	69	42	62	32	51	21	13	
12	73	0	65	0	53	0	12	

tables 2.10a. Azimut et hauteur du soleil

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table 2.11
Cooling load factors for sensible heat from occupants. (From ASHRAE, 1989)

Total hours in space	Hours after each entry into space																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,49	0,58	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4	0,49	0,59	0,66	0,71	0,27	0,21	0,16	0,14	0,11	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
6	0,50	0,60	0,67	0,72	0,76	0,79	0,34	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
8	0,51	0,61	0,67	0,72	0,76	0,80	0,82	0,84	0,38	0,30	0,25	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
10	0,53	0,62	0,69	0,74	0,77	0,80	0,83	0,85	0,87	0,89	0,42	0,34	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,15	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
12	0,55	0,64	0,70	0,75	0,79	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,45	0,36	0,30	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08
14	0,58	0,66	0,72	0,77	0,80	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,47	0,38	0,31	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11
16	0,62	0,70	0,75	0,79	0,82	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16
18	0,66	0,74	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,50	0,40	0,33	0,28	0,24	0,21

2.12
Tableau - Apports dus aux occupants
(Apports : [W / personne] - Humidité : [g/h])

La quantité de chaleur évacuée est fonction de l'individu et de son activité.
Le tableau suivant représente les gains internes dus aux occupants. Les valeurs sont données pour un homme adulte de taille moyenne. Ces valeurs peuvent être revues à la baisse pour une femme (- 20 %) et un enfant (- 20 à - 40 %).

Type d'activité	Apport total	Température sèche du local															
		17°C		19°C		21°C		23°C		25°C		27°C		29°C			
		Apport sensible	humidité	Apport sensible	humidité	Apport sensible	humidité	Apport sensible	humidité	Apport sensible	humidité	Apport sensible	humidité	Apport sensible	humidité		
Assis au repos - salles de spectacle	114	93	31	86	37	79	46	73	58	67	66	59	80	45	98		
Assis travail léger ou debout au repos - locaux scolaires	128	102	38	94	46	86	60	78	72	70	85	60	101	46	122		
Assis, travail modéré - travail de bureau	145	109	51	100	61	90	80	82	95	72	110	61	127	46	147		
Debout, travail léger - travail de montage - magasin, banque	174	119	82	108	99	95	121	84	142	73	156	61	175	48	200		
Travail modéré - vendeur actif - marche réduite	197	143	103	117	116	103	140	89	163	75	182	63	203	48	227		
Travail actif - marche - supermarchés	232	142	126	126	141	111	170	96	196	81	216	65	237	51	260		
Travail intense - serveur très actif - salles de gymnastique	290	172	192	153	213	137	245	119	274	104	290	87	340	72	337		
Travail pénible - marche rapide - effort de poussée	406	208	290	189	319	172	357	153	386	138	404	119	428	100	460		

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

Table 2.13
Cooling load factors for lights. (From ASHRAE, 1989)

When lights are on for 8h		Number of hours after lights are turned on																							
"a"	"b"	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,45	A	0,02	0,46	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,85	0,88	0,46	0,37	0,30	0,24	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
	B	0,07	0,51	0,56	0,61	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
	C	0,11	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12
	D	0,14	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,22	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15
0,55	A	0,01	0,56	0,65	0,72	0,77	0,82	0,85	0,88	0,90	0,37	0,30	0,24	0,19	0,16	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
	B	0,06	0,60	0,64	0,68	0,71	0,74	0,76	0,79	0,81	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
	C	0,09	0,63	0,66	0,68	0,70	0,71	0,73	0,75	0,76	0,23	0,21	0,20	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
	D	0,11	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12
0,65	A	0,01	0,66	0,73	0,78	0,82	0,86	0,88	0,91	0,93	0,29	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
	B	0,04	0,69	0,72	0,75	0,77	0,80	0,82	0,84	0,85	0,22	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
	C	0,07	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07
	D	0,09	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,77	0,78	0,79	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
0,75	A	0,01	0,76	0,80	0,84	0,87	0,90	0,92	0,93	0,95	0,21	0,17	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
	B	0,03	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,15	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
	C	0,05	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05
	D	0,06	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Cooling load factors for lights. (par interpolation)

When lights are on for 10h		Number of hours after lights are turned on																								
"a"	"b"	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
0,45	A	0,04	0,48	0,58	0,66	0,73	0,78	0,83	0,86	0,89	0,69	0,65	0,62	0,60	0,55	0,28	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	
	B	0,10	0,54	0,59	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78	0,58	0,57	0,57	0,56	0,53	0,30	0,27	0,24	0,22	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	
	C	0,15	0,59	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,53	0,53	0,53	0,52	0,50	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	
	D	0,18	0,62	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	
0,55	A	0,03	0,57	0,66	0,73	0,78	0,82	0,86	0,89	0,91	0,65	0,62	0,60	0,58	0,58	0,29	0,24	0,19	0,15	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04
	B	0,09	0,63	0,66	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80	0,82	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09
	C	0,12	0,66	0,69	0,71	0,73	0,74	0,76	0,77	0,78	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,24	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
	D	0,15	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,75	0,48	0,49	0,49	0,49	0,49	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16
0,65	A	0,02	0,67	0,74	0,79	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,62	0,59	0,58	0,56	0,56	0,23	0,18	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
	B	0,07	0,71	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08
	C	0,10	0,74	0,76	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,84	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,11	0,10
	D	0,12	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,80	0,81	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12
0,75	A	0,02	0,77	0,81	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93	0,95	0,59	0,57	0,55	0,55	0,55	0,16	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02
	B	0,05	0,80	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
	C	0,07	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
	D	0,08	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,49	0,49	0,50	0,49	0,49	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09

Cooling load factors for lights. (From ASHRAE, 1989 with permission.)

When lights are on for 12h		Number of hours after lights are turned on																							
"a"	"b"	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,45	A	0,05	0,49	0,59	0,67	0,73	0,78	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,51	0,44	0,33	0,27	0,22	0,17	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06
	B	0,13	0,57	0,61	0,65	0,69	0,72	0,75	0,77	0,79	0,82	0,83	0,85	0,87	0,43	0,39	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,17	0,15
	C	0,19	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,74	0,76	0,77	0,79	0,80	0,81	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,23	0,21	0,20
	D	0,22	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,23
0,55	A	0,04	0,58	0,66	0,73	0,78	0,82	0,86	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,42	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05
	B	0,11	0,65	0,68	0,72	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,35	0,32	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	C	0,15	0,69	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,30	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16
	D	0,18	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,80	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19
0,65	A	0,03	0,67	0,74	0,79	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,33	0,26	0,21	0,17	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
	B	0,09	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
	C	0,12	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
	D	0,14	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15
0,75	A	0,02	0,77	0,81	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03
	B	0,06	0,81	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
	C	0,09	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09
	D	0,10	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11

Chapitre 2 Calcul des charges thermiques

La sélection du CLF pour l'éclairage se fait à partir de deux coefficients a et b

a : représente la fraction de puissance calorifique de l'éclairage transmise à l'air par convection, sa valeur numérique n'est pas utilisée dans les calculs, elle est donnée à titre indicatif.

b : coefficient dépendant du type de construction, type de soufflage et de reprise d'air

Valeurs standard du coefficient a suivant l'ameublement de la pièce, le type de fixation des lampes et les dispositifs de ventilation

a	ameublement	Amenée et retour d'air	Type de fixation des lampes
0.45	Lourd, mobilier simple, pas de tapis	Faible taux, amenée et retour à travers les combles $V \leq 2.5$ L/s par m ² de surface	Encastrées, non ventilées
0.55	Mobilier normal, pas de tapis	Taux moyen à fort, amenée et retour sous le plafond $V > 2.5$ L/s par m ² de surface	Encastrées, non ventilées
0.65	Mobilier normal, avec ou sans tapis	Taux moyen à fort, ventilo-convecteur ou éjecto-convecteur, amenée par ou par diffuseur mural, retour au-dessus des fixations de lampes et par le plafond $V > 2.5$ L/s par m ² de surface	ventilées
0.75 ou plus	Tous types	Gaines de retour par les fixations des lampes	Ventilées ou suspendues dans les courants d'air des conduits de retour

Valeurs standard du coefficient b pour l'éclairage

	Type de construction du palier, masse surfacique du palier				
Type d'amenée et de retour d'air	50.8 mm plancher en bois 50 kg/m ²	76.2 mm Plancher en béton 200 kg/m ²	152.4 mm Plancher en béton 370 kg/m ²	203.2 mm Plancher en béton 590 kg/m ²	304.8 mm Plancher en béton 780 kg/m ²
Faible taux de ventilation	B	B	C	D	D
Taux de ventilation moyen	A	B	C	D	D
Taux de ventilation fort	A	B	C	C	D
Taux de ventilation très fort	A	A	B	C	D

Tableau -15 - CLF pour les apports dus aux équipements de laboratoires et autres Avec hottes d'extraction d'air

temps écoulé après la mise en service

Temps Opérationnel (Heures)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0.27	0.40	0.55	0.74	0.94	1.14	1.31	1.46	1.59	1.70	1.79	1.85	1.89	1.91	1.92	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
2	0.28	0.41	0.56	0.75	0.95	1.15	1.32	1.47	1.59	1.69	1.75	1.79	1.81	1.82	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
3	0.29	0.42	0.57	0.76	0.96	1.16	1.33	1.48	1.60	1.70	1.75	1.78	1.80	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
4	0.31	0.44	0.59	0.78	0.98	1.18	1.35	1.50	1.61	1.70	1.74	1.76	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
5	0.33	0.46	0.61	0.80	1.00	1.20	1.37	1.52	1.62	1.70	1.73	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
6	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
7	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
8	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
9	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
10	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
11	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
12	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
13	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
14	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
15	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
16	0.34	0.47	0.62	0.81	1.01	1.21	1.38	1.53	1.62	1.70	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73

Tableau -16 - CLF pour les Equipements de Labo et autres SANS HOTTE D'extraction (CLF pour Moteurs Electriques)

temps écoulé après la mise en service

Temps Opérationnel (Heures)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0.56	0.64	0.75	0.88	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
2	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
3	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
4	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
5	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
6	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
7	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
8	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
9	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
10	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
11	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
12	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
13	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
14	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
15	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
16	0.57	0.65	0.76	0.89	1.00	1.10	1.18	1.24	1.29	1.33	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36

Chapitre 3. SYSTEMES DE CLIMATISATION

Les techniques modernes de climatisation font appel à des procédés très différents

- Procédé à air total (ou tout air)
- Procédé à eau pulsée (à eau seule)
- Procédé mixte eau-air

Procédé à air total (ou à air seul)

Systèmes compacts (ou monoblocs)

Climatiseur individuel (type fenêtre (window type)) (fig-1-)

But : rafraichir et ventiler un local sans contrôle précis de l'humidité.

Puissance nominal compresseur : 0,5 à 2,5 Ch

Puissance frigorifique : 1,5 kW à 7 kW

Le principe de fonctionnement des climatiseurs individuels repose sur celui des machines frigorifiques à compression de vapeur comportant un circuit frigorifique dans lequel circule un fluide frigorigène (F.F) échangeant ainsi la chaleur avec l'air extérieur ou l'air ambiant et l'air intérieur du local (appareils à détente directe).

La régulation s'effectue par contrôle de la température de l'air à l'entrée de l'évaporateur. Elle agit sur la mise en route et l'arrêt du compresseur

Unités :	7000 Btu/h=2,05 kW
BTU : British Thermal Unit	9000 Btu/h=2,64 kW
1 BTU = 1055,06 J	12000 Btu/h =3,52kW
1 Btu/h=0,293 W	18000 Btu/h=5,27 kW
1 Ch= 736 W	22000 Btu/h=6,45 kW

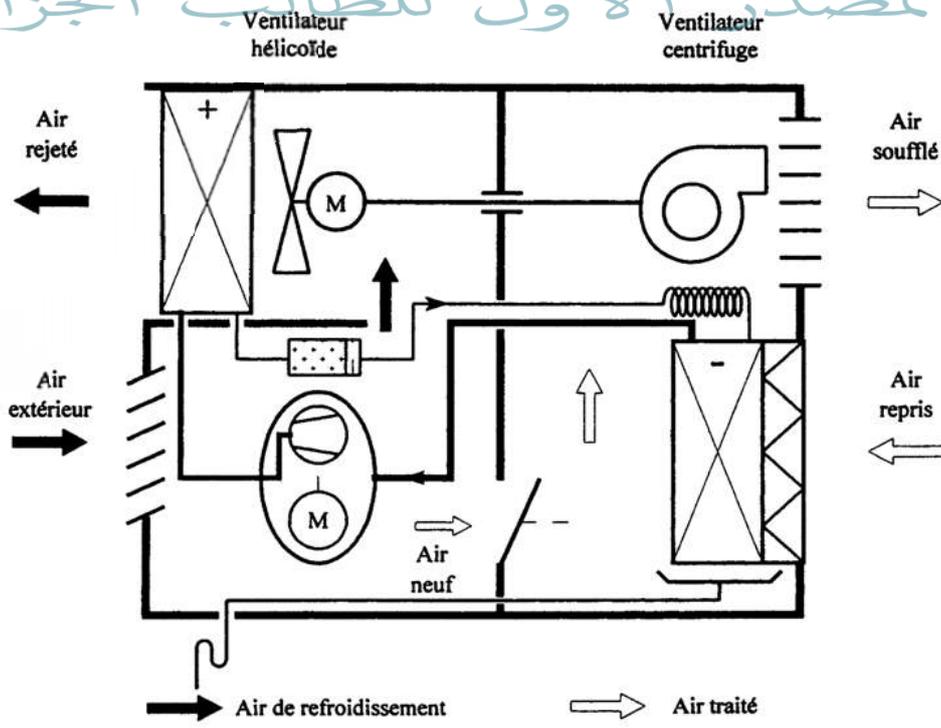


Figure -1- Climatiseur individuel (type fenêtre (window type))

Climatiseur individuel à éléments séparés (Spit system) (fig-2-)

L'unité intérieure (évaporateur) est placée à l'intérieur tandis que l'unité extérieure renfermant le compresseur et le condenseur est située à l'extérieur du local (montée sur un mur ou reposant sur une terrasse ou sur le sol).

Avantages :

- Niveau sonore bas
- Encombrement moindre
- Possibilité d'installer l'évaporateur (l'unité intérieure) en un point quelconque du local.
- Possibilité de plusieurs unités intérieures (multi-split) (fig-3-)

Puissances frigorifiques :

- Mono-split : 2 à 8 kW 7000 à 27000 Btu/h
- Multi-split : 6 à 18 kW (Jusqu'à 60000 Btu/h)

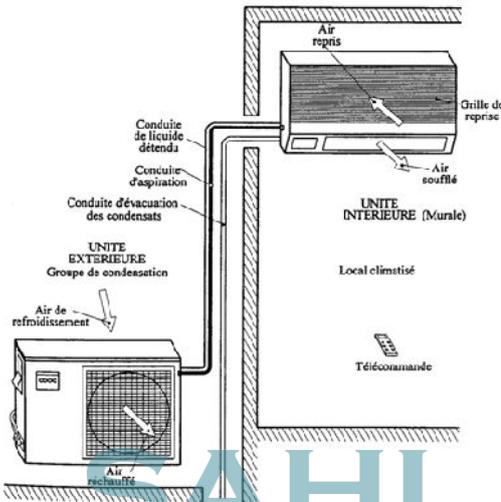


Figure -2- Climatiseur individuel à éléments séparés (Split system)

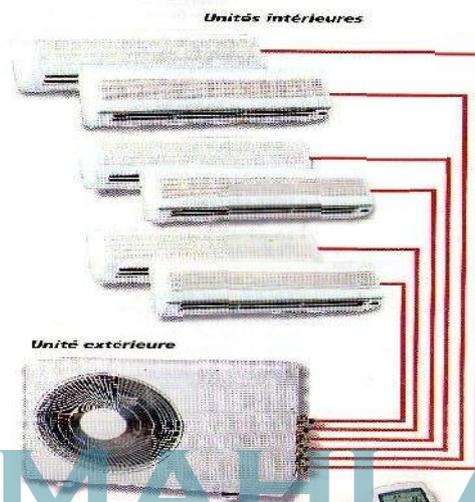


Figure -3- Climatiseur individuel à éléments séparés (Multi-Split system)

Armoires de climatisation (fig-3-)

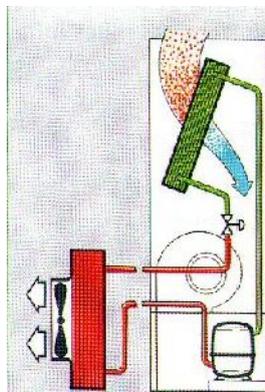
Tous les éléments sont montés dans un boîtier en forme d'armoire.

Puissance frigorifique pour une gamme résidentielle avec un refroidissement à air : de 6 à 15 kW.

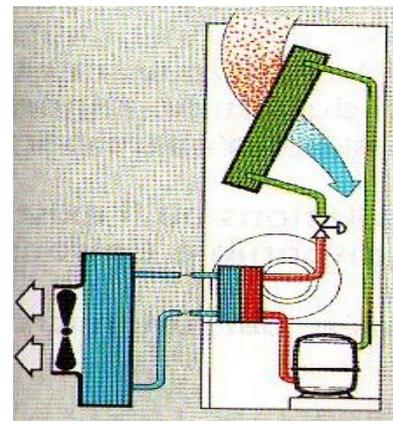
Applications : petits Bureaux, petits magasins de commerce.



Armoire de climatisation (type split system)



Armoire de climatisation (condenseur à air)



Armoire de climatisation (condenseur à eau + glycol)

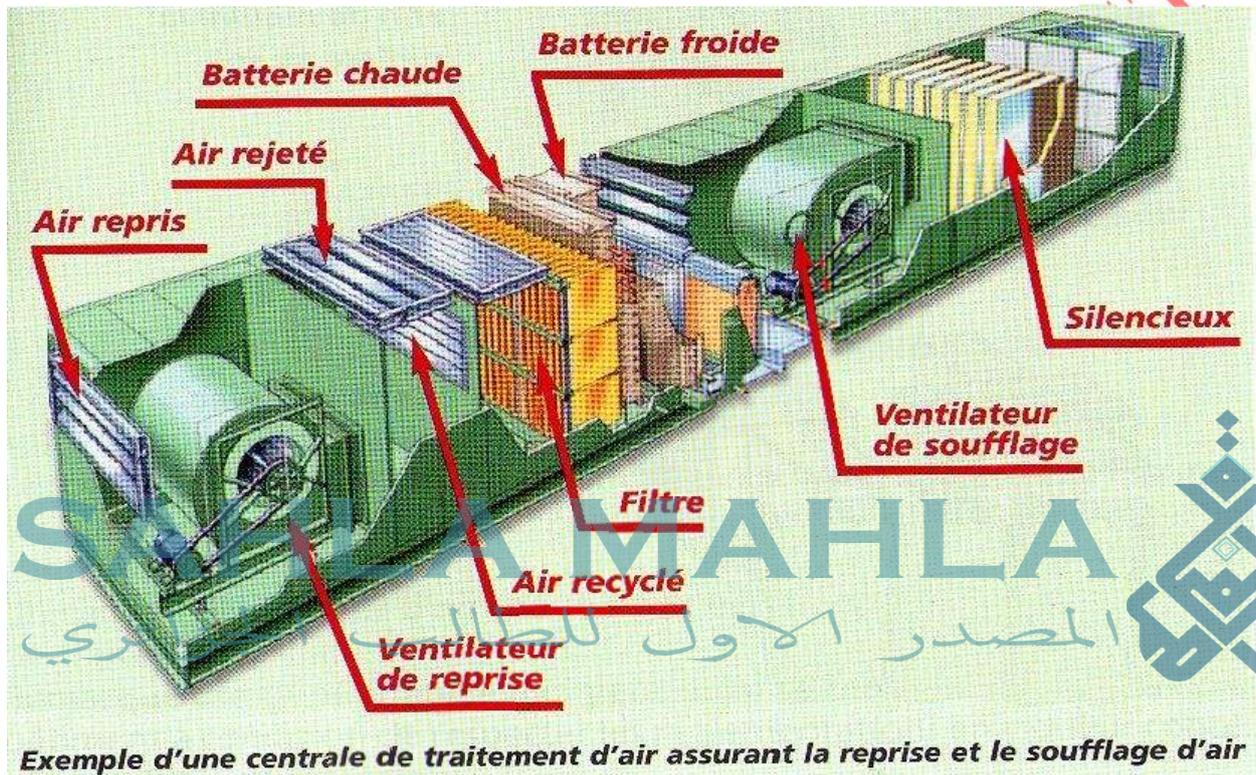
Figure-3- Armoires de climatisation

Système centralisé

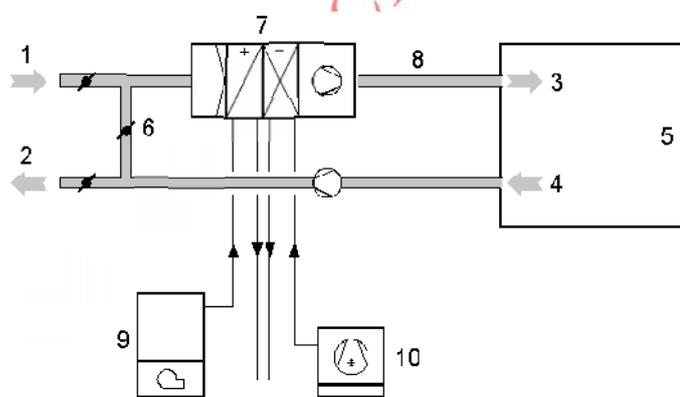
L'air est traité dans une centrale de traitement de l'air (CTA) qui est situé loin des locaux conditionnés. Un réseau de gaines (conduites) et des bouches de soufflage sont utilisé pour véhiculer l'air et le pulser dans les locaux.

On peut rencontrer plusieurs variantes :

- Système monozone (ou unizone) sans chauffage ou avec chauffage terminal.
- Système multizones
- Système à deux conduites (Dual duct)
- Système à débit d'air variable



Système unizone à un seul conduit à débit d'air constant (fig-3.4a et fig-3.4b)



- 9 : Groupe d'eau chaude
10 : Groupe d'eau froide

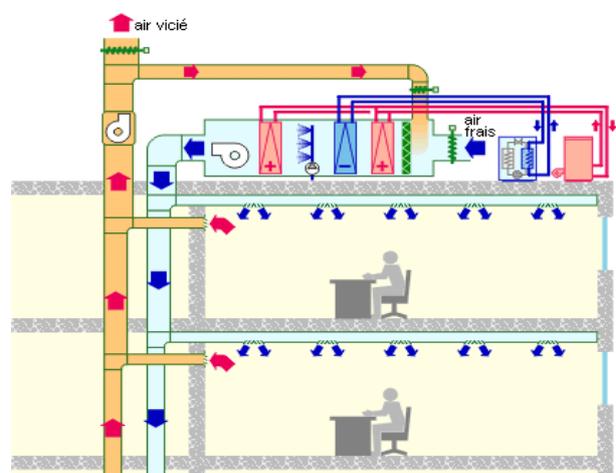


Fig-3.4a- Système unizone à un seul conduit à débit d'air constant

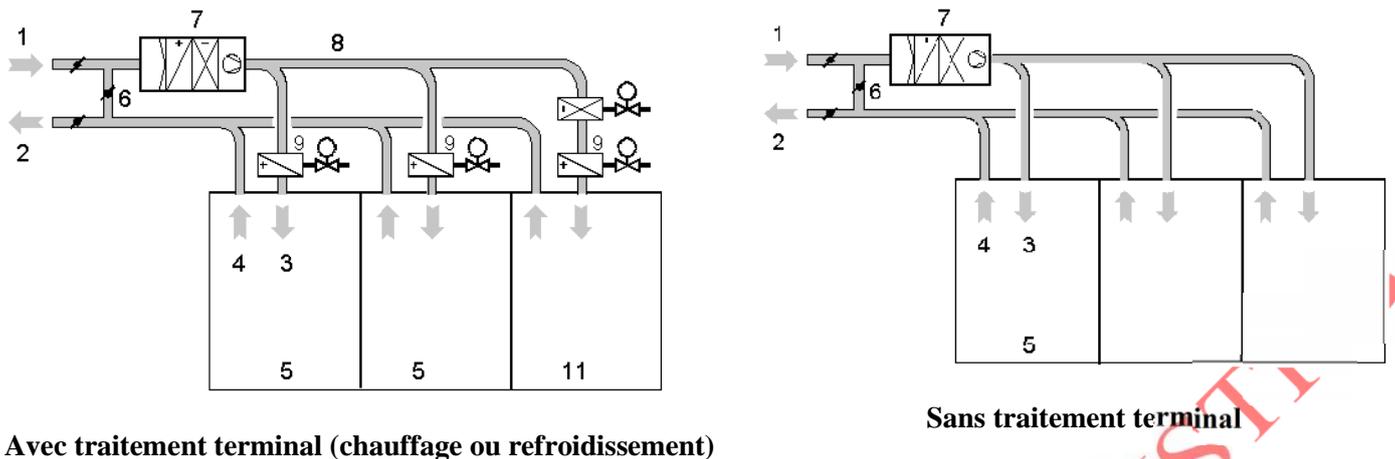


Fig-3.4b- Système unizone à un seul conduit à débit d'air constant

Domaine d'application

Le système "tout air" a de l'intérêt lorsque un débit d'air élevé et constant est souhaité

Le système "tout air - unizone" a de l'intérêt lorsque :

- Un seul local est à climatiser, généralement de grand volume : salle de spectacles, salle d'opérations, salle de réunion, ...
- Il existe plusieurs locaux dont le fonctionnement thermique est similaire (plusieurs bureaux similaires sur une même façade, ...)

Avantages système tout air, DAC, mono-gaine

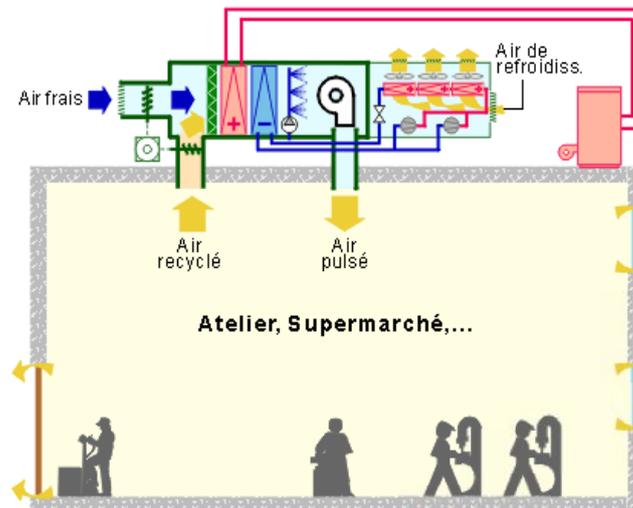
- Simplicité globale,
- facilité de dimensionnement,
- régulation simple, fiable et centralisée,
- fonctionnement stable, donc coût de maintenance réduit,
- faible niveau sonore, sauf avec les installations haute pression,
- possibilité d'utilisation d'air extérieur pour le refroidissement gratuit (free cooling),
- contrôle de l'humidité relative en centrale et de l'empoussièrement (filtration).

Inconvénients

- Le débit d'air est constant. Puisqu'il est dimensionné pour la situation extrême, généralement celle de l'été, en période de canicule. Cela entraîne une consommation élevée des ventilateurs (loin de l'heure critique)
- L'encombrement de la centrale et du réseau de gaines (gros débits, section importante des conduites d'air neuf, d'air pulsé et d'air extrait),
- Il n'est pas possible de moduler le débit d'air neuf en fonction de la présence ou non d'occupants dans chacune des zones.
- Si la vitesse de déplacement de l'air est augmentée pour diminuer les sections, le niveau de bruit sera nettement plus élevé et demandera un traitement acoustique sérieux.

Centrale de toiture (Roof-Top)

- Le principe est de fournir une installation monobloc, entièrement montée d'usine, capable de gérer totalement le traitement d'air d'un hall.
- Elle est déposée sur la toiture. Eventuellement un réseau de gaines améliore la distribution de l'air dans le local.



Système multizones (fig-3.5)

Dans le cas d'un bâtiment présentant différentes zones à climatiser (température interne différentes, charges différentes...), on est amené à envisager une centrale multizone. La BF et la BC sont en parallèle et non pas en série, le ventilateur est placé avant les BF et BC. Le débit d'air est constant mais la proportion d'air chaud et d'air froid est automatiquement dosée selon la zone à conditionner (différentes températures de soufflage). Un seul conduit par zone sort de la CTA (le mélange se fait dans la CTA).

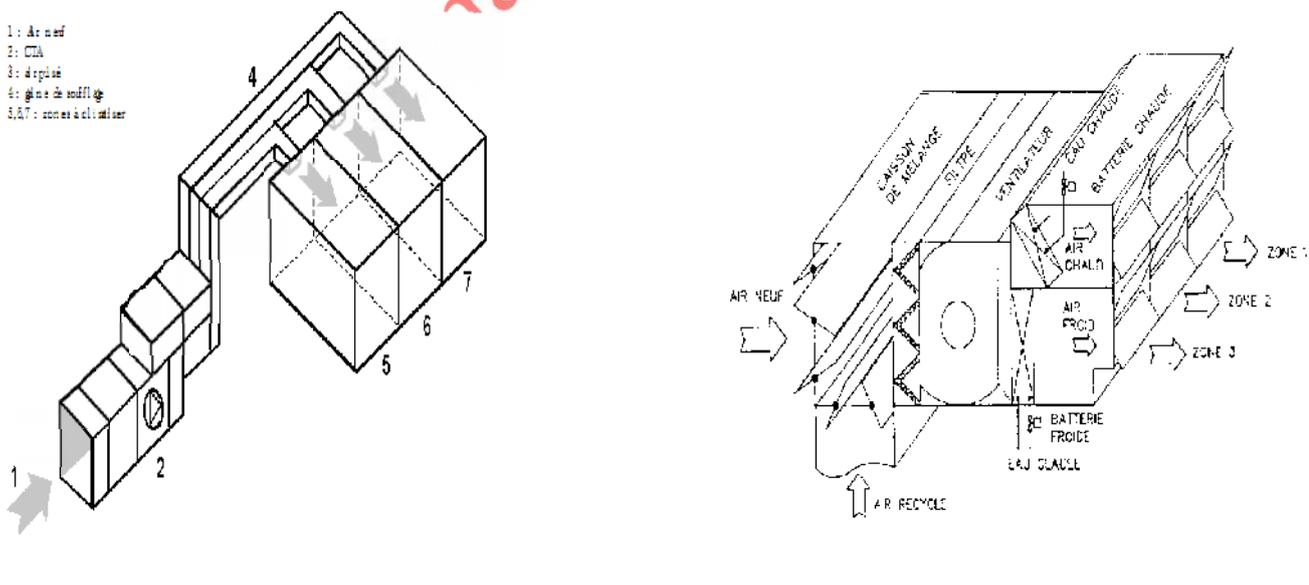
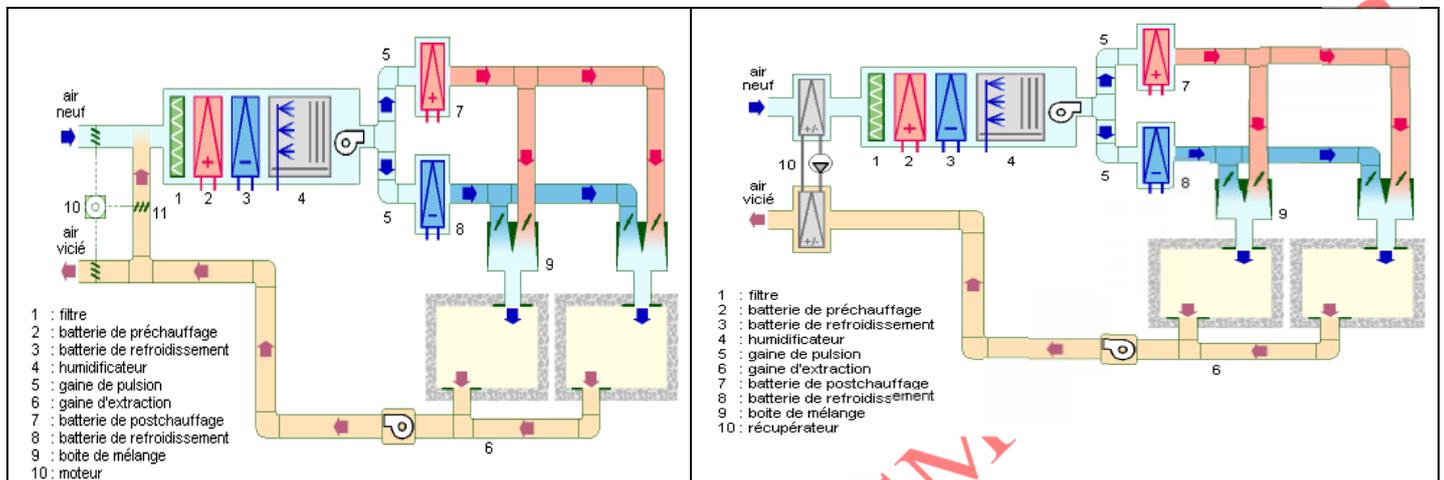


Figure -3.5- Système multizones

Système à deux conduites (Dual duct) (fig-3.6)

Ce système présente une très grande souplesse de fonctionnement du fait que l'on dispose en permanence de deux flux d'air à des températures très différentes (air chaud et air froid) et utilisables instantanément. Le mélange se fait dans un appareil terminal : boîte de mélange à l'entrée de chaque local (ou groupe de locaux). Ce système convient pour un bâtiment où les locaux ont des charges thermiques très différentes. Inconvénients : prix de revient assez élevé, gaspillage d'énergie.



Domaine d'application

Le système « tout air » à « double gaine » a de l'intérêt lorsque :

Un débit d'air élevé et constant est souhaité.

Les besoins des locaux sont extrêmement variables d'une zone à l'autre, et que le système doit répondre avec une très grande rapidité aux variations de charges.

(Exemple : un ensemble de salles de réunion, dans un bâtiment fort vitré ou en secteur industriel avec exigences élevées de régulation...)

Avantages

- Possibilité d'adapter individuellement les ambiances suivant les locaux,
- rapidité de la réponse du système à la demande des locaux,
- possibilité d'utilisation d'air extérieur pour le refroidissement gratuit (free cooling),
- contrôle de l'humidité relative en centrale et de l'empoussièrement.

Inconvénients

- Les mêmes que celui du système mono-gaine (à un seul conduit).
- Des fuites d'un réseau vers l'autre apparaissent toujours dans la boîte de mélange où de 3 à 10 % du débit total est perdu malgré la fermeture du clapet.
- Le coût d'investissement de départ est très élevé
- Coût d'exploitation très important : Dans certains pays la réglementation thermique interdit d'utiliser ce genre de système (qui ferait du chaud et du froid simultanément), sauf si le fluide chauffant est de récupération, par exemple sur le condenseur de la machine frigorifique.

Système à débit d'air variable (DAV) ou volume d'air variable (VAV)

La température de pulsion de l'air est constante.

La régulation de la température ambiante se fait par la modulation du débit d'air (action sur les clapets).

L'air pulsé froid répond aux besoins hygiéniques et aux besoins thermiques.

La pression des conduits est maintenue constante par réglage de vitesse des ventilateurs.

Domaine d'application Système DAV

On rencontre tout particulièrement le VAV dans les locaux avec une présence nombreuse d'occupants (variable dans le temps) (exemple : grands bureaux paysagers, avec locaux de réunion, salles de conférences au centre du bâtiment : un apport d'air neuf est nécessaire en permanence).

Le VAV simple (sans réchauffage terminal) peut répondre à des besoins de zones très variables, ... mais pas opposées ! (c'est réservé au système air-eau)

Inconvénients système DAV

- Le réglage d'un débit d'air est moins aisé que le réglage d'une température.
- Le coût d'installation reste élevé, au moins par rapport à une installation de ventilo-convecteurs.
- L'encombrement n'est pas négligeable, comme pour toutes les installations "tout air". Les gaines dans chaque zone sont dimensionnées pour transporter le débit maximum, correspondant à la charge extrême de l'été...
- Un recyclage de l'air extrait permet de réaliser des économies d'énergie mais n'est pas toujours souhaité pour des raisons hygiéniques. Un récupérateur de chaleur lui est préféré, mais il suppose d'en faire l'investissement.

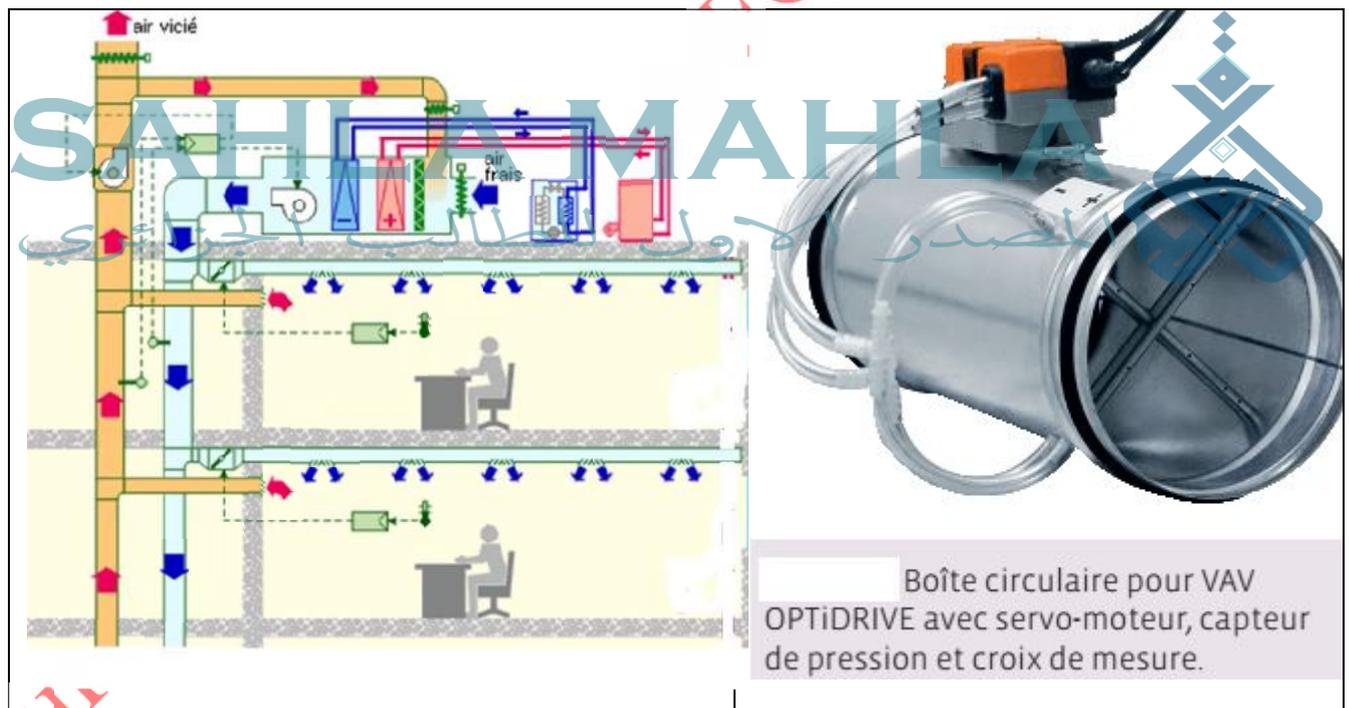


Figure -3.7- Système DAV

Système à eau pulsée

Dans ce procédé le seul fluide primaire utilisé est de l'eau préparée et pulsée par un groupe d'eau froide (saison d'été) ou par un groupe d'eau chaude (saison d'hiver) ces équipements sont groupés en centrale dans un local technique. Elle est pulsée par des pompes jusqu'aux appareils terminaux (ventilo-convecteur).

Réseau à deux tuyaux → ventilo-convecteur à deux tuyaux

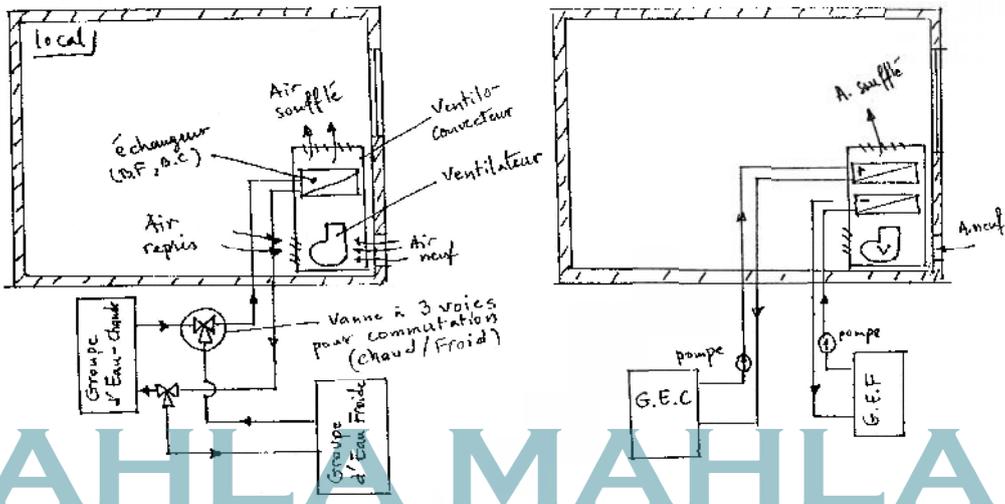
Réseau à quatre tuyaux → ventilo-convecteur à quatre tuyaux

La ventilation du local est assurée par une prise d'air neuf située dans la façade du bâtiment derrière l'appareil terminal (ventilo-convecteur).

Procédé à eau seule (Ventilo-convecteur)

- système à 2 tuyaux

- système à 4 tuyaux



SAHLA MAHLA

المصدر الاول للطلاب الجزائري



cours de climatisation

Système mixte air-eau

Fluides primaires utilisés simultanément: l'air et l'eau

L'air est préparé dans une CTA

L'eau est préparée comme pour le système à eau seule :

- Dans un groupe d'eau froide (GEF : M.F à compression de vapeur) (saison d'été)
- Dans un groupe d'eau chaude (GEC : chaudière, ballon de stockage, etc.) (Saison d'hiver)

Appareil terminal : ventilo-convecteur ou éjecto-convecteur

Réseau à deux tuyaux → ventilo-convecteur (ou éjecto-convecteur) à deux tuyaux

Réseau à quatre tuyaux → ventilo-convecteur(ou éjecto-convecteur) à quatre tuyaux

L'installation comprend un réseau de conduit d'air primaire et un réseau de deux ou quatre tuyauteries selon le type du ventilo-convecteur ou de l'éjecto-convecteur.

Les dimensions de la CTA ainsi que sa puissance sont moindres que celle d'une CTA à air seul puisque c'est l'eau primaire qui a pour rôle principale d'absorber les charges thermiques du local.

L'air traité dans la CTA a pour rôle le renouvellement de l'air et la suppression de l'humidité dans les locaux. Il est donc préparé à une température proche de celle de l'intérieur des locaux.

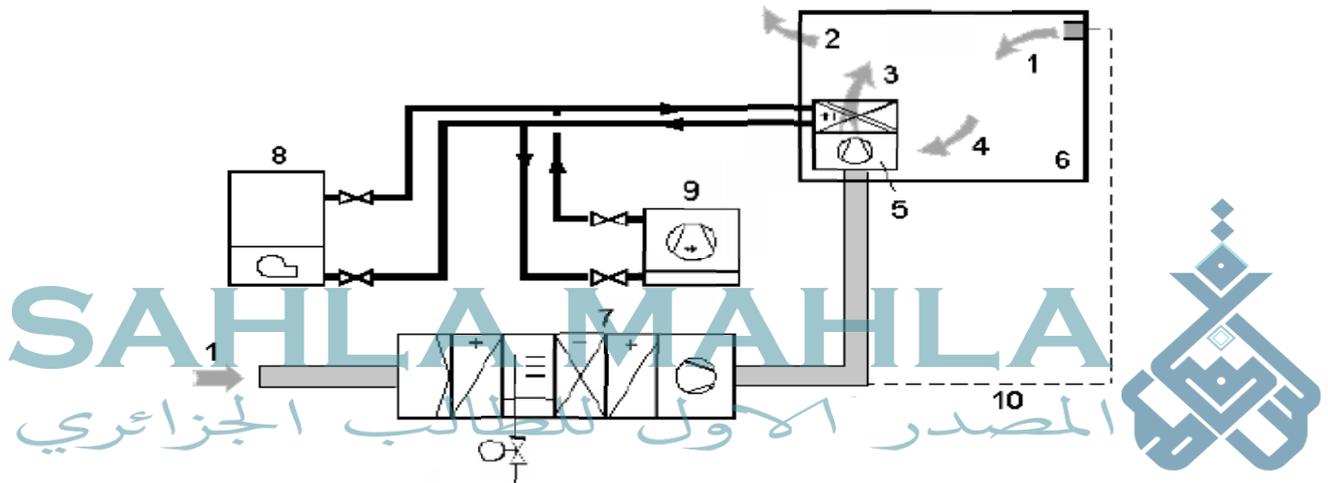
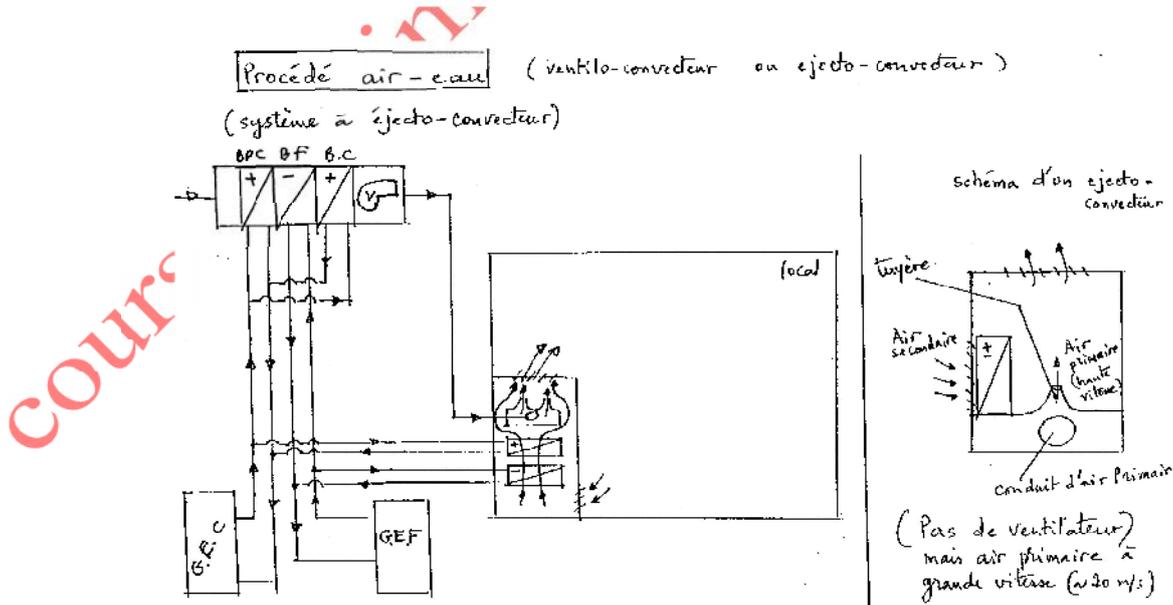
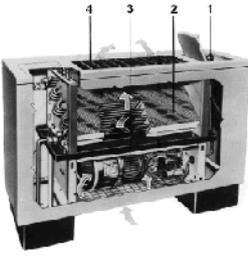
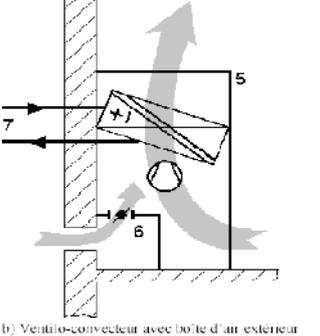
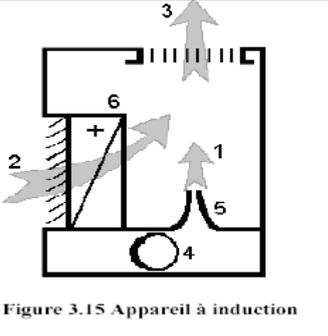
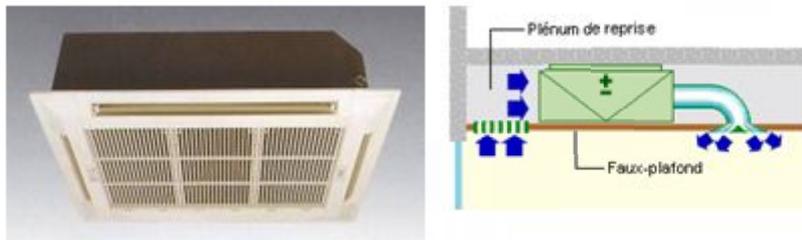


Figure 3.12 Installation à ventilos-convecteurs avec apport d'air primaire via le ventilos-convecteur



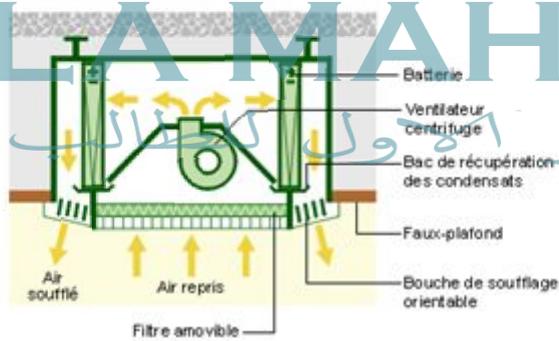
 <p>a) Ventilateur-convecteur avec ses composants</p>	 <p>b) Ventilateur-convecteur avec boîte d'air extérieur</p>	 <p>Figure 3.15 Appareil à induction</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1 Air primaire 2 Air secondaire (air ambiant) 3 Air pulsé 4 Raccordement d'air primaire 5 Gicleurs à induction 6 Appareil de transfert thermique
--	---	--	---

Ventilo-convecteur plafonnier



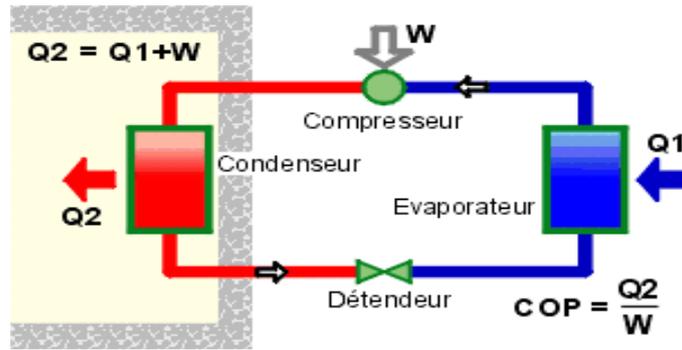
SAHLA MAHLA

المصدر: وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الجزائري



cours de c

Pompe à Chaleur (PAC)



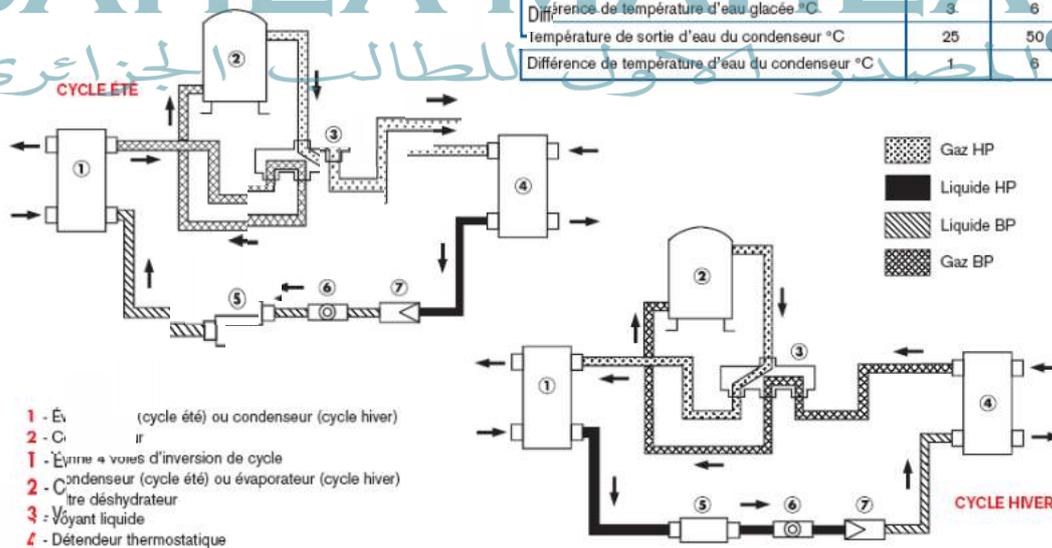
Une PAC a pour but la valorisation de la chaleur gratuite présente dans l'environnement (rivière, air extérieur, sol).
 Une PAC n'est autre qu'une machine frigorifique (MF)
 Une PAC ne crée pas de chaleur comme une chaudière mais réalise un transfert de chaleur.
 la chaleur prélevée au niveau de la «source froide» est captée par le fluide frigorigène (FF) au niveau de l'évaporateur en se transformant en vapeur. Le compresseur comprime le FF sous forme de vapeur, augmentant ainsi sa température. c'est au niveau du condenseur que le FF sous forme de vapeur en se condensant transmet sa chaleur au local à chauffer.
 En plus de la fonction de chauffage, une PAC dites «réversible» permet de rafraîchir les locaux en été, grâce à l'inversion du cycle frigorifique que l'on peut obtenir à l'aide d'une vanne (à quatre voies) d'inversion de cycle.

■ Schémas de principe

SAHLA MALLA
 الجنازي

Température de :
 Différence de température de :

	Mini	Maxi
Température de sortie d'eau glacée °C (avec glycol)	-5	18
Différence de température d'eau glacée °C	3	6
Température de sortie d'eau du condenseur °C	25	50
Différence de température d'eau du condenseur °C	1	6



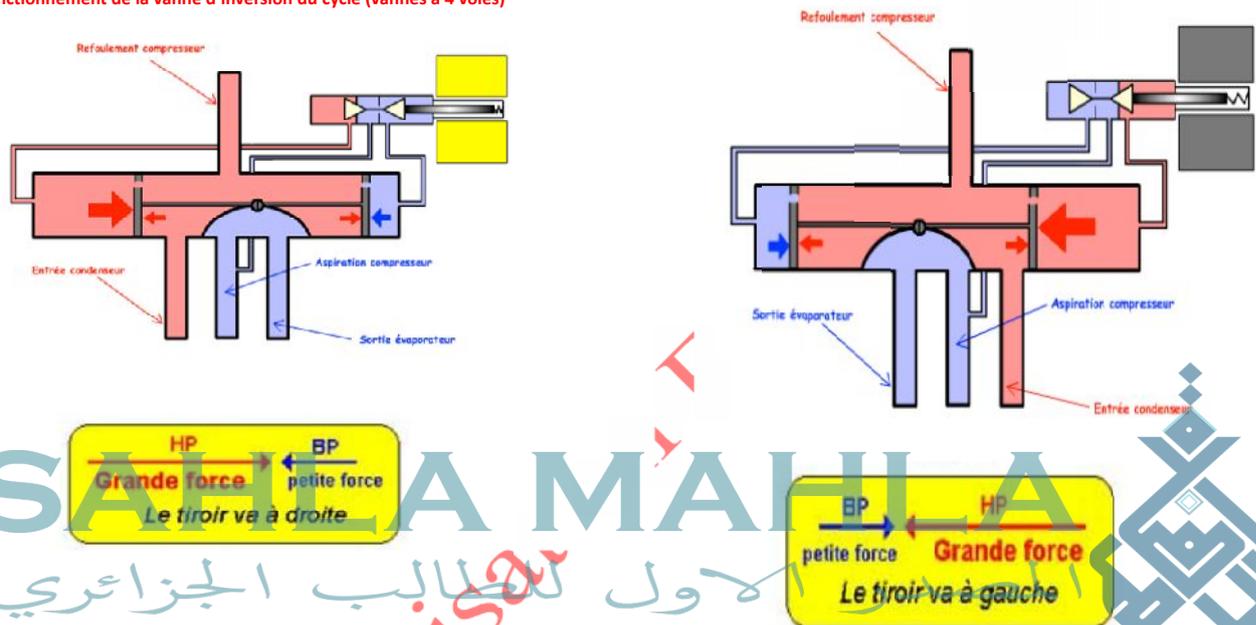
- 1 - Évaporateur (cycle été) ou condenseur (cycle hiver)
- 2 - Condenseur (cycle été) ou évaporateur (cycle hiver)
- 3 - Vanne à quatre voies d'inversion de cycle
- 4 - Filtre déshydrateur
- 5 - Voyant liquide
- 6 - Détendeur thermostatique

Cours



Vanne d'inversion du cycle frigorifique

Fonctionnement de la vanne d'inversion du cycle (vannes à 4 voies)



Mesure des performances d'une PAC

Définition du EER (Energy Efficiency Ratio)

$EER = Q_{\text{évap}} / W_{\text{ele}}$ (BTU/W.h) (USA, Amérique du Nord)

$EER = Q_{\text{évap}} / W_{\text{ele}}$ (W/W) (Europe)

Définition du SEER (Saisonnier Energy Efficiency Ratio) (taux saisonnier de l'efficacité énergétique) : il mesure l'efficacité énergétique d'un climatiseur individuel. C'est une moyenne calculé sur plusieurs mois.

Un coefficient SEER élevé veut dire un appareil doté d'une efficacité énergétique élevée d'où des économies d'énergie élevées. En Amérique du Nord (Canada et USA) la réglementation thermique exige que tous les produits neufs aient un coefficient SEER de 13 ou plus.

En Europe : il est désigné par **ESEER (European Saisonnier Energy Efficiency Ratio)**

(formules et unités différentes)

Attention : ESEER et SEER ne se calculent pas de la même façon.

Définition du HSPF (Heating Saisonnier Performance Factor) (coefficient de performance de la saison de chauffage) :

il sert à évaluer l'efficacité des thermopompes en mode de chauffage. Plus la cote HSPF est élevée, plus l'efficacité est élevée et, par conséquent, plus les économies d'énergie sont élevées. En Amérique du Nord (Canada et USA) la réglementation thermique exige que tous les produits neufs aient un coefficient HSPF 6,8 ou plus.

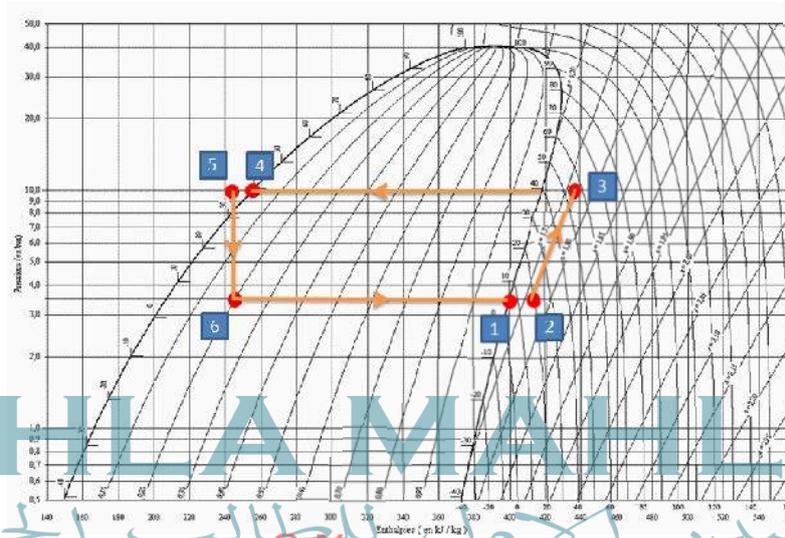
Types de PAC

Selon les milieux en contact avec l'évaporateur et le condenseur, on peut classer les PAC selon le tableau suivant:

Milieu en contact avec le condenseur	Air	Eau
Milieu en contact avec l'évaporateur		
Air	Air-Air	Air-eau
Eau	Eau-air	Eau-Eau
Sol	Sol-Air	Sol-eau

Rappel : Cycle frigorifique à compression de vapeur.

Fluides frigorigènes : R22 (CHClF_2), R134a ($\text{CH}_2\text{—CF}_3$), R717 (ammoniac), R410A, R407C



2-3 : compression du FF (état vapeur)

3-3' : désurchauffe du FF (à l'état vapeur)

3'-4 : condensation du FF (passage de l'état vapeur à l'état liquide)

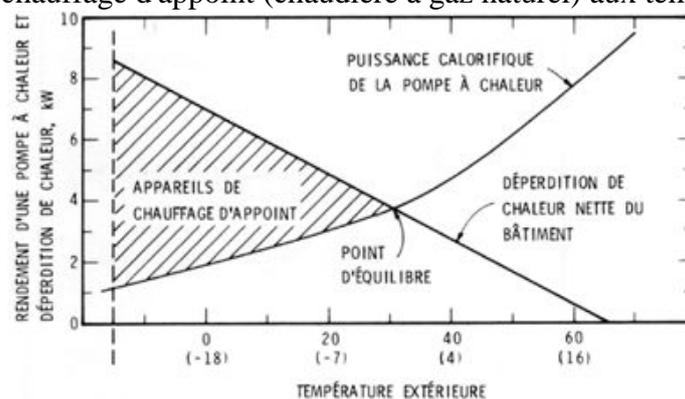
4-5 : sous-refroidissement du FF (état liquide) de qlq degrés (pour améliorer la production frigorifique)

5-6 : détente isenthalpique du FF

6-1 : vaporisation du FF (passage de l'état liquide à l'état vapeur)

1-2 : surchauffe du FF (état vapeur) de qlq degrés (pour protéger le compresseur)

Le COP de la PAC diminue considérablement lorsque la température de l'air extérieur chute au dessous de zéro, d'où la nécessité d'un chauffage d'appoint (chaudière à gaz naturel) aux températures extrêmes en hiver



Système à débit de réfrigérant variable (DRV ou VRV : Variable Refrigerant Volume)

Le système DRV est un système de climatisation à détente directe inventé par Daikin (Japon, vers 1980)

Le système DRV est capable d'ajuster en continu le débit du fluide frigorigène en fonction des charges thermiques du local grâce à un détendeur électronique implanté dans chaque unité intérieure. C'est aussi un système qui permet aussi d'obtenir une efficacité énergétique optimale grâce à l'utilisation de compresseur à vitesse variable monté dans l'unité extérieure et une régulation numérique intelligente.

Le VRV® III-S offre la possibilité de raccorder jusqu'à 9 unités intérieures à une seule unité extérieure (source Daikin, catalogue 2010).

Solution Daikin : VRV® III réversible, un max de 1000m de longueur totale cumulée (liaisons frigorifiques) (longueur réelle + longueur équivalente) pour un max de 90m de dénivelé possible (source Daikin, catalogue 2010).

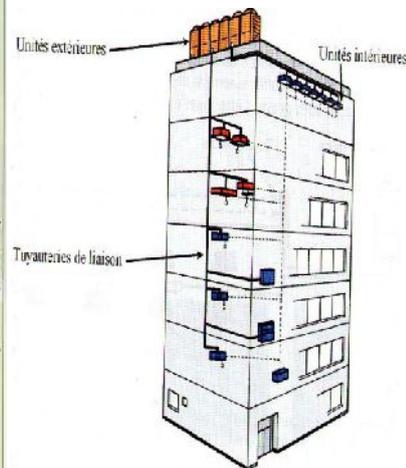
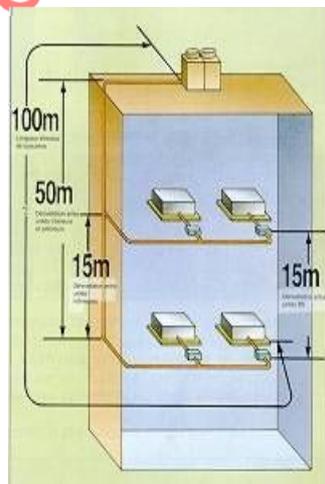
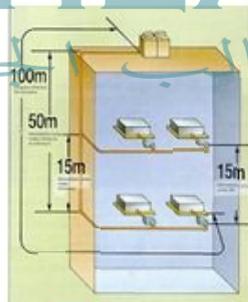
Solution Samsung : DVM S, un max de 220m de longueur de tuyauterie équivalentes (liaisons frigorifiques) jusqu'à l'unité intérieure la plus éloignée avec une longueur totale cumulée de 1000m et un max de 110m de dénivelé possible (catalogue DVMS 2013).

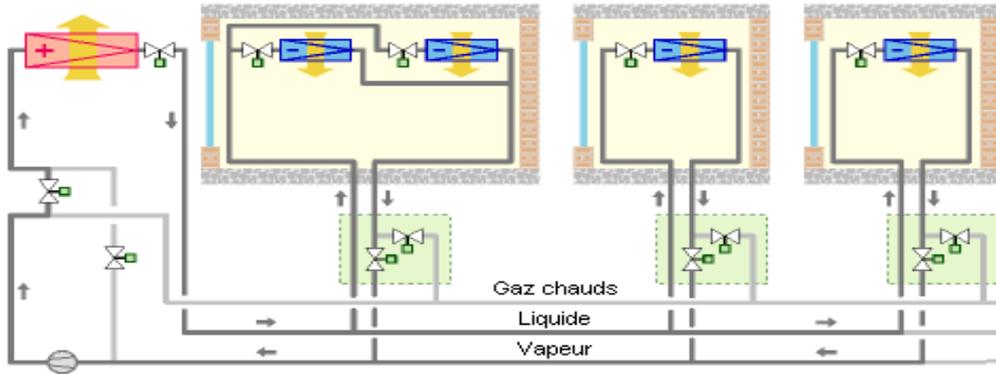
Applications : centres commerciaux, immeubles de bureaux, Hôtels, Hôpitaux, etc.



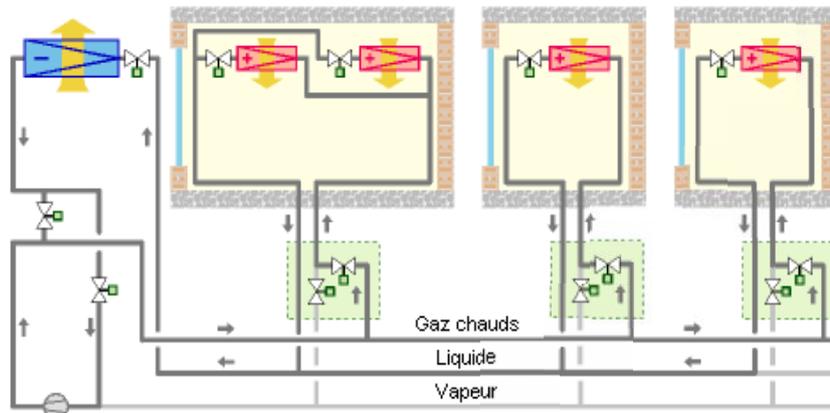
SAHLA MAHLA

المصطفى للطاقات الجزائرية

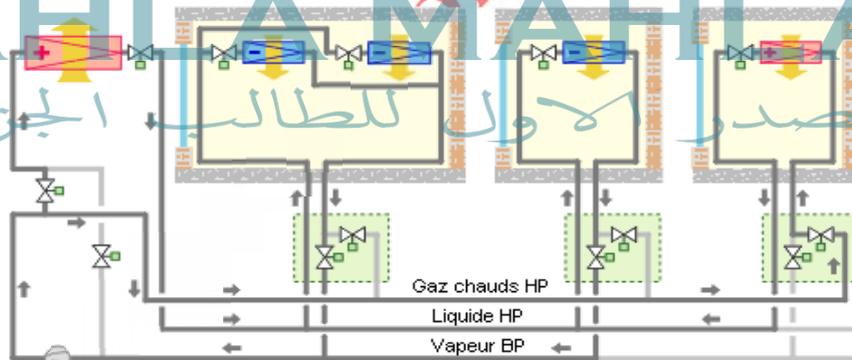




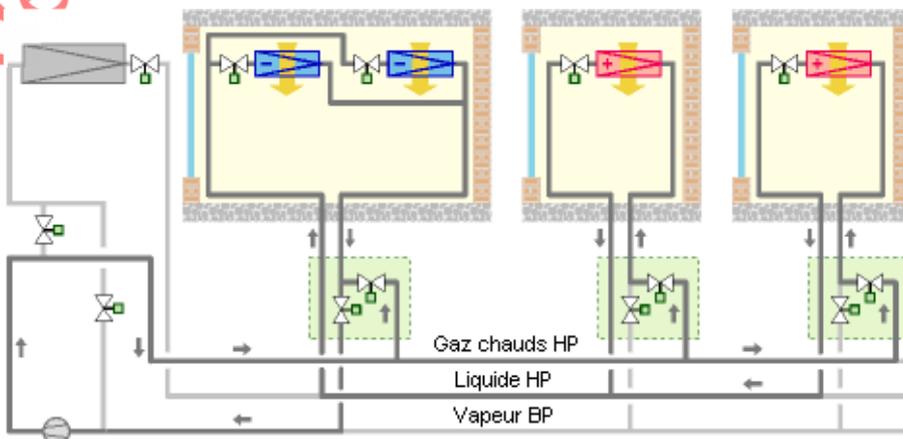
Fonctionnement en "froid seul".



Fonctionnement en "Chaud seul".



Fonctionnement en "froid majoritaire".



Fonctionnement en "équilibré".

Climatisation au gaz naturel (Machine frigorifique à absorption)

La machine frigorifique à absorption a vu le jour (au milieu du 19^{ème} siècle, Ferdinand Carré) avant la M.F à compression de vapeur (apparue au début du 20^{ème} Siècle).

La machine frigorifique à absorption fonctionne grâce à la propriété qu'ont certains gaz à se dissoudre facilement dans des liquides. Toute machine à absorption fonctionne alors avec un mélange binaire comme fluides de travail dont l'un est plus volatil (réfrigérant) que l'autre (absorbant ou solvant). Les mélanges rencontrés dans le commerce sont :

- Eau (réfrigérant) / solution de Bromure de Lithium (LiBr) (absorbant) ou solution de chlorure de Lithium (LiCl)
- Ammoniac (réfrigérant) / Eau (absorbant)

Le compresseur est remplacé par un système composé d'un absorbeur, d'un bouilleur (générateur) et d'une pompe de solution.

La M.F à absorption consomme une faible énergie électrique (celle de la pompe) par rapport à la MF à compression de vapeur (pomper un liquide consomme moins d'énergie électrique que comprimer un gaz pour une BP et une HP données). La M.F à absorption étant une machine thermique, elle a besoin de chaleur pour fonctionner :

- Chauffage direct : brûleur fonctionnant au gaz naturel.
- Chauffage indirect : eau chaude (solaire thermique, récupération de la chaleur des gaz d'échappement : industrie, Turbine à Gaz...)

Ce type de technologie est constamment en développement (Japon, USA, Chine : leaders mondiaux)

