

# CHAPITRE 5

## CHAUFFAGE, VENTILATION & CLIMATISATION (CVC)

KHALIL BIZANI, ING., PMP®

K.BIZANI@GMAIL.COM

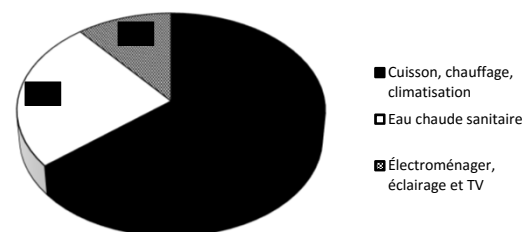
ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

### 1 – INTRODUCTION

Les systèmes de CVC représentent une part importante de la consommation électrique des bâtiments résidentiels et tertiaires.

Une étude récente réalisée par l'ADEREE sur la caractérisation du marché marocain des systèmes CVC, a estimé l'énergie utilisée pour le chauffage, la climatisation et la cuisson à 64% de l'énergie totale consommée dans les logements.

Répartition de l'énergie utilisée dans les logements



ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

2

## 1 – INTRODUCTION (SUITE)

Cette consommation augmente de façon continue en raison du développement économique accéléré qu'a connu le Maroc durant les dernières années, caractérisé par une forte progression du secteur tertiaire et une amélioration du revenu des ménages.

Cet essor s'est traduit par une augmentation notable du besoin de confort, matérialisé notamment par l'acquisition d'équipements de CVC, aussi bien par le secteur tertiaire que par le secteur résidentiel. En mai 2010, ce marché a affiché une croissance à 12% en quantité et 8% en valeur par rapport à l'année précédente.

ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

## 1 – INTRODUCTION (SUITE)

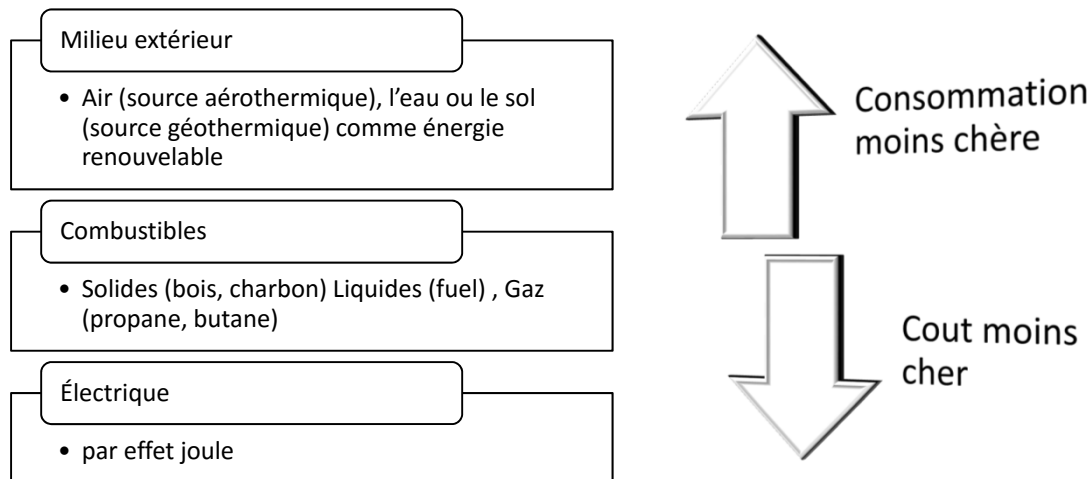
**Objectif :** Les installations de CVC sont destinées à contrôler la température, la qualité d'air et parfois l'humidité pour apporter un environnement intérieur adapté à l'activité des occupants.

Les fonctions assurées sont :

- le chauffage ;
- le refroidissement ;
- la ventilation mécanique contrôlée (VMC) ;
- Éventuellement, la déshumidification ou l'humidification.

ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

## 2 – SOURCES DE LA CHALEUR ET DU FROID



ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

5

## 3 – TYPES DE SYSTÈMES CVC

Systèmes Collectifs ou centralisés

Systèmes Individuels

Systèmes de ventilation

Ventilation Naturelle et Hybride

Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux

Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) double flux

VMC couplé à un Système de Traitement d'Air

ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

### 3 – 1 – SYSTÈMES CENTRALISÉS

Les installations CVC sont généralement conçues en systèmes qui assurent une, deux, trois ou quatre fonctions.

Le degré de complexité peut varier considérablement d'une installation à l'autre en fonction des besoins spécifiques du projet et des types d'équipements retenus.

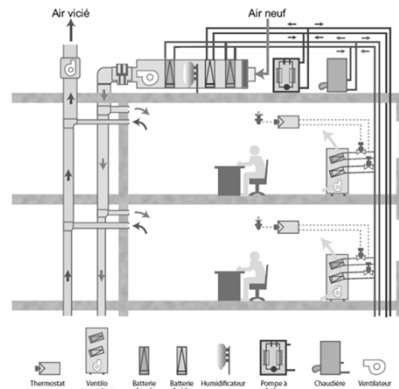


Schéma général d'un système CVC centralisé

### 3 – 1 – SYSTÈMES CENTRALISÉS (SUITE)

Éléments de base d'un système CVC :

- **Composants de production de calories ou frigories** : Chaudières, PAC, GEG, ...
- **Composants de distribution** : pompes de circulation, tuyauterie (réseau hydraulique), CTA, conduits d'air (réseau aéraulique), échangeurs, ...
- **Composants d'émission** : ventilo-convecteurs, radiateurs, bouches, grilles et diffuseurs d'air, ...

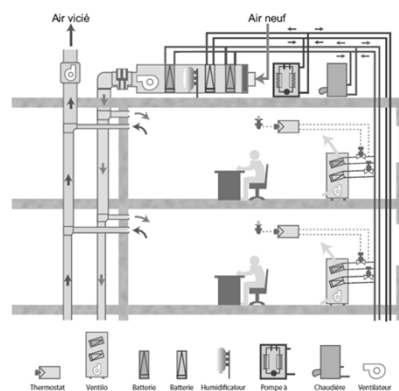


Schéma général d'un système CVC centralisé

## 3 – 1 – SYSTÈMES CENTRALISÉS (SUITE)

### Avantages :

Facilité d'entretien  
Moins de nuisances sonores  
Choix rationnel des sources d'énergies  
Possibilité d'assurer un service quasi ininterrompu  
Économie sur les puissances calorifiques et frigorifiques installées

### Inconvénients :

Consommation d'énergie plus importante : présence d'accessoires auxiliaires  
Plus de locaux techniques  
Système de régulation plus complexe

## 3 – 1 – SYSTÈMES CENTRALISÉS (SUITE)

### Types de systèmes centralisés dans le bâtiment :

Système à air  
Système à eau (réseau hydraulique (RH) d'eau chaude (EC) et/ou eau glacée (EG))  
Système à débit de réfrigérant variable (DRV) « multi-zones »

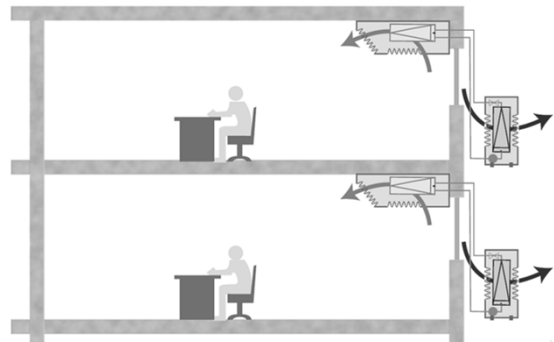
### Types de réseaux hydrauliques en systèmes eau et DRV :

Monotube (les émetteurs montés en série avec les sources)  
Monotube à dérivations (une seule boucle du (RH) avec dérivation en chaque émetteur)  
Bitube (1 boucle avec 2 branches de RH : une pour l'arrivée EC/EG et l'autre pour le départ EC/EG)  
Quatre tube (2 réseaux bitubes : un pour le chauffage et l'autre pour la climatisation)

## 3 – 2 – SYSTÈMES INDIVIDUELS

Ces systèmes se caractérisent par la présence des différentes fonctions dans un même équipement qui assure à la fois la production, la distribution et l'émission des calories. Exemples :

- Chaudière (à combustible) avec radiateur ou plancher chauffant ;
- Radiateur ou plancher chauffant électrique ;
- Unité autonome de climatisation ou climatiseur individuel ;



Climatisation individuelle

## 3 – 2 – SYSTÈMES INDIVIDUELS (SUITE)

### Avantages

Consommation d'énergie moindre : Absence d'équipements auxiliaires

Moins de locaux techniques

Régulation moins complexe

### Inconvénients

Éparpillement des équipements :

Complexité d'entretien ;

Multiplication de sources de nuisance sonore ;

Puissances calorifiques et frigorifiques installées plus importantes

### 3 – 3 – SYSTÈMES DE VENTILATION

Ces systèmes permettent de renouveler l'air des locaux.

Ce renouvellement d'air permet de maintenir une certaine qualité de l'air en introduisant une quantité d'air extérieur suffisante pour diluer les polluants générés à l'intérieur de façon à maintenir leurs taux à un niveau acceptable. La ventilation doit être assurée avec de l'air pris à l'extérieur, hors des sources de pollution : cet air est désigné sous le terme « d'air neuf ».

Le paragraphe de renouvellement d'air du chapitre relatif à la thermique du bâtiment présente les différents taux d'introduction d'air neuf à assurer.

#### 3 – 3 – 1 – VENTILATION NATURELLE

##### Principe

Pour renouveler l'air du logement, la ventilation naturelle par conduit exploite le tirage thermique ou encore le vent.

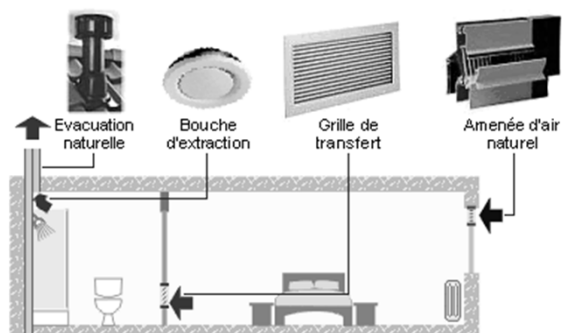
On parle de ventilation hybride ou de ventilation naturelle hybride lorsqu'une assistance mécanique y est associée.

**Insufflation** : grilles réglables dans les fenêtres et murs

**Transfert** : fentes sous portes ou grilles dans portes et murs

**Extraction** : grilles réglables ou départ de conduits verticaux

##### Schéma du principe



### 3 – 3 – 1 – VENTILATION NATURELLE (SUITE)

#### Avantages

coût peu élevé  
aucune consommation électrique  
peu d'entretien  
réglage grille par grille

#### Inconvénients

pas de contrôle des débits  
réglage manuel et grille par grille (en cas de non régulation)  
pas de filtration de l'air entrant  
bruits extérieurs

### 3 – 3 – 2 – VMC SIMPLE FLUX (SF)

#### Principes

##### VMC SF à alimentation mécanique (ou insufflation)

**Insufflation** : un ventilateur envoie l'air dans les pièces via des conduits

**Transfert** : fentes sous portes ou grilles dans portes et murs

**Extraction** : grilles réglables ou départ de conduits verticaux

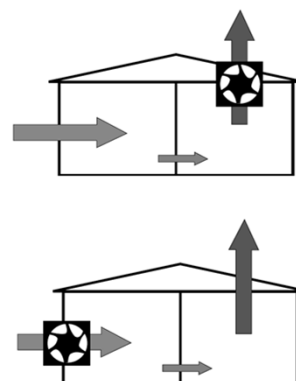
##### VMC SF à extraction mécanique (ou extraction)

**Insufflation** : grilles réglables dans fenêtres ou murs

**Transfert** : fentes sous portes ou grille dans portes ou murs

**Extraction** : un ventilateur extrait l'air des pièces humides via des conduits

#### Schémas des principes





## 3 – 3 – 2 – VMC SIMPLE FLUX (SF) (SUITE)

### Avantages

#### VMC SF à alimentation mécanique (ou insufflation)

- Bonne distribution de l'air neuf et contrôle du débit d'air neuf
- Diminution des risques de refoulement et d'infiltration
- Filtration de l'air neuf (de manière globale)

#### VMC SF à extraction mécanique (ou extraction)

- l'évacuation par des conduits verticaux n'est plus obligatoire
- contrôle du débit d'air extrait
- diminue les risques de problèmes d'humidité dans les murs et dans les toitures

### Inconvénients

#### Les deux types de la VMC SF consomme l'électricité et nécessitent un entretien régulier

#### VMC SF à alimentation mécanique (ou insufflation)

- favorise la pénétration de l'air humide intérieur dans les parois (bâtiment en surpression)
- l'étanchéité à l'air du bâtiment doit être élevée
- pas de contrôle des débits extraits

#### VMC SF à extraction mécanique (ou extraction)

- pas de contrôle de débits d'air amenés
- pas de filtration de l'air entrant
- bruits extérieurs

## 3 – 3 – 3 – VMC DOUBLE FLUX (DF)

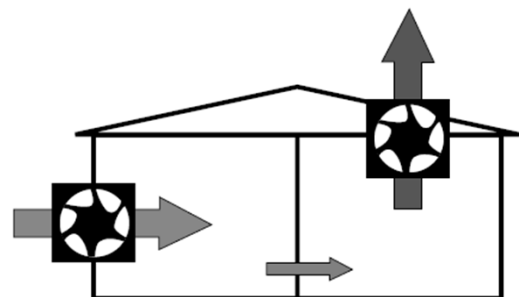
### Principe

**insufflation** : un ventilateur envoie l'air dans les pièces via des conduits

**transfert** : fentes sous portes ou grilles dans portes ou murs

**extraction** : un ventilateur extrait l'air des pièces humides via des conduits

### Schéma du principe



## 3 – 3 – 3 – VMC DOUBLE FLUX (DF) (SUITE)

### Avantages

système très maîtrisable quelles que soient les conditions climatiques

très bonne distribution de l'air

possibilité de commande automatique

possibilité de récupération de chaleur sur l'air extrait pour préchauffer l'air neuf

pas de transmission des bruits extérieurs

filtration de l'air (de manière globale)

Possibilité de récupération de la chaleur ou du froid à partir de l'air vicié avant son rejet vers l'extérieur

### Inconvénients

consommation électrique

entretien régulier

coût élevé

encombrement des gaines et du groupe

bruits de fonctionnement de l'installation.

## 3 – 3 – 4 – VMC AVEC SYSTÈME DE TRAITEMENT D'AIR

### Principe

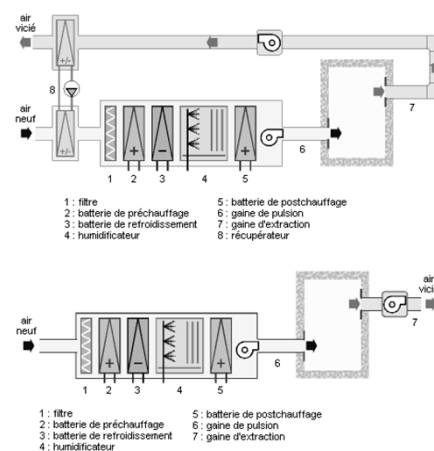
Dans les locaux équipés de Centrale de Traitement d'Air (CTA), la ventilation mécanique des locaux est assurée par cette installation.

Les cas suivants peuvent se présenter :

**la CTA dite « double flux »**, munie éventuellement d'un économiseur, assure l'introduction d'air neuf (AN) et l'extraction d'air vicié (AV)

**la CTA dite « simple flux »** assure l'introduction d'AN et des ventilateurs indépendants assurent l'extraction d'AV

### Schéma du principe



## 4 – TYPES D'ÉQUIPEMENTS DE CVC

### 4-1 Chaudière

### 4-2 Émetteurs

### 4-3 Pompe à chaleur (PAC) :

#### 4-3-1 unité air/air (à détente directe)

##### 4-3-1-2 Unité individuelle de climatisation

##### 4-3-1-3 Unité autonome de climatisation

#### 4-3-2 unité air/eau

##### 4-3-2-1 groupe d'eau glacée (GEG)

##### 4-3-2-2 PAC air/eau réversible

### 4-4 Ventilation & Traitement d'Air :

#### 4-4-1 Ventilateurs

#### 4-4-2 Centrale de Traitement d'Air

### 4-5 Réseau hydraulique

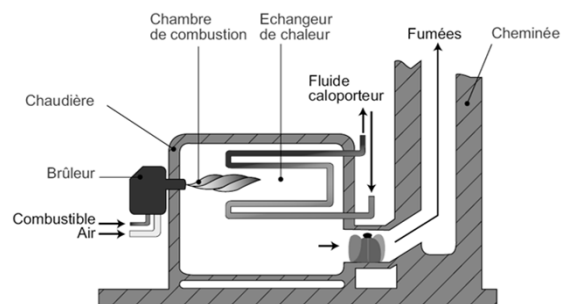
### 4-6 Réseau aéraulique

### 4-7 Régulation

## 4-1 CHAUDIÈRE

Les chaudières sont des appareils qui convertissent des combustibles en chaleur pour chauffer un fluide caloporteur : eau, air, huile.

Les chaudières sont généralement installées dans un local dédié (chaufferie) sur un socle reposant sur le sol. Toutefois, et pour de faibles puissances calorifiques ne dépassant pas 30 kW, il existe des chaudières dites murales pouvant être installées dans des enceintes proprement ventilées ou espaces abrités à l'extérieur du bâtiment.



## 4-1 CHAUDIÈRE (SUITE)

Les chaudières sont disponibles en version simple (chauffage uniquement) et en version mixte (chauffage + production d'eau chaude sanitaire). Elles sont en outre équipées d'une pompe de circulation permettant de véhiculer l'eau chaude vers les divers terminaux de chauffage.

La performance énergétique d'une chaudière est exprimée par son rendement calorifique  $\eta$  :

$$\eta = \frac{\dot{m} C_p (T_s - T_e)}{Q_{fuel} PCI}$$

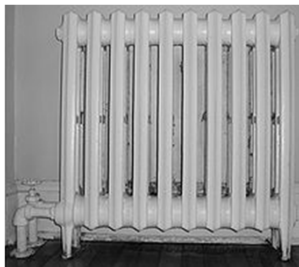
$\dot{m}$ : débit massique de l'eau chauffée [kg/h]  
 $C_p$ : capacité calorifique de l'eau chauffée [kJ/°C·kg]  
 $T_e$ : température d'entrée de l'eau chauffée [°C]  
 $T_s$ : température de sortie de l'eau chauffée [°C]  
 $Q_{fuel}$ : débit massique du fuel [kg/h]  
 $PCI$ : pouvoir calorifique inférieur [kJ/kg]

		PCI [MJ/ kg]	PCS [MJ/ kg]
Combustible liquide	Fuel domestique	42,7	46,0
	Fuel lourd No.2	40,6	43,1
Gaz de pétrole	Propane	46,2	50,0
	Butane	45,7	49,4
Gaz naturel	Lacq	48,3	54,7
	Groningue	38,2	42,4

## 4-2 ÉMETTEURS

### radiateur

Il permet d'échanger la chaleur entre la boucle d'eau chaude et le local par convection et rayonnement.



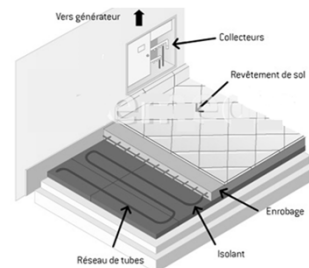
### Ventilo-convecteur

Composé de batteries d'échange, de ventilateurs de brassage et de résistances d'appoint.



### Plancher chauffant

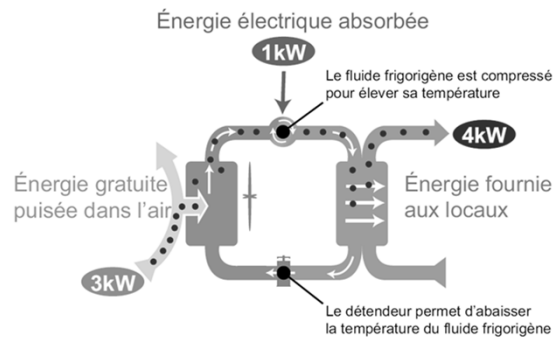
Fonctionnant en basse température et permettant une meilleure répartition de la température



## 4-3 POMPE À CHALEUR (PAC)

Machine thermique permettant d'utiliser de l'énergie pour « pomper » de la chaleur à basse température d'une "source froide" et de la restituer à une température plus élevée.

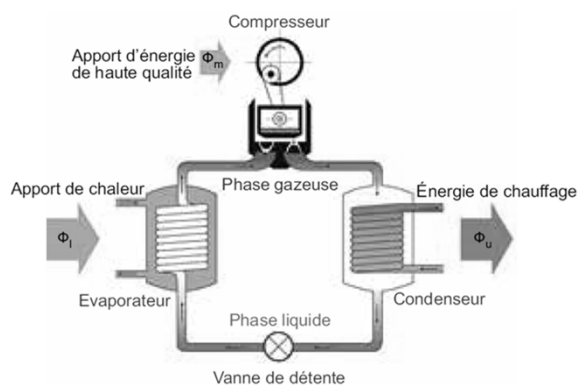
Elle utilise soit de l'énergie mécanique (pompes à compresseur) ou thermique (pompes à absorption)



Transfert d'énergie d'une PAC en mode chauffage

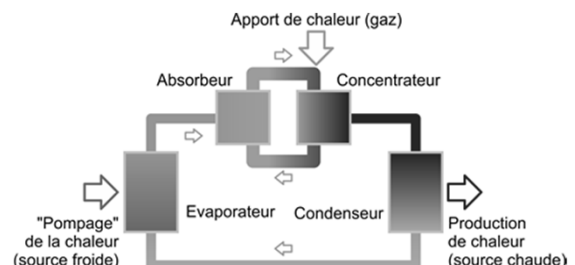
## 4-3 PAC (SUITE)

### Pompe à compresseur



### Pompe à absorption

Le fluide frigorigène est l'eau mélangé à l'ammoniac avec un concentrateur et absorbeur au lieu d'un compresseur



## 4-3-2 UNITÉ AIR/AIR (À DÉTENTE DIRECTE)

### Unité individuelle de climatisation

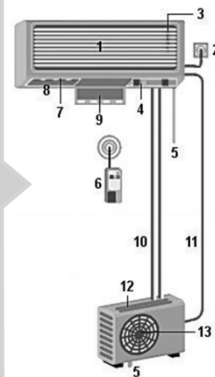
Les **unités air/air** puise de l'énergie depuis l'air vers l'air

Les Unités individuelles de climatisation sont disponibles en versions Froid seul ou froid/chaud. Ils sont de types:

- monobloc ;
- split système (bi-bloc) ;
- multi-split.

### Exemple : split système

- 1 : reprise d'air partie haute
- 2 : alimentation électrique
- 3 : sonde de température de reprise d'air
- 4 : commande d'unité intérieure
- 5 : évacuation des condensats
- 6 : télécommande
- 7 : volet réglable
- 8 : air soufflé dans le local
- 9 : filtre à air
- 10 : liaison du fluide frigorigène
- 11 : raccordement électrique
- 12 : air repris à l'extérieur
- 13 : air soufflé à l'extérieur



## 4-3-2 UNITÉ AIR/AIR (À DÉTENTE DIRECTE)

### Unité autonome de climatisation

Disponible en versions Froid seul ou froid/chaud. Ils offrent des puissances plus importantes que les unités individuelles. Ils sont de types :

- monobloc (roof-top) pour la climatisation de grands espaces
- armoire de climatisation (pour une climatisation de précision)

### Exemple : roof-top



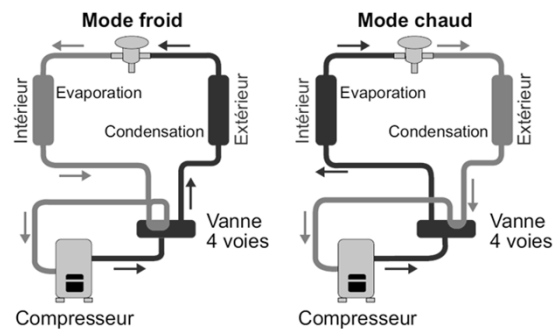
## 4-3-2 UNITÉ AIR/EAU

### Groupes de production d'eau glacée

Les **unités air/eau** puise de l'énergie de **l'air vers l'eau ou l'inverse**. Elles sont soit de type GEG soit PAC.

Dans les Groupes de production d'eau glacée (GEG), l'eau est distribuée dans le bâtiment par un circuit hydraulique vers des équipements équipés d'échangeurs eau/air et d'un dispositif de soufflage (ventilo-convecteurs) pour la production du **froid** dans les locaux. Il sont particulièrement utilisé pour le refroidissement de locaux techniques.

### PAC réversibles sur boucle d'eau



## 4-3 PAC (SUITE)

Les performances énergétiques minimales des installations de climatisations sont données :

- ➔ en mode refroidissement par l'Efficacité Énergétique (EER: Energy Efficiency Ratio)  
Le niveau d'efficacité énergétique (EER) est calculé comme suit :

$$EER = \frac{\text{Puissance totale de refroidissement}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

- ➔ en mode chauffage par le coefficient de performance (COP: Coefficient of Performance).  
Le coefficient de performance (COP) est calculé comme suit :

$$COP = \frac{\text{Puissance calorifique}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

Puissance totale de refroidissement	Quantité de chaleur extraite dans l'air par le climatiseur dans un intervalle défini de temps.
Puissance calorifique	Énergie calorifique fournie à l'air par l'inversion du cycle frigorifique durant un intervalle défini de temps.
Puissance électrique absorbée	Puissance électrique moyenne absorbée et composée de : <ul style="list-style-type: none"> <li>la puissance absorbée par le fonctionnement du compresseur ainsi que pendant le dégivrage ;</li> <li>la puissance absorbée par tous les organes de contrôle et de sécurité de l'appareil ;</li> <li>la puissance proportionnelle absorbée par les auxiliaires tels que pompes ou ventilateurs nécessaires pour assurer le transfert du médium de refroidissement à l'intérieur de l'appareil.</li> </ul>

## 4-3 PAC (SUITE)

Les performances énergétiques minimales pour les puissance inférieure à 20kW, fonctionnant exclusivement à l'énergie électrique :

Catégorie	Mode de fonctionnement	Climatiseurs split et multi-Split	Climatiseurs monoblocs
Climatiseurs à condensation par air	Refroidissement	EER > 2,8	EER > 2,6
	Chauffage	COP > 3,2	COP > 3,0
Climatiseurs à condensation par eau	Refroidissement	EER > 3,1	EER > 3,8
	Chauffage	COP > 3,2	COP > 3,0

ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

## 4-4-1 VENTILATEURS

### Ventilateurs centrifuges

l'air rentre dans la roue dans une direction axiale et en sort dans une direction parallèle à un plan radial. Le plus utilisés en CVC en particulier dans les conduits d'air.



ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

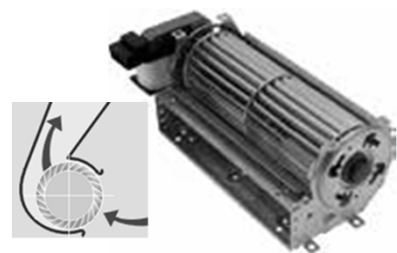
### Ventilateurs hélicoïdes

l'air rentre dans la roue et en sort le long de surfaces cylindriques coaxiales au ventilateur. Utilisés en parois ou donnant directement sur l'extérieur



### Ventilateurs tangentiels

l'air dans la roue est normale à l'axe, aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la roue. Utilisés pour éviter l'encombrement.





## 4-4-1 VENTILATEURS (SUITE)

Extracteur tourelle en terrasse



Extracteur caisson en terrasse



## 4-4-2 CTA

Une centrale de traitement d'air est un équipement technique dit « tout air » à débit constant ou variable et qui peut assurer une fonction ou plusieurs fonctions de CVC.

Une CTA est soit de type monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les uns aux autres, suivant la configuration, modules ventilation, module batteries d'échange, module filtres, etc..



## 4-5 RÉSEAU HYDRAULIQUE

Tout réseau de tuyauteries équipant une installation de CVC dont la température du fluide transporté est inférieure à 18°C ou supérieure à 40°C doit être isolé thermiquement. Les épaisseurs minimales d'isolation (mm) sont indiquées dans le Tableau :

Intervalle de température (°C)	Diamètre des tuyauteries [mm] [pouce]				
	< 25,4	> 25,4 (1") < 50,8 (2")	> 50,8 (2") < 101,6 (4")	> 101,6 (4") < 152,4 (6")	> 152,4 (6")
Tuyauteries de chauffage					
> 40°C	25,4 (1")	25,4 (1")	38,1 (1 1/2")	38,1 (1 1/2")	38,1 (1 1/2")
Tuyauteries de froid (eau glacée, saumure, réfrigérants, condensats)					
4-18°C	12,7 (1/2")	19,1 (3/4")	25,4 (1")	25,4 (1")	25,4 (1")
< 4°C	25,4 (1")	38,1 (1 1/2")	38,1 (1 1/2")	38,1 (1 1/2")	38,1 (1 1/2")

ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

## 4-6 RÉSEAU AÉRAULIQUE

Réalisé en plusieurs matériaux dont la tôle acier galvanisé ou bien le plâtre dans le cas de gaines coupe feu.

Les conduits d'air conditionné (soufflage d'air chauffé ou refroidi) doivent être isolés thermiquement :

Différence absolue entre la température de calcul dans la gaine et la température de l'air ambiant [°C]	Épaisseur minimale [mm]	
	Polystyrène♦	Laine de verre♦♦
0 - 4	pas d'exigence	pas d'exigence
4 - 15	15	20
15 - 30	25	30
Au-dessus de 30	40	46

\* ou matériau équivalent de conductivité thermique  $\lambda = 0,036 \text{ W/m. K}$

\*\* ou matériau équivalent de conductivité thermique  $\lambda = 0,042 \text{ W/m. K}$

ISTP Marrakech | EQPTS TECH. | CHAP 5 : CVC

36

## 4-7 RÉGULATION

La régulation est un dispositif permettant de maintenir une grandeur physique ( température, hygrométrie, pression) à une valeur appelée **point de consigne** alors que l'environnement varie, perturbations, apports divers...

La régulation compare la consigne à la mesure par des détecteurs (sondes, capteurs) et agit sur des actionneurs (vannes, ventilateurs, volets, ...) afin de diminuer cet écart.

Cette régulation peut être de type « tout ou rien » ou bien proportionnelle (P/PI/PID)