

**OFPPT**

ROYAUME DU MAROC

---

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du  
Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

---

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°19 : PROCÉDES DE CLIMATISATION**

**SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE**

**SPECIALITE : GENIE CLIMATIQUE**

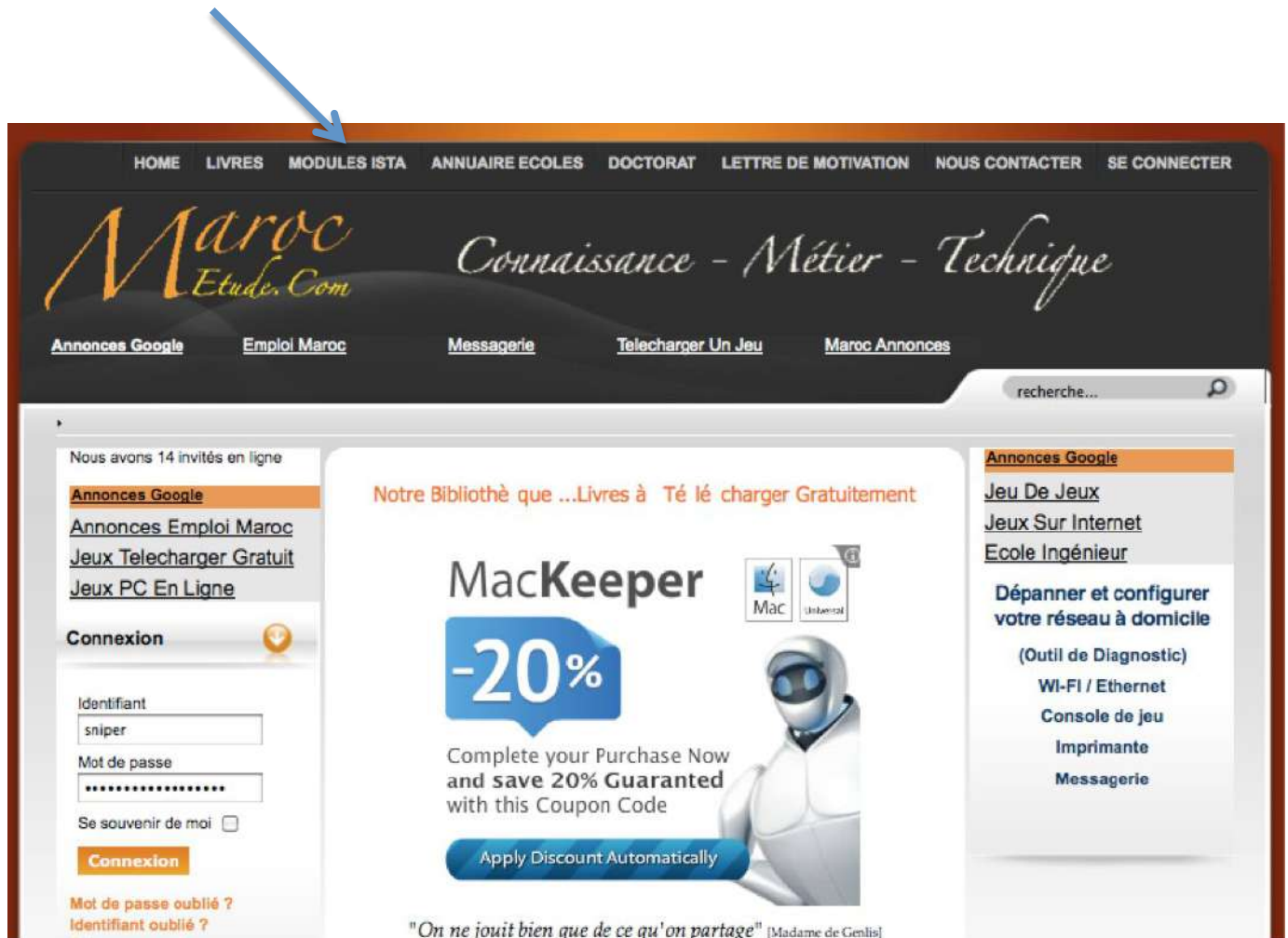
**NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : **[www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)**

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the homepage of the website **Maroc Etude.Com**. The top navigation bar includes links: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA** (highlighted with a blue arrow), ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. The website's logo is **Maroc Etude.Com** with the tagline *Connaissance - Métier - Technique*. Below the navigation bar are links for [Annonces Google](#), [Emploi Maroc](#), [Messagerie](#), [Telecharger Un Jeu](#), and [Maroc Annonces](#). A search bar is located on the right. The main content area features a large advertisement for **MacKeeper** with a **-20%** discount. The left sidebar contains a login section with fields for 'Identifiant' (containing 'sniper') and 'Mot de passe', a 'Connexion' button, and links for 'Mot de passe oublié ?' and 'Identifiant oublié ?'. The right sidebar lists various services under 'Annonces Google', including 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', and a section for 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile' with sub-links for '(Outil de Diagnostic)', 'Wi-Fi / Ethernet', 'Console de jeu', 'Imprimante', and 'Messagerie'.

## **Remerciements**

*La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce module de formation.*

### **Pour la supervision :**

**GHRAIRI RACHID :** Directeur du CDC Génie Electrique Froid et Génie Thermique

**BOUJNANE MOHAMED :** Chef de pôle C D C Froid et Génie Thermique

**BENJELLOUN ILHAM :** Formatrice animatrice au CDC FGT

### **Pour l'élaboration :**

**BOUJNANE. LIOUBOV**

Formatrice à l' ISGTF

DRGC

### **Pour la validation :**

**M. OUDGHIRI OMAR**

: Formateur à l'ISGTF

**M. MALLAK ABDELILAH**

: Formateur à l'ISGTF

*Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.*

**Monsieur Said SLAOUI  
DRIF**

**SOMMAIRE**

|                                                                                                            | <b>Page</b>   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <i>Présentation du module</i>                                                                              | <b>4</b>      |
| <i>Résumé de théorie</i>                                                                                   | <b>8</b>      |
| <i>I. Procédés de climatisation à air total</i>                                                            | <b>10</b>     |
| <i>I.1. Système à un seul conduit à débit d'air constant</i>                                               | <b>10</b>     |
| <i>A. Système composant</i>                                                                                |               |
| <i>B. Système dissocié</i>                                                                                 | <b>14</b>     |
| <i>B1. Système uni zone</i>                                                                                | <b>15</b>     |
| <i>B2. Système uni zone avec réchauffage terminal</i>                                                      | <b>19</b>     |
| <i>B3. Système multi zones</i>                                                                             | <b>21</b>     |
| <i>B4. Système à un seul conduit et à débit variable</i>                                                   | <b>21</b>     |
| <i>B5. Système à deux conduits</i>                                                                         | <b>23</b>     |
| <i>II. Procédés de climatisation à eau pulsée</i>                                                          | <b>24</b>     |
| <i>II.1. Principe des systèmes à ventilo-convecteurs</i>                                                   | <b>24</b>     |
| <i>II.2. Description d'un ventilo-convecteur</i>                                                           | <b>24</b>     |
| <i>II.3. Réglage de la vitesse de rotation du ventilateur de soufflage</i>                                 | <b>28</b>     |
| <i>II.4. Installation des ventilo-convecteurs</i>                                                          | <b>29</b>     |
| <i>II.5. Classification des systèmes à ventilo-convecteurs</i>                                             | <b>31</b>     |
| <i>II.6. Système de ventilo-convecteurs à deux tuyaux</i>                                                  | <b>31</b>     |
| <i>II.7. Installation à deux tuyaux, et avec groupe frigorifique incorporé à chaque ventilo-convecteur</i> | <b>33</b>     |
| <i>II.8. Systèmes de ventilo-convecteurs à trois tuyaux</i>                                                | <b>36</b>     |
| <i>II.9. Systèmes de ventilo-convecteurs à quatre tuyaux</i>                                               | <b>39</b>     |
| <i>II.10. Choix des ventilo-convecteurs</i>                                                                | <b>42</b>     |
| • <i>Abaque de sélection de l'émission calorifique</i>                                                     | <b>43</b>     |
| • <i>Abaque de sélection de l'émission frigorifique</i>                                                    | <b>43</b>     |
| <i>III. Procédés de climatisation mixte</i>                                                                | <b>48</b>     |
| <i>III.1. Système à éjecto-convecteurs</i>                                                                 | <b>48</b>     |
| <i>III.2. Systèmes à ventilo-convecteurs</i>                                                               | <b>50</b>     |
| <br><b>GUIDE D'EXERCICES PRATIQUES</b>                                                                     | <br><b>54</b> |
| <i>I -TP1. Principe de climatisation à air total</i>                                                       | <b>55</b>     |
| <i>II-TP2 :Procédés de climatisation à eau pulsée</i>                                                      | <b>56</b>     |
| <i>III-TP3 :Procédés de climatisation mixte</i>                                                            | <b>57</b>     |
| <br><b>BIBLIOGRAPHIE</b>                                                                                   | <br><b>58</b> |

## **PRESENTATION DU MODULE**

Le présent module s'inscrit parmi les modules qualifiants constituant le programme des formations de :

- Technicien spécialisé en Génie Climatique
- Technicien de Maintenance en Génie Climatique

Ce module qualifiant permet aux stagiaires la maîtrise de procédés de Climatisation et porte sur un objectif professionnel qualifiant et correspondant à une fonction exercée dans l'entreprise.

Il est ainsi adapté aux besoins de formation continue (perfectionnement, reconversion....)

Ce document s'adresse au formateur. Il a pour but de l'aider dans son enseignement et de faciliter l'atteinte des objectifs de formation.

Le volume horaire des contenus théoriques est de : 45 heures

Le volume horaire pratique est de : 30 heures.

**Module18 :****PROCEDES DE CLIMATISATION**

*Durée : 75 heures*

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER  
NIVEAU DE COMPORTEMENT****Comportement attendu :**

*Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit : **analyser divers procédés de climatisation** , selon les conditions et les critères qui suivent :*

**Conditions d'évaluation :**

- *A partir d'une mise en situation*
- *A partir d'une analyse de divers procédés de climatisation*
- *Sans aucune documentation technique*

**Critères généraux de performance :**

- *Justesse de l'explication des principes de divers procédés de climatisation et leurs composants*
- *Utilisation appropriée de la terminologie*

| <b><i>Précisions sur le comportement attendu</i></b>                               | <b><i>Critères particuliers de performance</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>A. Décrire les procédés de climatisation à détente directe</i></b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Enumération complète de différents systèmes à détente directe</i></li> <li>- <i>Explication juste des procédés de climatisation à détente directe en tenant compte des facteurs suivants :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Définition exacte des principes de base</i></li> <li>▪ <i>Justesse des paramètres physiques déterminants</i></li> <li>▪ <i>Description correcte des principaux composants et de leur fonction</i></li> </ul> </li> </ul> |
| <b><i>B. Décrire les procédés de climatisation à air total</i></b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Enumération complète de différents systèmes à air total</i></li> <li>- <i>Explication juste des procédés de climatisation en tenant compte des facteurs suivants :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Définition exacte des concepts de base</i></li> <li>• <i>Justesse des paramètres physiques déterminants</i></li> <li>• <i>Description correcte des principaux composants et de leurs fonctions</i></li> </ul> </li> </ul>                        |
| <b><i>C. Décrire les procédés de climatisation à eau pulsée</i></b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Enumération complète des différents systèmes à eau pulsée</i></li> <li>- <i>Explication juste des procédés de climatisation en tenant compte des facteurs suivants :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>+<i>définition exacte des principes de base</i></li> <li>• <i>Justesse des paramètres physiques déterminants</i></li> <li>• <i>Description correcte des principaux composants et de leur fonction</i></li> </ul> </li> </ul>                        |
| <b><i>D. Choisir le meilleur traitement d'air selon la nécessité du client</i></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Enumération complète des différents systèmes mixtes</i></li> <li>- <i>Explication juste des procédés de climatisation mixte en tenant compte des facteurs suivants :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Définition exacte des concepts de base</i></li> <li>• <i>Justesse des paramètres physiques déterminants</i></li> <li>• <i>Description correcte des principaux composants et de leur fonction</i></li> </ul> </li> </ul>                        |

## **OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

*Le stagiaire doit maîtriser le savoir, le savoir-faire, le savoir percevoir et le savoir – être, jugés préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif opérationnel de premier niveau, tels que :*

**Avant d'apprendre à décrire les procédés de climatisation le stagiaire doit (A) :**

- 1. reconnaître les procédés de climatisation à détente directe*
- 2. décrire le principe de fonctionnement de divers procédés de climatisation à détente directe et leurs composants*
- 3. décrire le principe de la régulation d'ensemble des composants*

**Avant d'apprendre à décrire les procédés de climatisation à air total le stagiaire doit (B) :**

- 4. Reconnaître les procédés de climatisation à air total*
- 5. décrire le principe de fonctionnement des divers procédés de climatisation à air total et leur composants*
- 6. décrire le principe de la régulation d'ensemble des composants*

**Avant d'apprendre à décrire les procédés de climatisation à eau pulsée le stagiaire Doit (C) :**

- 7. reconnaître les procédés de climatisation à eau pulsée*
- 8. décrire le principe de fonctionnement de divers procédés de climatisation à eau pulsée et leurs composants*
- 9. décrire le principe de la régulation d'ensemble des composants*

**Avant d'apprendre à décrire les procédés de climatisation mixte le stagiaire doit (D) :**

- 10. reconnaître les procédés de climatisation mixtes*
- 11. décrire le principe de fonctionnement des divers procédés de climatisation mixte et leurs composants*
- 12. décrire le principe de la régulation d'ensemble et des composants*

**Module : PROCÉDES DE CLIMATISATION**

**RESUME THEORIE**

## Présentation :

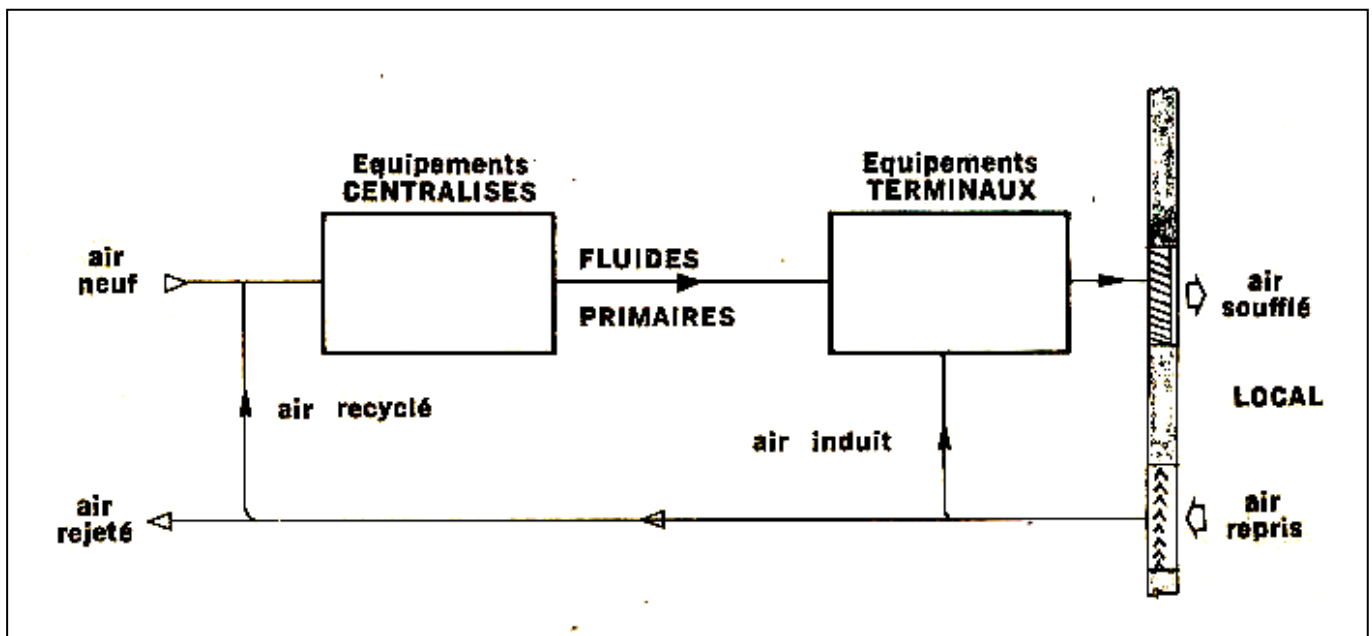
Un système de climatisation est l'ensemble des équipements servant à :

- **Préparer** l'air à distribuer (traitement de la température, de l'humidité... Filtration...)
- **Distribuer** cet air traité dans les locaux.

Ce système comprend le plus souvent :

- des équipements centralisés, préparent les fluides ;
- des équipements terminaux ;
- des équipements d'intermédiaires, tels que les conduits ou les tuyauteries ;
- des équipements de contrôle et de sécurité.

### Schéma représentant les différents équipements d'un système de climatisation



Le classement des systèmes de climatisation se base généralement sur la nature des fluides, soit l'air soit l'eau.

Nous retiendrons 4 procédés principaux :

- ceux n'utilisant que de l'air, appelés « procédés à air total » ;
- ceux n'utilisant que de l'eau, appelés « procédés à eau pulsée » ;
- ceux utilisant à la fois l'air et l'eau, appelés « procédés mixtes » ;
- et enfin les « procédés à détente directe », faisant appel aux fluides frigorigènes

## I – Procédés de climatisation à air total

Le seul fluide utilisé est l'air, qui est refroidi ou (et) réchauffé avant d'être distribué.

Les différents systèmes basés sur ce procédé sont :

- soit à un seul conduit et à débit d'air constant ;
- soit à un seul conduit et à débit d'air variable ;
- soit à « induction » ;
- Soit à deux conduits (aires chaudes et froides), avec diffusion à débit constant et température variable.

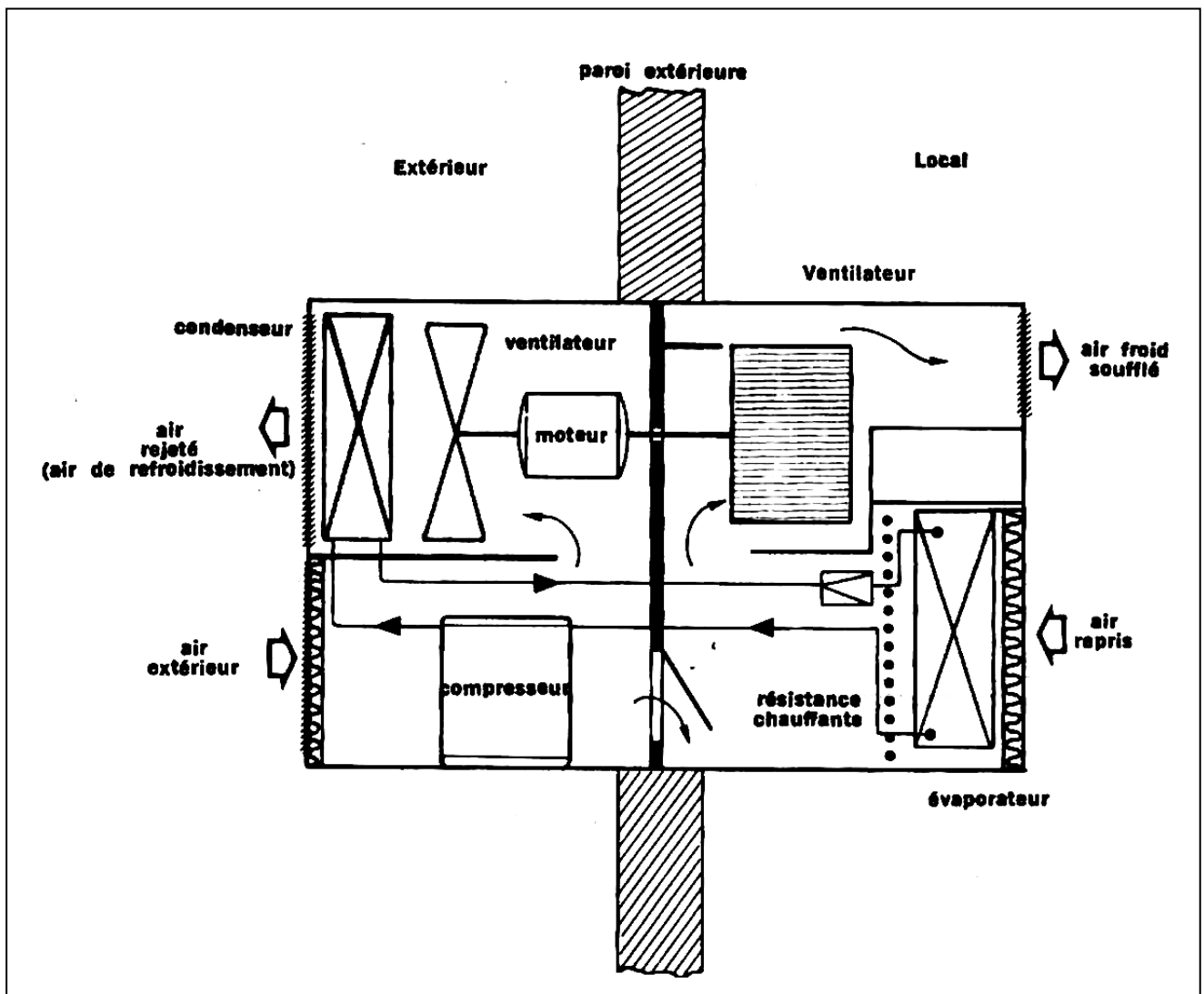
### I.1 - Système à un seul conduit et à débit d'air constant :

Nous trouvons dans cette catégorie, un système compact et des systèmes dissociés :

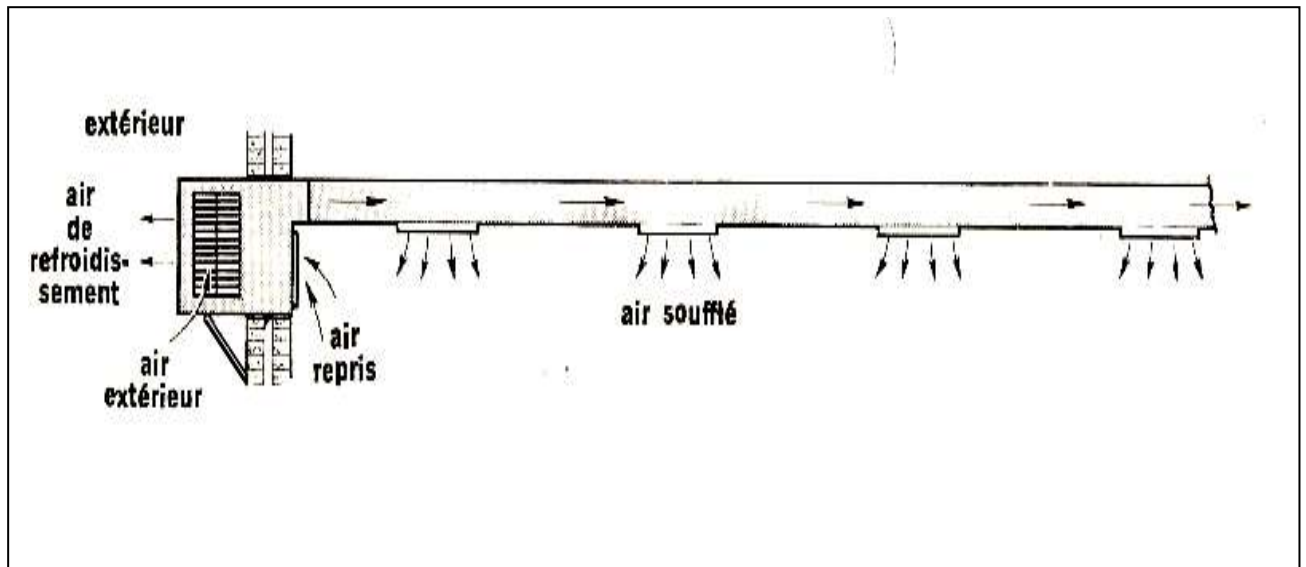
#### A – Système compact :

Tels que les climatiseurs individuels et les armoires de climatisation.

### Schéma de fonctionnement du climatiseur individuel



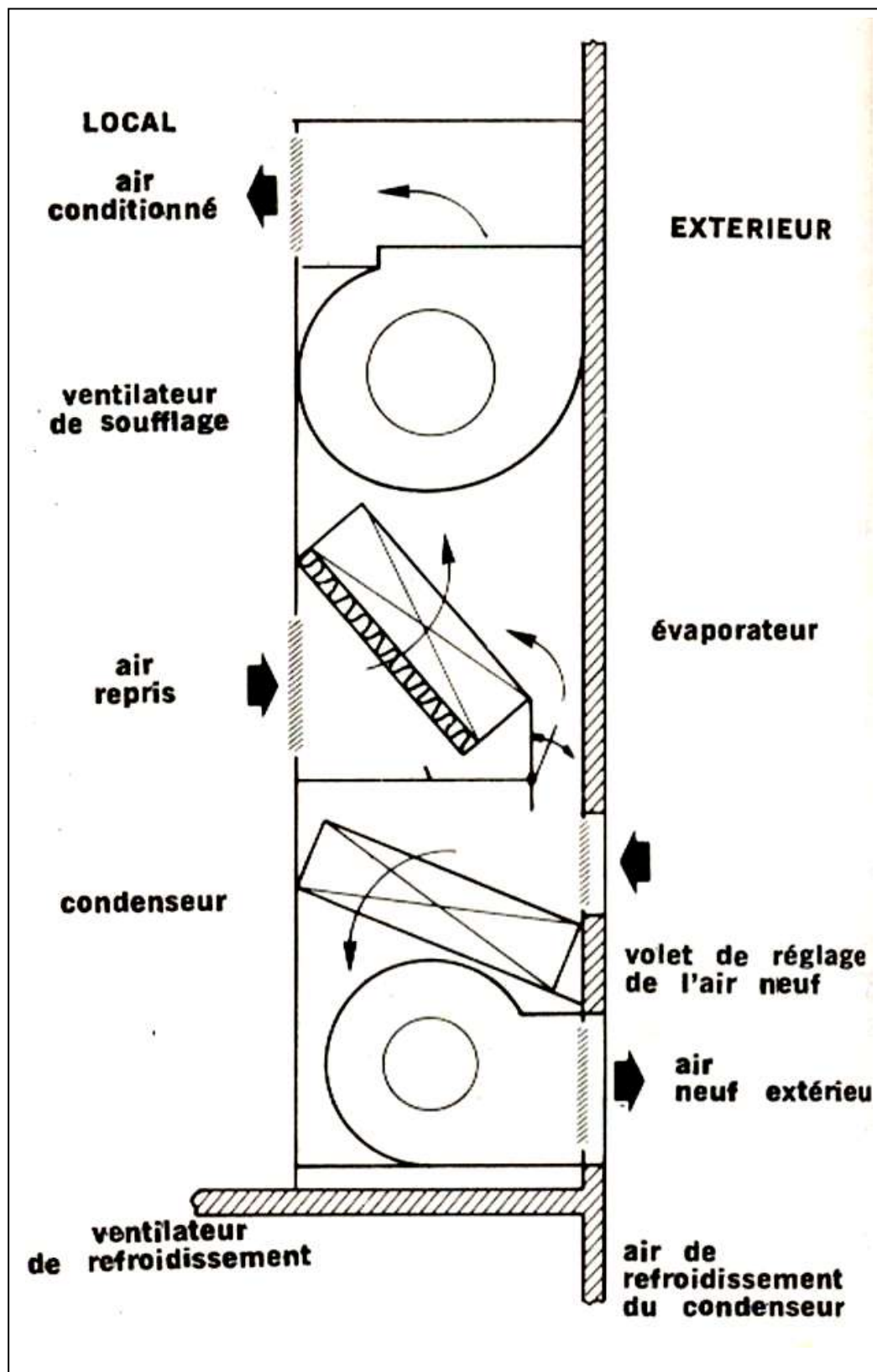
Exemple de rafraîchissement de plusieurs locaux au moyen d'un seul climatiseur :



**Les « armoires de climatisation »** comportent généralement :

- Un ou plusieurs compresseurs hermétiques à pistons, entraînés par un moteur électrique ;
- Un évaporateur, constitué de tubes à ailettes ;
- Un condenseur, refroidi par air ou par eau.

### Schéma d'une armoire de climatisation (Condenseur refroidi par air) :



Ce sont en fait des climatiseurs individuels de grande puissance ; la solution « condenseur refroidi par air » est souvent bruyant, et on préfère souvent, pour cette raison, la condensation par eau (puissance frigorifique de 7 à 120KW.)

Utilisation = magasins, restaurants, salles d'ordinateurs( donc grands locaux ou parfois plusieurs locaux(ensemble de bureaux..)).

Ces « armoires » comprennent, en plus du groupe frigorifique à compression, et de l'évaporateur :

- Des ventilateurs de soufflage ;
- Un ventilateur d'air de refroidissement ;
- Une batterie de chauffage, à eau ou électrique ;
- Un humidificateur, généralement à vapeur ;
- Des filtres démontables, de caractéristiques adaptées aux utilisations ;
- Un habillage métallique
- Des grilles de soufflage et d'aspiration.

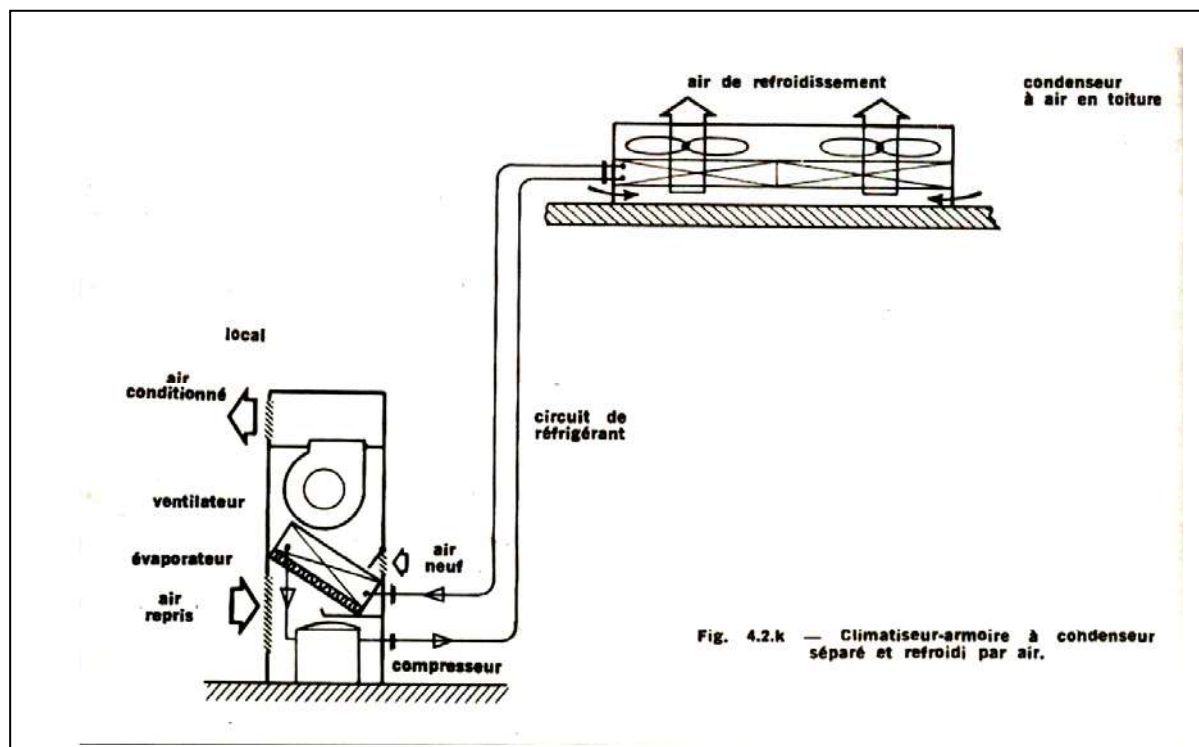
Le débit moyen varie de 1000 à 20 000 m<sup>3</sup> /h.

### **Régulation :**

- Au moyen d'un thermostat incorporé à l'armoire, et placé sur la reprise d'air dans le local. Ce thermostat agit sur la vanne d'entrée de l'évaporateur, donc sur la température de soufflage de l'air frais.

Cela peut être également un thermostat d'ambiance

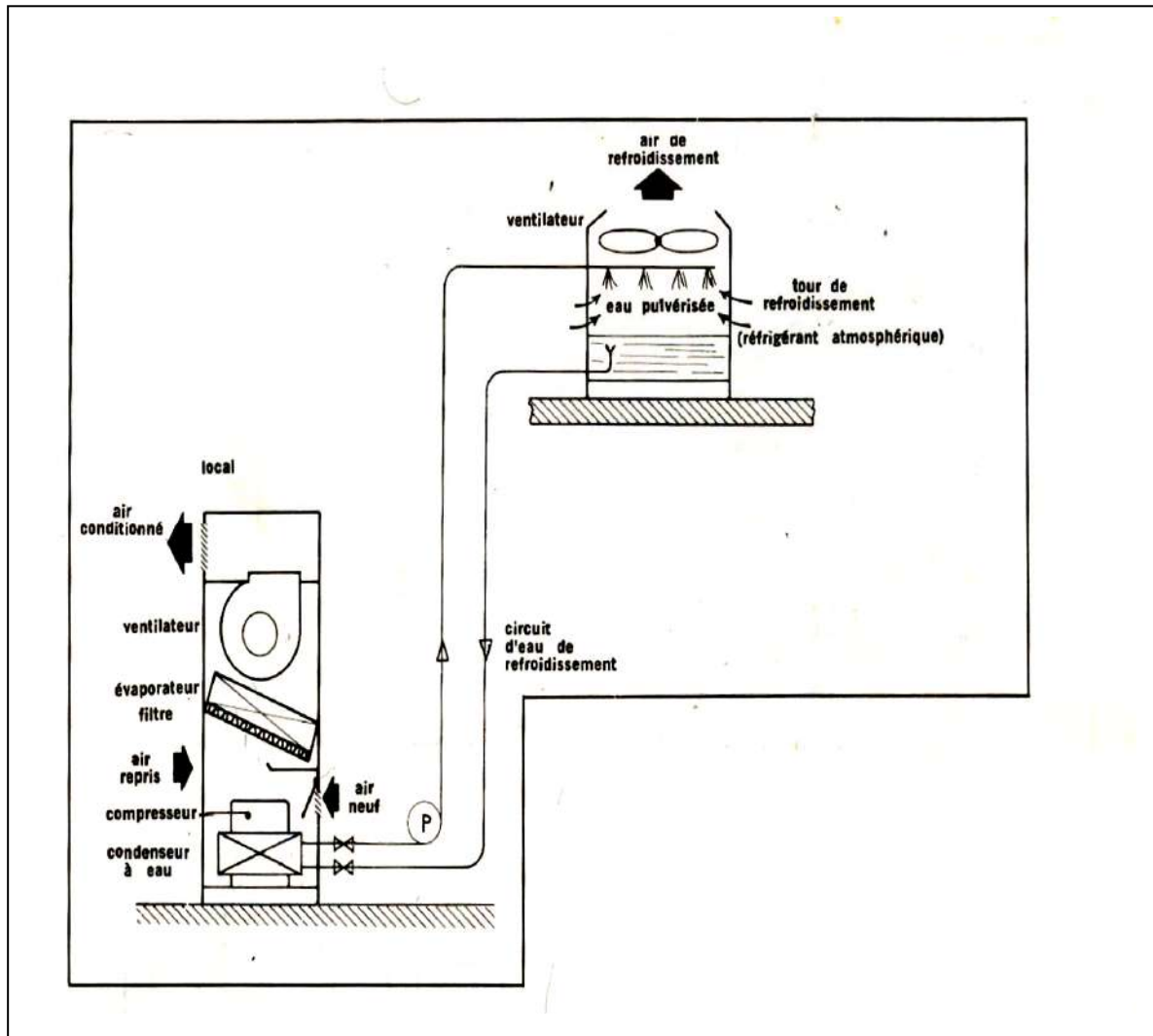
### **Schéma d'une armoire de climatisation à condenseur séparé (refroidi par air)**



Une tuyauterie aller et retour de fluide frigorigène relie le condenseur à air à l'armoire. Les puissances frigorifiques sont comprises entre 12 et 120kw.

L'éloignement des appareils est limité par les exigences dues aux pertes de charge dans le circuit de réfrigérant.

**Schéma d'une armoire de climatisation,  
dont le condenseur est refroidi par un circuit d'eau :**



Pour des raisons d'économie d'eau, le circuit d'eau pulsée par une pompe est relié à une tour de refroidissement

## **B – Systèmes dissociés :**

Dans ce système, la préparation de l'air est distincte (dissociée) de la distribution de l'air. Lorsque le débit d'air soufflé est constant, le système est « uni zone » : il concerne un local ou une zone de locaux.

Le système est multi zones lorsque les locaux à climatiser sont nombreux, avec des charges thermiques très différentes, et que l'air est néanmoins traité par un seul appareil.

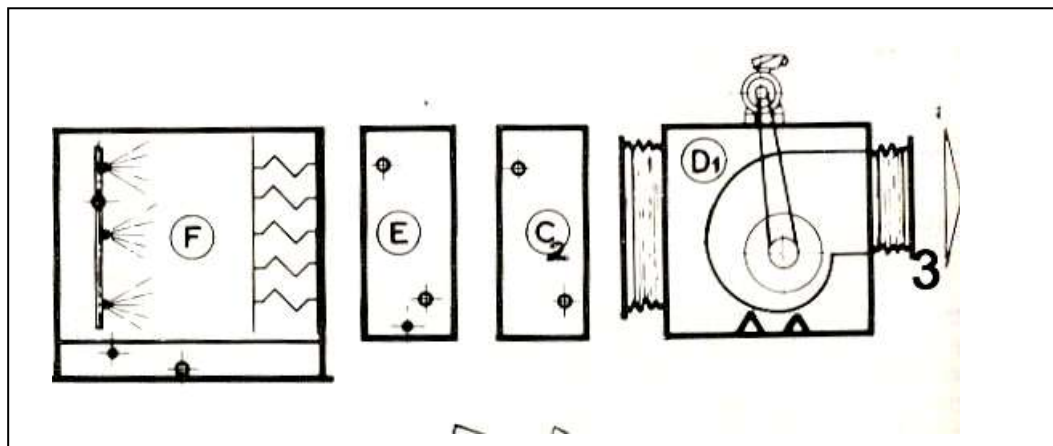
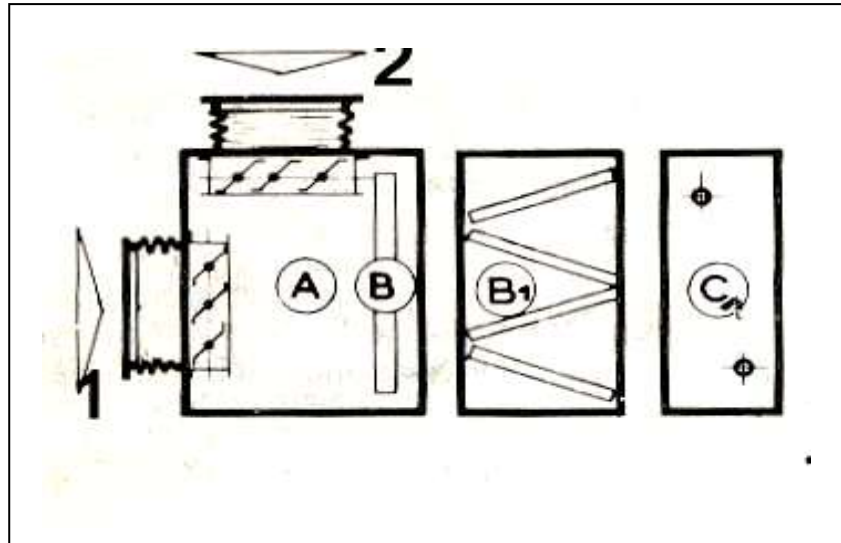
**B.1 – Système uni zone :**

Il Comprend :

- Une centrale de traitement d'air ;
- Des équipements de distribution de l'air et de diffusion ;
- Des appareils de régulation.

La centrale de traitement d'air est généralement constituée de caissons assemblés, chacun ayant sa propre fonction.

**Exemple d'assemblage -type d'une centrale de traitement d'air :**



- 1 = Air neuf  
 2 = Air repris  
 3 = Air soufflé  
 A= Caisson de mélange d'air  
 B = Pré-filtre  
 B1 = Batterie de préchauffage  
 F = Humidificateur à pulvérisation  
 E = Batterie de refroidissement  
 G= Batterie de chauffage terminal  
 D = Caisson de ventilation.

L'assemblage des différents caissons permet une disposition de traitement, de soufflage et de reprise d'air, très variés.

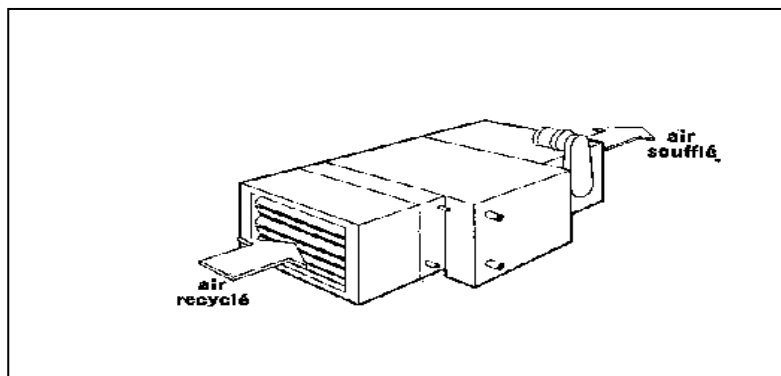
### **Fonctionnement :**

L'air traité est distribué à chaque local à basse vitesse, ceci à débit constant = seules la température et l'humidité de l'air varient en fonction d'un thermostat ou d'un hygrostat d'ambiance.

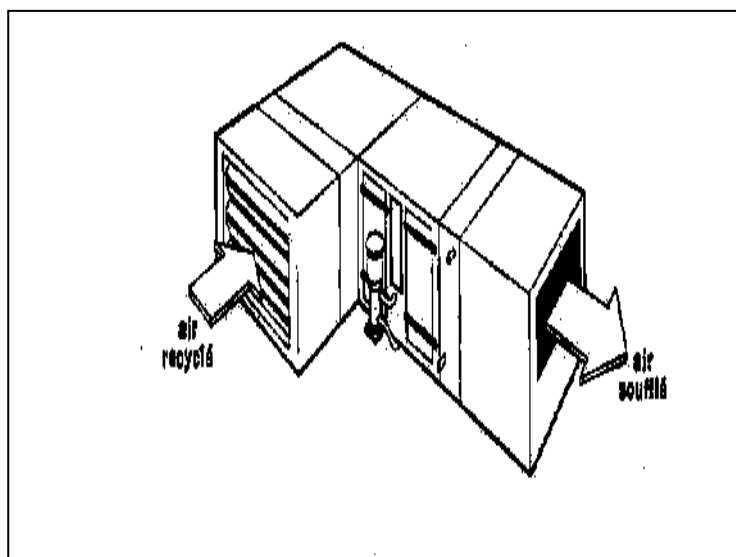
Ces locaux doivent avoir obligatoirement des charges thermiques semblables (même orientation, même zone du bâtiment)...

### **Exemples de disposition de centrales :**

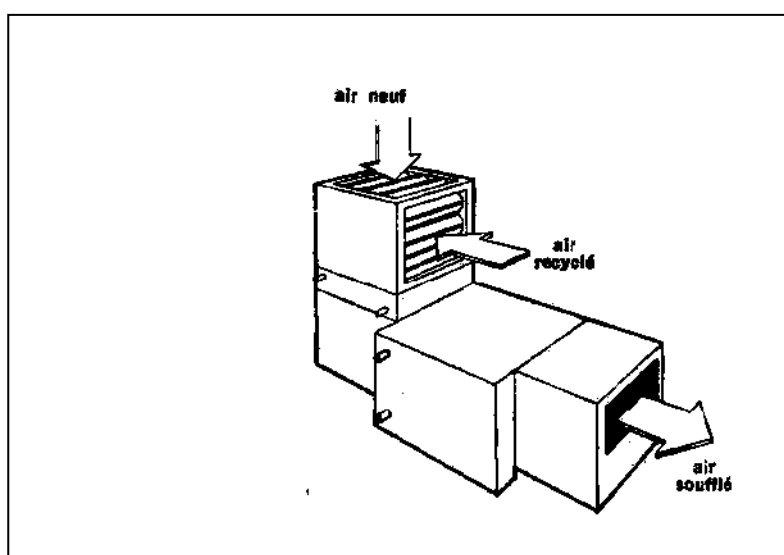
**1 – Solution classique :**  
Reprise d'air soufflage  
horizontal



**2 – Reprise et  
soufflage en angle à 90°**



**3 – Repris vertical  
avec mélange, et  
soufflage horizontal :**

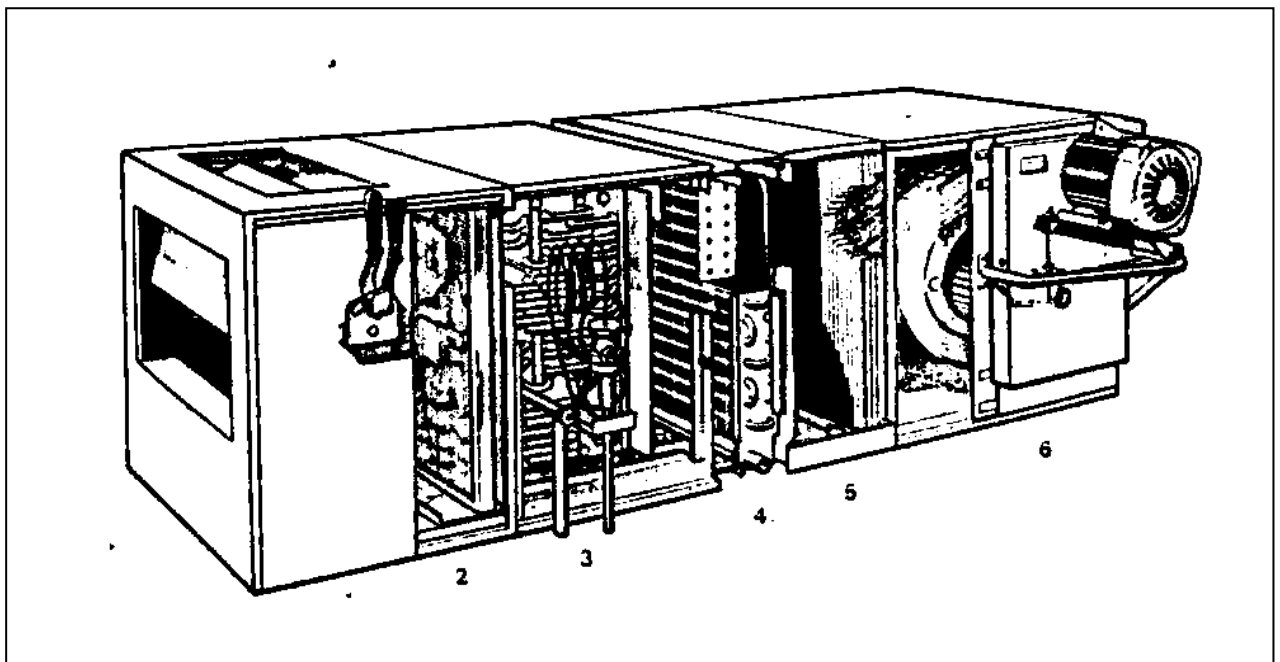


Des centrales de traitement d'air uni zones sont parfois installées à l'extérieur, en terrasse : on les appelle alors « centrales de toiture ».

Elles sont alors très différentes d'une centrale classique, tout en regroupant les mêmes éléments.

Leurs puissances frigorifiques vont de 6 à 60kW, les débits d'air de 3000 à 60000m<sup>3</sup>/h, et elles participent souvent à la ventilation des locaux.

### **Exemple de centrale de climatisation :**

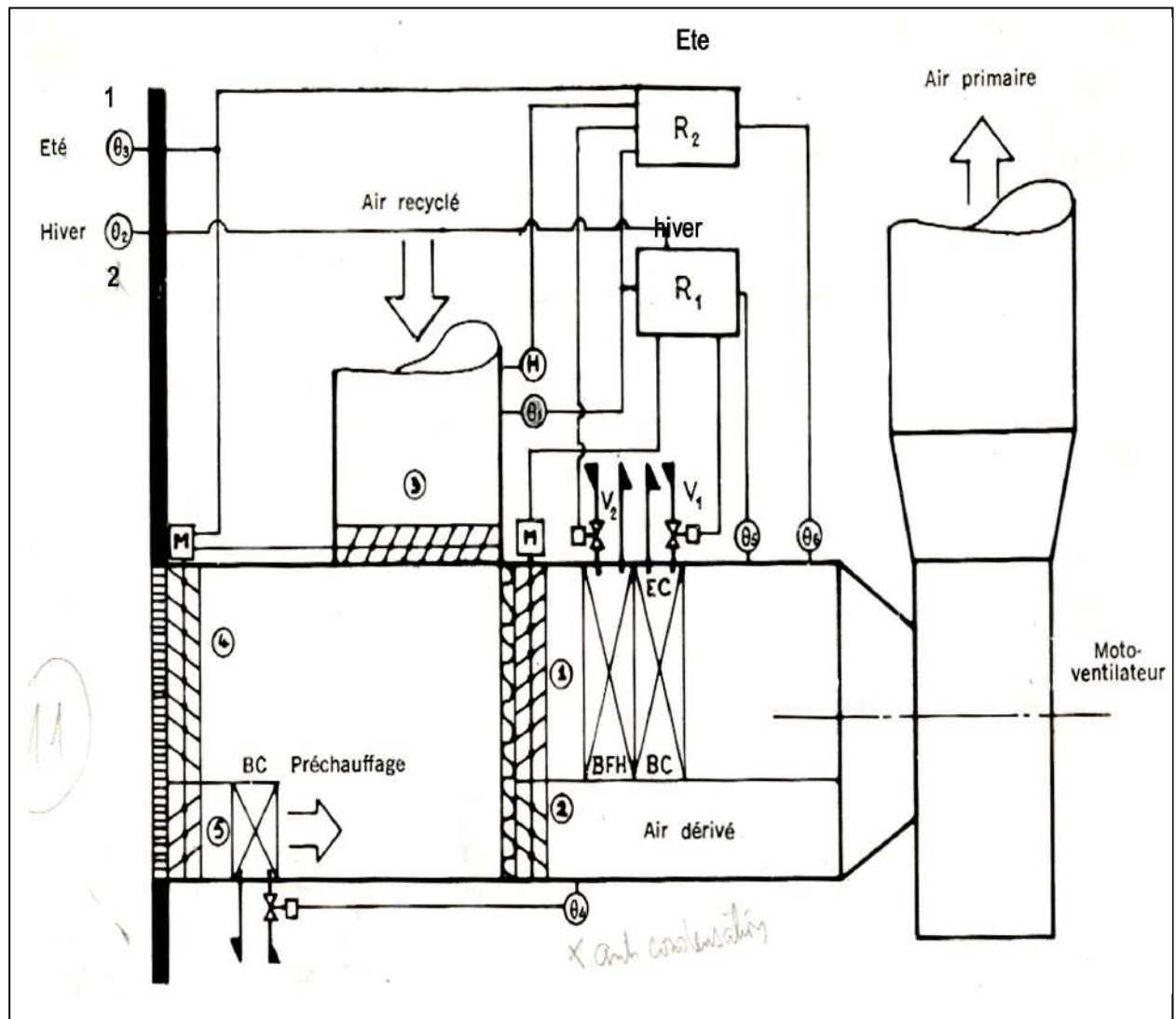


- 1 – Caisson de mélange d'air (air neuf-air repris) avec registre à 2 voies.
- 2 – Filtre amovibles, de type « à plaques.»
- 3 – Batterie froide, à détente directe.
- 4 – Batterie chaude à eau.
- 5 – Caisson d'humidification avec séparateur de gouttelettes.
- 6 – caisson de ventilation avec moteur extérieur.

### **Régulation de ces centrales de traitement d'air :**

- La régulation de la température est assurée soit par des thermostats d'ambiance (répartis dans les locaux climatisés), soit le plus souvent par des thermostats installés dans le conduit principal de reprise d'air des locaux
- Le passage du régime « hiver » au régime « été » est généralement automatique.

**Exemple de contrôle des conditions  
de température, d'humidité et de ventilation :**  
**(Proposition de transparent)**



**- Régulation d'hiver :**

Le thermostat 03 (sur l'air recyclé), commande (grâce au régulateur R1), la vanne V1 sur l'eau chaude, donc la température de l'air soufflé.

Le risque de surchauffe à grande ouverture de la vanne, est évité en agissant sur les registres 1 et 2 d'air : le registre 2 est alors ouvert pour éviter cette surchauffe.

Si la température extérieure est très basse, on doit préchauffer l'air neuf pour éviter une condensation dans les conduits (contrôle par 04.)

**- Régulation d'été :**

Le thermostat 03 commande (grâce au régulateur R2) la vanne V2 (vanne de détente à l'entrée de la batterie froide.)

Les (ou le )compresseurs étant déjà mis en route (automatiquement ou manuellement), après que V1se soit complétement fermé.

Le contrôle de **déshumidification** est assuré par un hygrostat de gaine H, **asservissent** également le groupe frigorifique.

La température de l'air soufflé est limitée (en valeur minimale), les besoins de déshumidification ne coïncidant pas avec les besoins de refroidissement ; cette limitation peut être obtenue par **dérivation** de l'air mélange ou bien par réchauffage de l'air.

Le contrôle de la ventilation est assuré par registres motorisés :

- les registres 3 et 5, complémentaires, réalisent un mélange de proportions constantes, d'amenée d'air neuf en quantité suffisante et de reprise d'air recyclé.

La mesure de O3 en été, et de O2 en hiver permet d'élèver le débit d'air neuf (lorsque O3 baisse en été, et lorsque O2 s'élève en hiver)

- le registre 4 fonctionne en tout ou rien ; il s'ouvre en demi-saison pour permettre un rafraîchissement des locaux avec une température extérieure de 15à 18°C

( Le registre 3 est alors fermé.)

## **B-2. système uni zone avec réchauffage terminal**

Le « réchauffage terminal » permet d'ajuster la température de l'air soufflé aux besoins spécifiques de chaque local, lorsque ces locaux ont des charges thermiques très différentes.

### **En hiver :**

La batterie de réchauffage terminale élève la température de l'air soufflé pour les locaux à fortes déperditions.

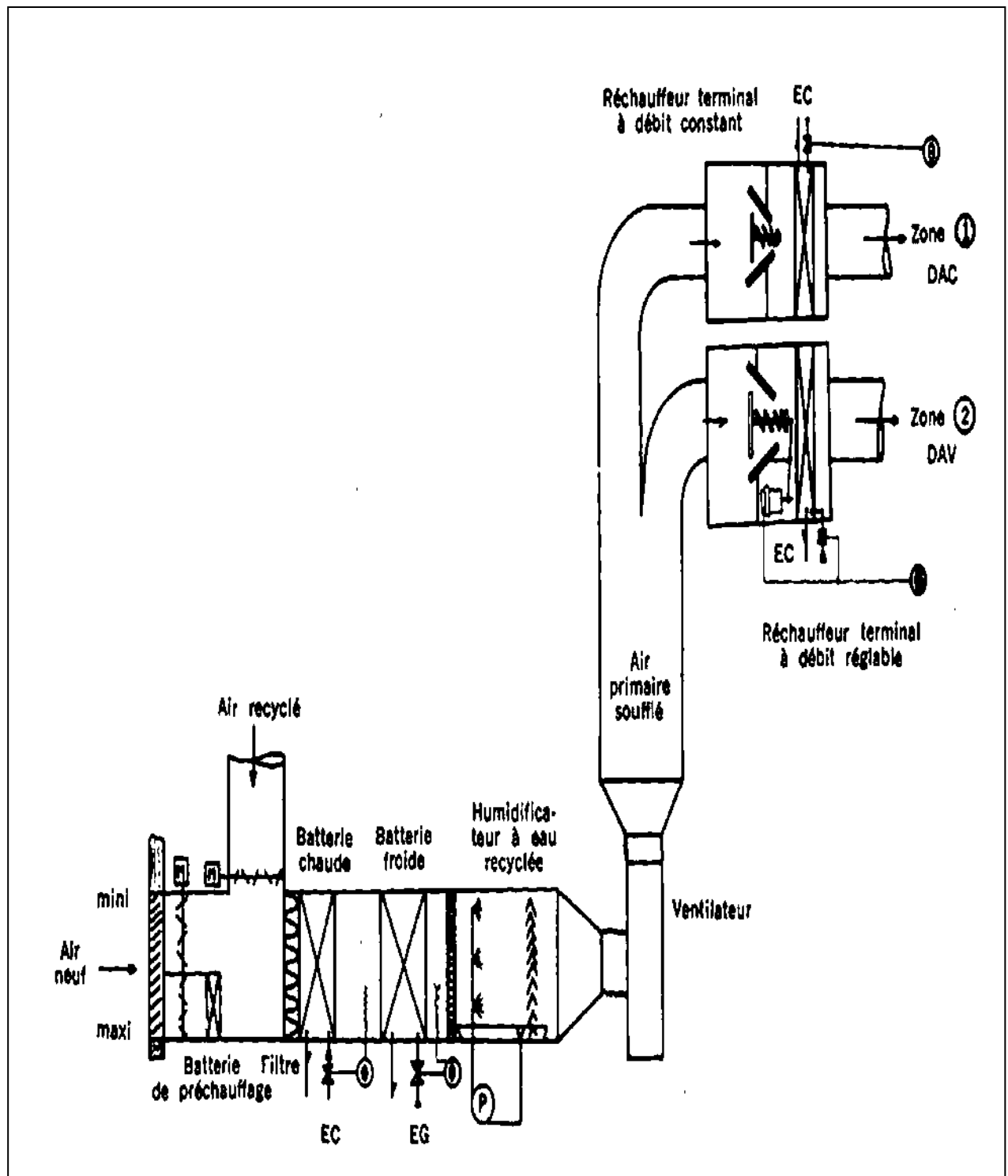
### **En été :**

Elle élève la température de l'air soufflé pour les locaux à faible charge thermique. Ainsi la température de soufflage de l'air primaire( et le débit), sera définie pour la zone de plus forte charge thermique.

Ce système permet ainsi d'assurer, pour chaque local, une température intérieure précise, et un degré hygrométrique satisfaisant

Mais il revient cher à l'exploitation : le réchauffage d'été est source de dépenses d'énergie supplémentaires

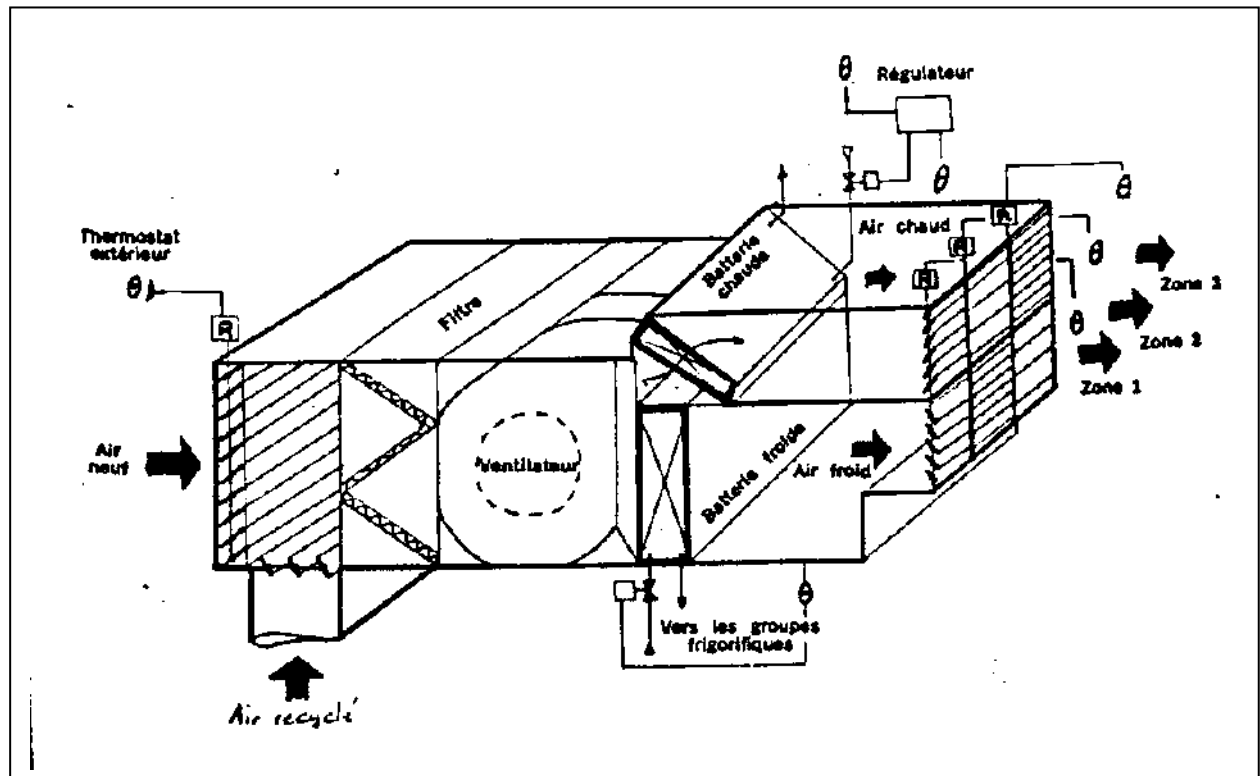
**Schéma d'un système uni zone avec réchauffage terminal à débit constant**  
**(et à débit d'air variable dans quelques locaux)**



### B-3 – Système multi zones

Le système multi zones comprend une seule centrale de traitement d'air préparant l'air soufflé dans plusieurs zones (et qui ont des charges thermiques très différentes.)

#### Exemple d'une centrale préparant l'air pour 3 zones (1,2 et 3)



L'air chaud et l'air froid sont produits à températures constantes, au niveau des batteries.

La température de l'air soufflé dans chaque zone est obtenue par mélange (air chaud + air froid) grâce à l'action sur les registres.

Les applications de ce système sont très nombreuses.

### B-4– Système à un seul conduit et à débit d'air variable

#### Objectif de ce système :

Adapter le débit d'air soufflé aux charges thermiques des locaux à climatiser, de façon à obtenir des conditions intérieures constantes (en température et en hygrométrie).

En effet,

$$q_{\text{mas}} = H_0 / (h_s - h_i)$$

Ou

$H_0$  - charges thermiques du local, en [W]

$q_{\text{mas}}$  = débit massique d'air soufflé, en [kgas/s]

$h_s$  = enthalpie spécifique constante de l'air soufflé, en [J/kgas]

$h_i$  = enthalpie spécifique (constante) de l'air du local, en [J/kgas]

Donc  $q_{\text{mas}}$  directement proportionnel à  $H_0$ .

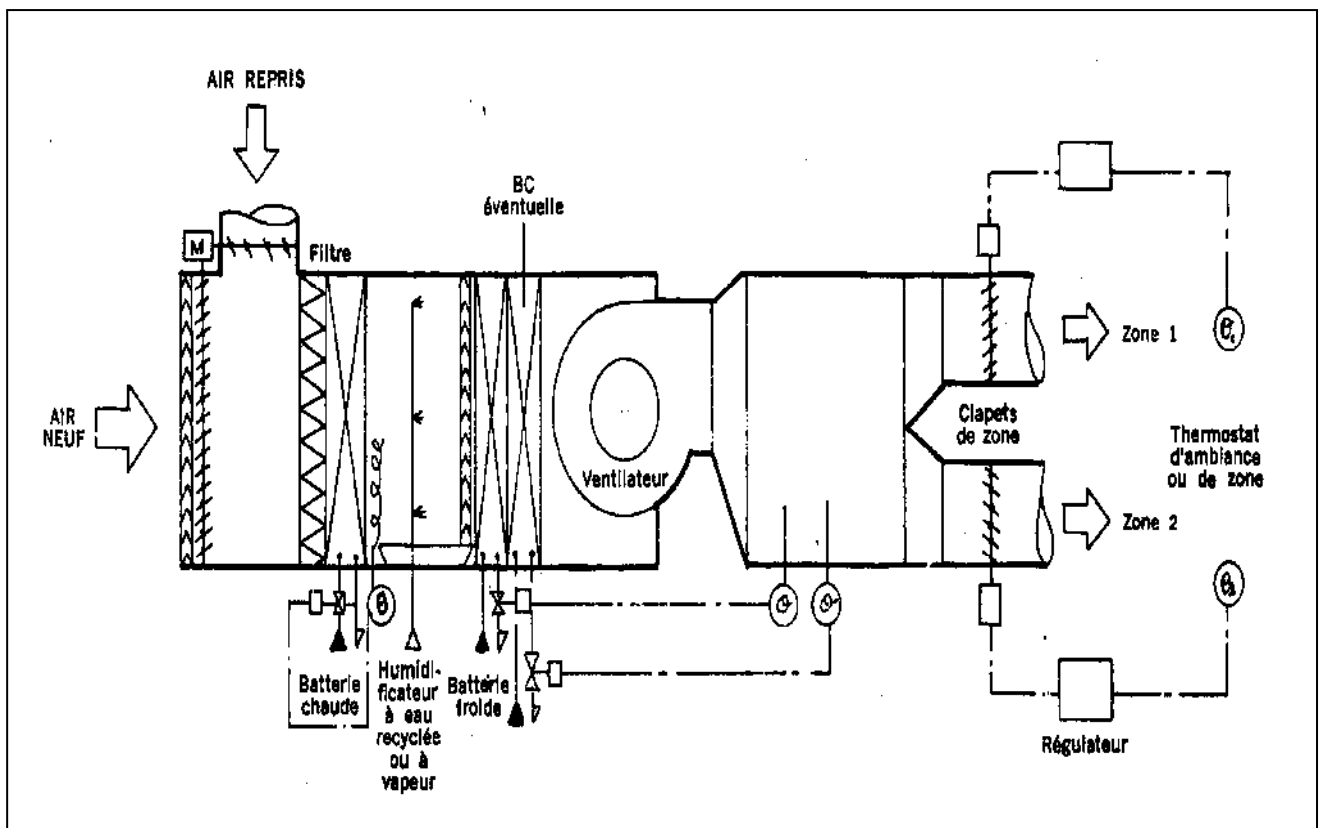
Le système avec variation de débit impose :

Des diffuseurs spéciaux, capables de distribuer l'air correctement, aussi bien aux grands débits qu'aux faibles débits.

- Des clapets d'air assurant la variation des débits dans les réseaux, associés à un ventilateur de soufflage à débit constant.

- Ou bien des ventilateurs à débit variable, lorsque les variations de débit sont grandes.

### Schéma général d'un système à débit d'air variable



Cet exemple est sans réchauffage terminal, avec une centrale de traitement d'air de type uni zone.

Elle est constituée par :

- Un caisson de mélange « air neuf – air reprise », avec clapets motorisés ;
- Une filtration de l'air mélangé ;
- Un réchauffage pour l'hiver, par une batterie à eau chaude, (qui peut être électrique) ;
- Une humidification de l'air , par un « laveur » (pulvérisation d'eau), ou par injection de vapeur ;
- Un refroidissement pour l'été ( ou en demi-saison) ;
- Une batterie chaude, en option ;
- Le ventilateur à débit constant, ou à débit variable suivant l'importance des variations de débits.

Le débit d'air dans chaque zone est asservi à un thermostat d'ambiance, commandant les registres (ou clapets de zone).

## B-5 Système à deux conduits (et à air total)

### Principe :

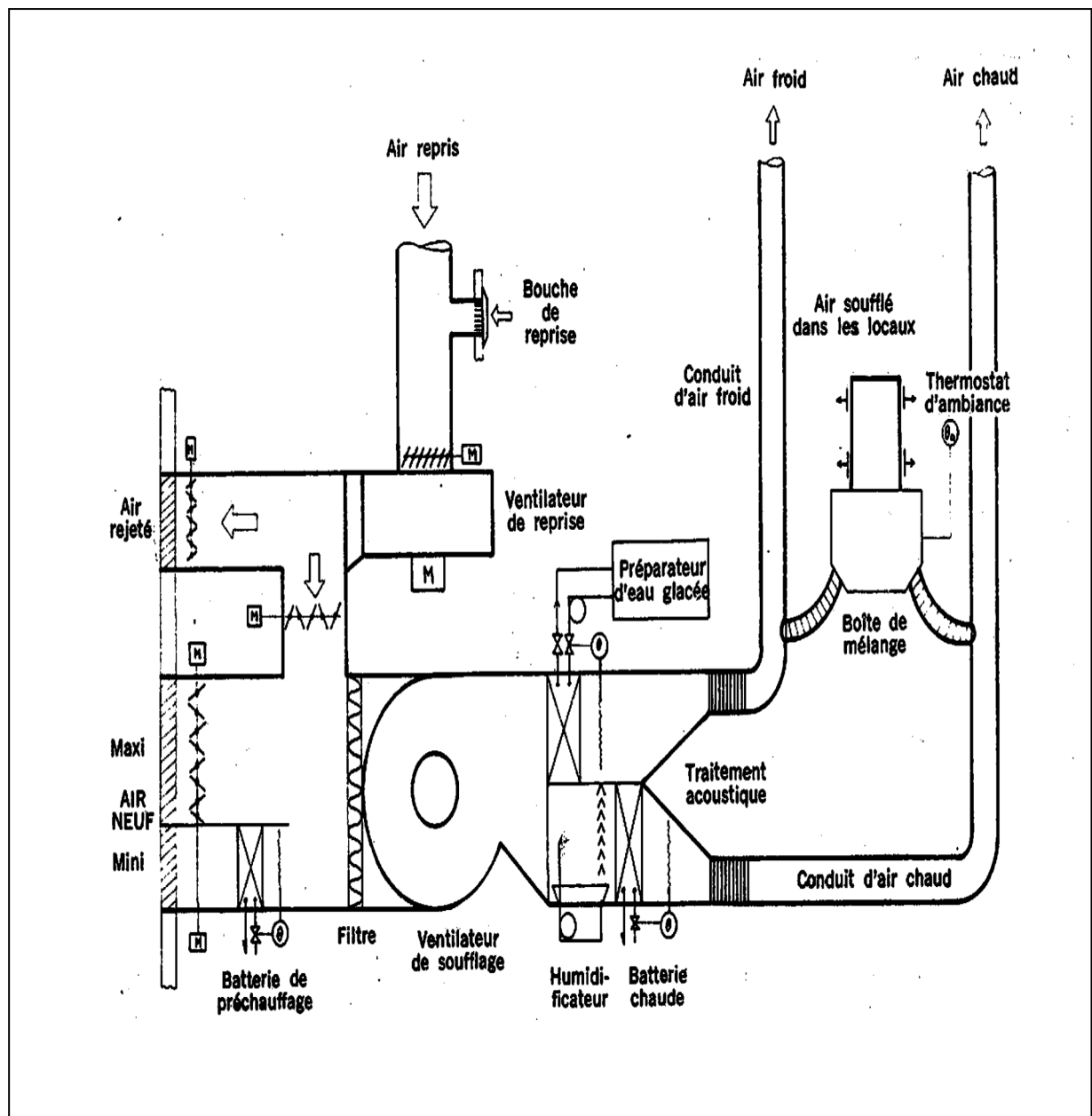
La distribution d'air est réalisée par deux conduits, l'un d'air chaud, l'autre d'air froid.

Le mélange se produit dans des appareils terminaux, appelés « boîtes de mélange ».

L'air primaire est traité dans une seule centrale et soufflé dans deux conduits différents : l'un équipé d'une batterie chaude, l'autre d'une batterie froide.

Les boîtes de mélange sont asservies à un thermostat d'ambiance, commandant la température de l'air soufflé.

### Schéma d'un système à 2 conduits d'air



## II – Procédés de climatisation à eau pulsée :

Ces procédés n'utilisent que l'eau comme fluide primaire (eau « pulsée » par pompe).

Cette eau est froide ou chaude selon les saisons et elle est distribuée aux appareils par différents réseaux de tuyauteries.

Les plus importants de ces systèmes sont les systèmes à « VENTILO - CONVECTEURS » :

Un ventilo-convecteur est un appareil terminal, (placé dans le local à climatiser) qui est équipé d'une batterie et d'un ventilateur.

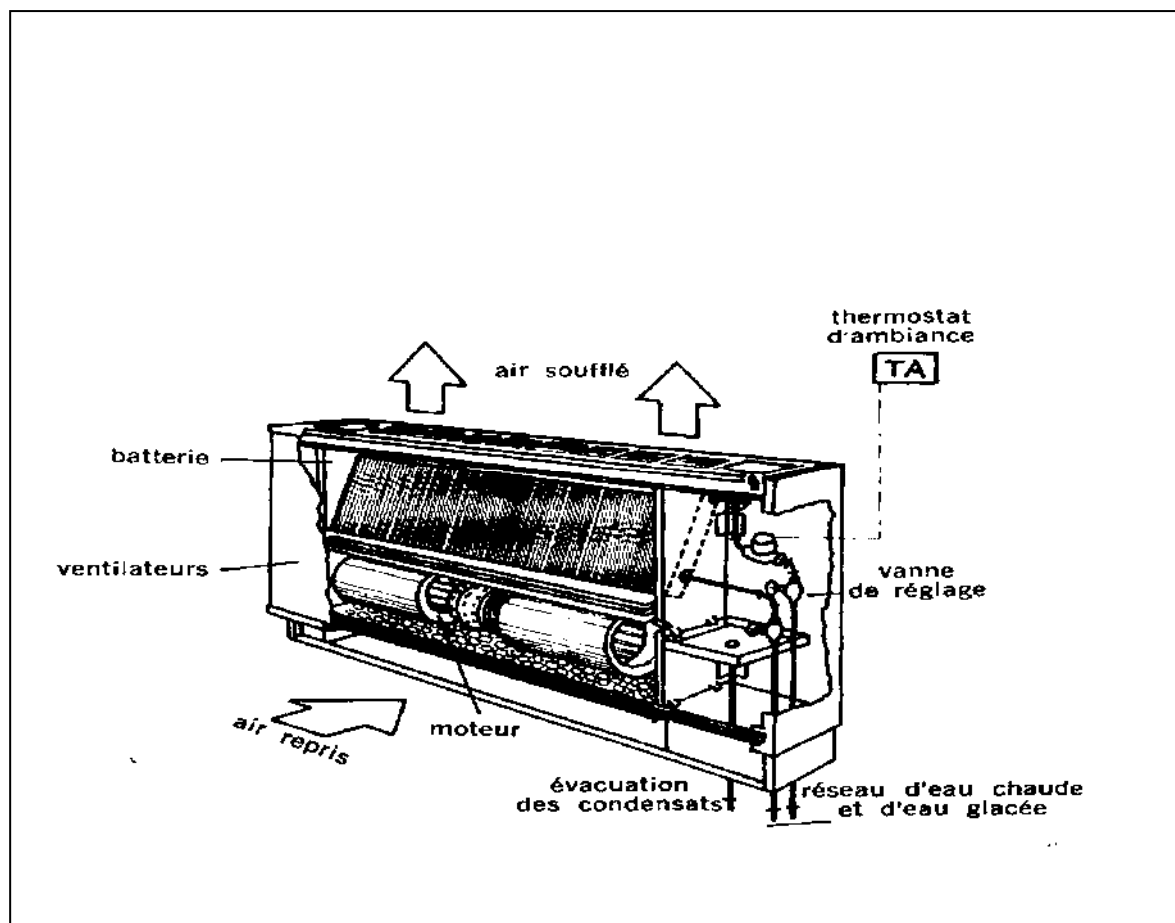
Il s'agit du système le plus utilisé, permet l'ensemble des systèmes de climatisation.

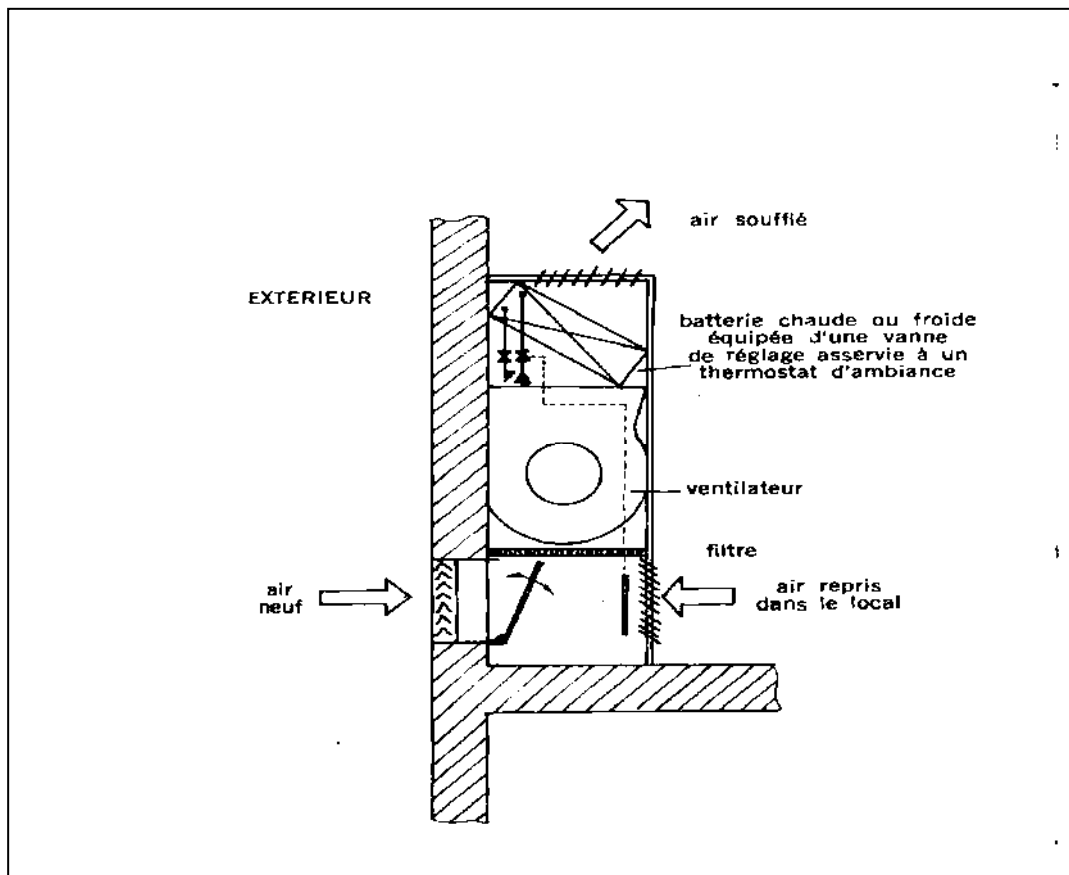
### II-1 Principe des systèmes à ventilo-convecteur :

Principe est comparable à celui d'une installation chauffage par convecteurs, avec les deux différences suivantes :

- les batteries des ventilo - convecteurs sont alimentées en eau chaude et en eau glacée, (l'arrivée en eau s'effectuant par deux, trois ou quatre tuyaux) ;
- la convection est **forcée** par un ventilateur incorporé à l'appareil.

### II-2 Description d'un ventilo-convecteur :



**Schéma de principe d'un ventilo-convecteur :**

Les appareils ci-dessus sont des ventilo-convecteurs « d'allège », installés contre une paroi extérieure ( généralement en allège, sous une fenêtre).

On rencontre souvent également des ventilo-convecteurs « plafonnier », par exemple dans les hôtels.

Le rôle de ces appareils est :

- De filtrer l'air neuf et l'air repris ;
- De chauffer ou de refroidir l'air de mélange ;
- De le déshumidifier éventuellement ;
- De le souffler dans le local.

Un bac de récupération des condensas est placé sous la batterie froide et raccordée au réseau d'évacuation d'eau usée .

**Différents types des ventilo-convecteurs**

- Les ventilo-convecteurs d'allège
- Les ventilo-convecteurs plafonniers
- Les ventilo-convecteurs verticaux

Les caractéristiques des ventilo-convecteurs actuels sont les suivantes :

- puissances froide : de 0.6 à 12 kW
- puissance chaude : de 1.2 à 23 kW
- débit de soufflage : de 150 à 1000 m<sup>3</sup>/h

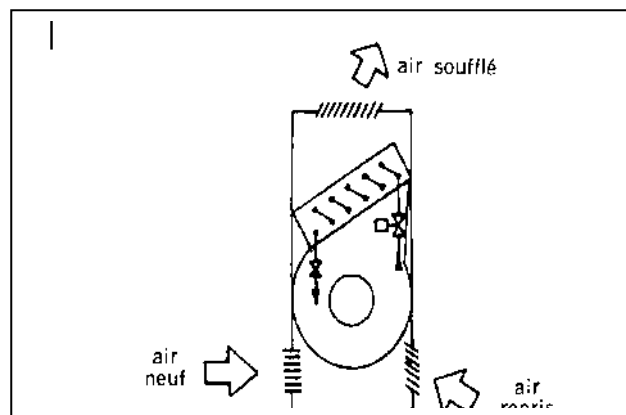
### Problème du bruit :

le niveau sonore de ces appareils est généralement élevé, surtout à grande vitesse de soufflage

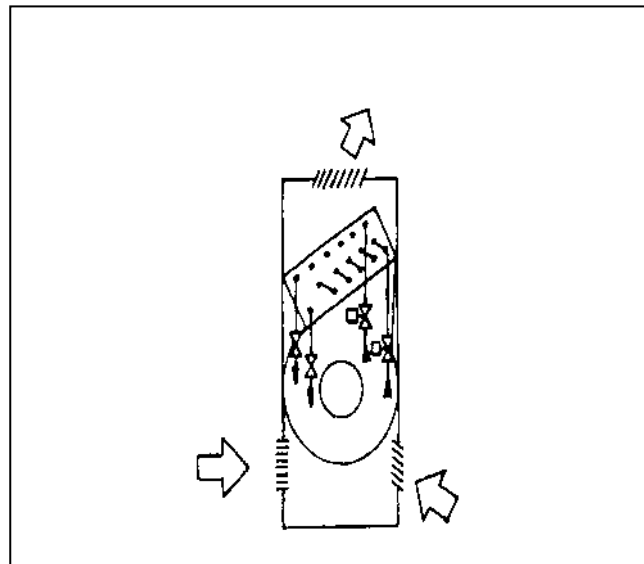
Il sera donc important de prévoir (lorsque c'est nécessaire) un « coffrage acoustique » autour de l'appareil

### Différents types de batteries chaude et froide installées dans un ventilo-convecteur :

1 - Batterie commune,  
A chaude et à eau glacée.

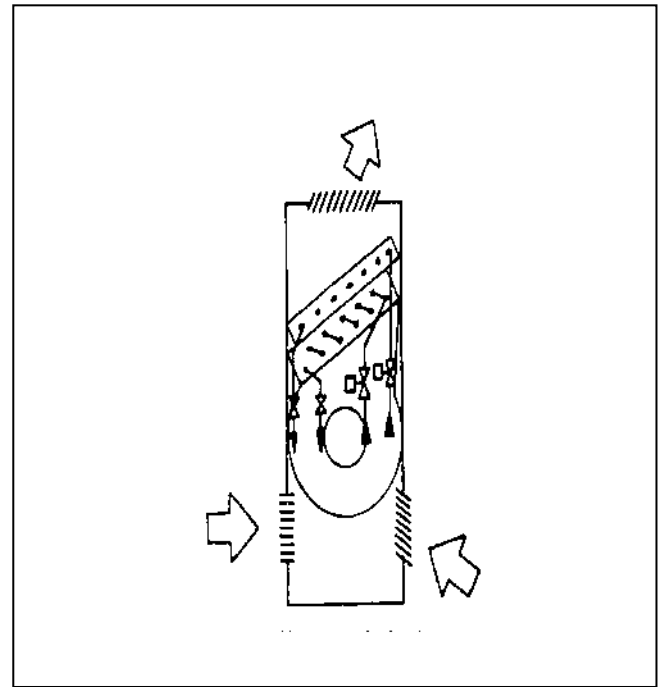


2 - Batteries distinctes,  
mais adjacentes

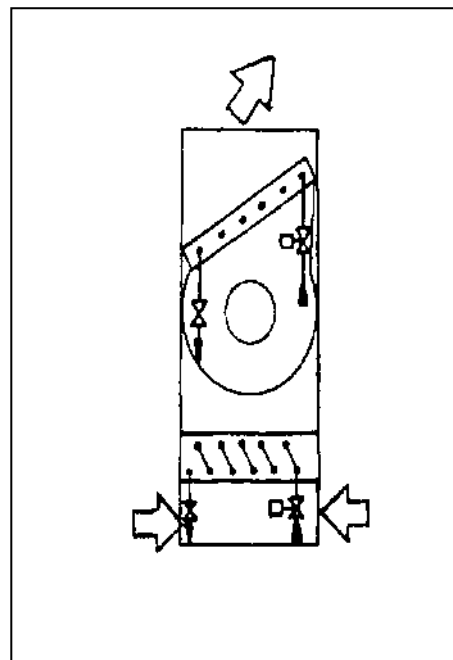


3 - batterie double

1<sup>er</sup> rang de batterie à eau chaude,  
2<sup>ème</sup> + 3<sup>ème</sup> de batterie à eau glacée.

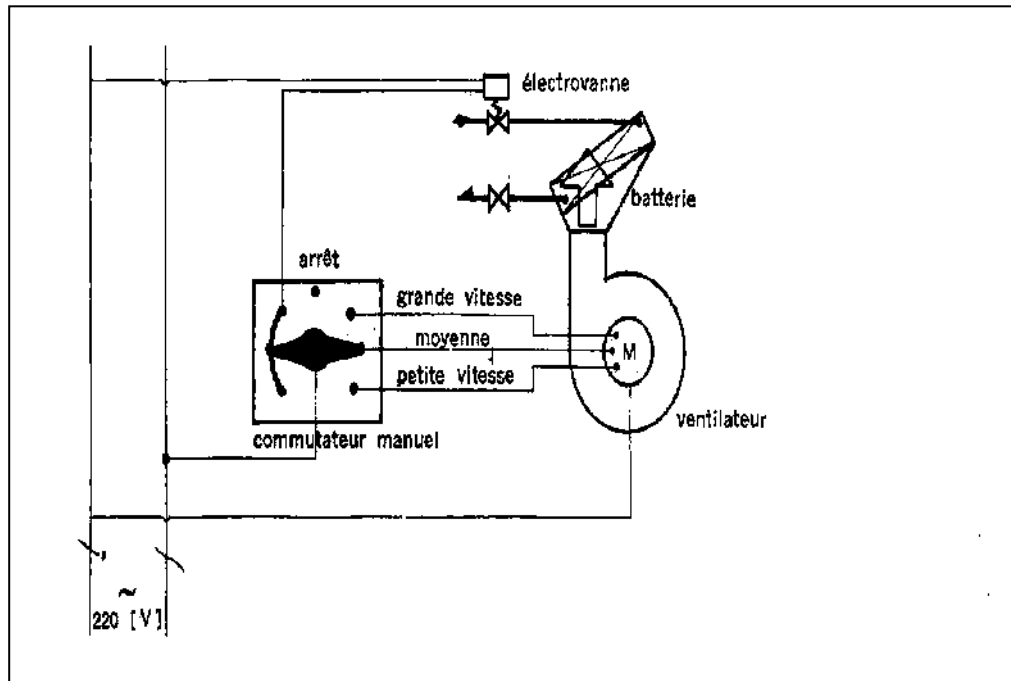


4 - batteries distinctes et séparées.

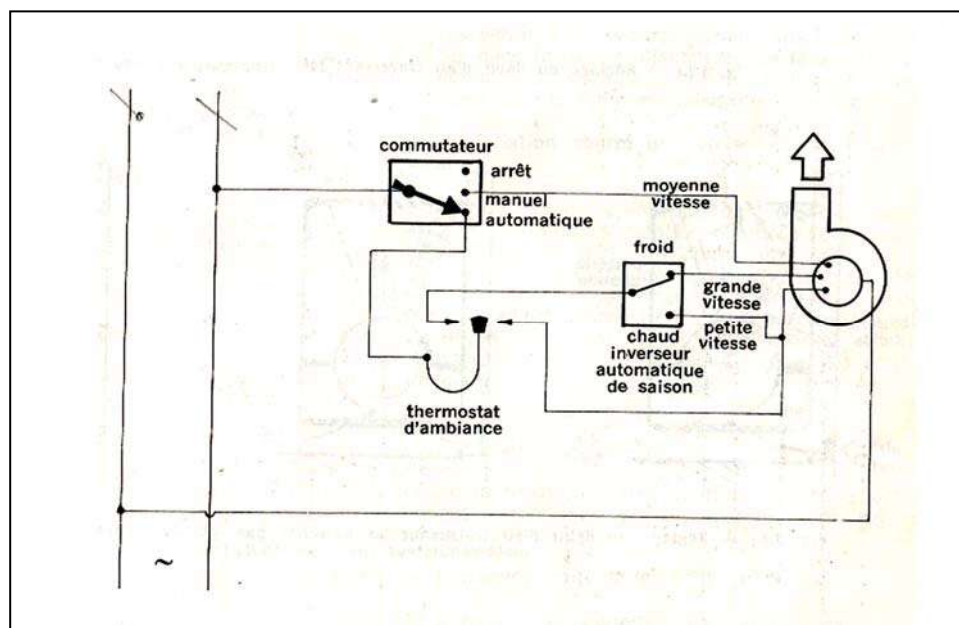


## II-3 Le réglage de la vitesse de rotation du ventilateur de soufflage

Le réglage de la vitesse du ventilateur est généralement manuel ; il est fréquent que le commutateur commande aussi la puissance de la batterie, par action sur une électrovanne : exemple ci-dessous :



Le réglage automatique, plus rare, est obtenu par l'action d'un thermostat d'ambiance sur la vitesse du ventilateur :  
Exemple ci-dessous :

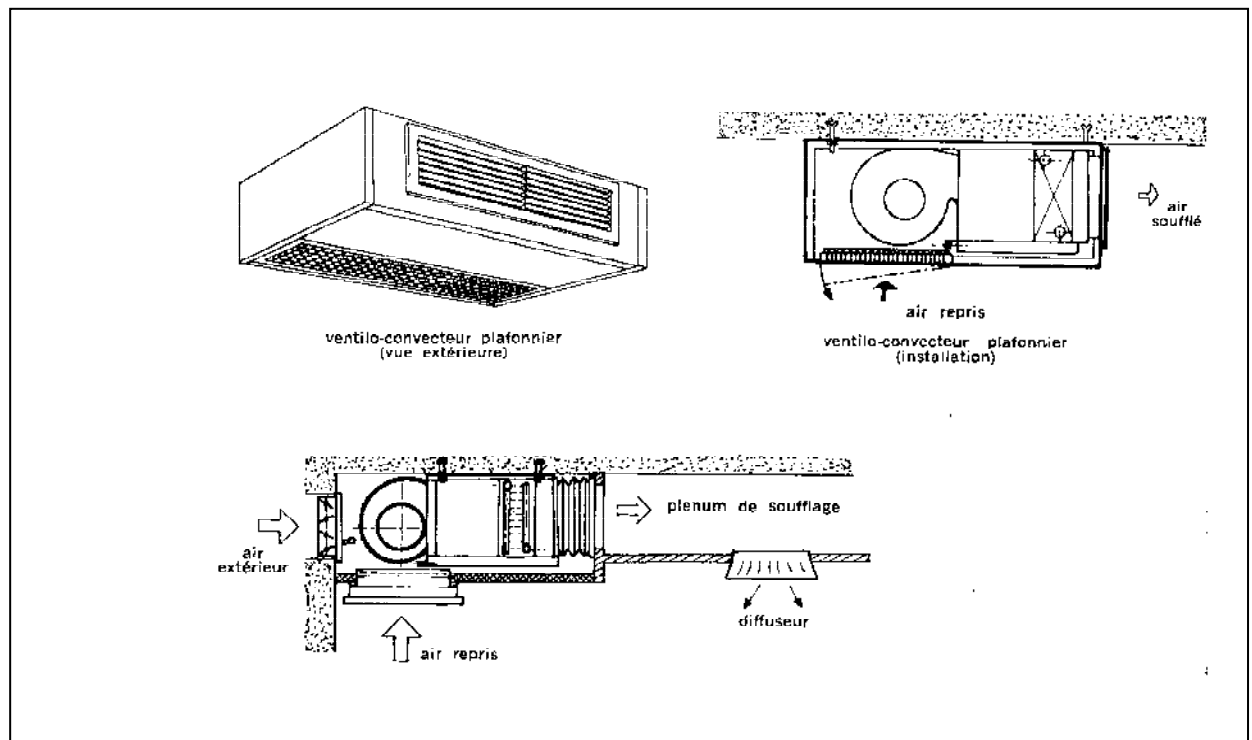


## II-4 Installation des ventilo-convecteurs

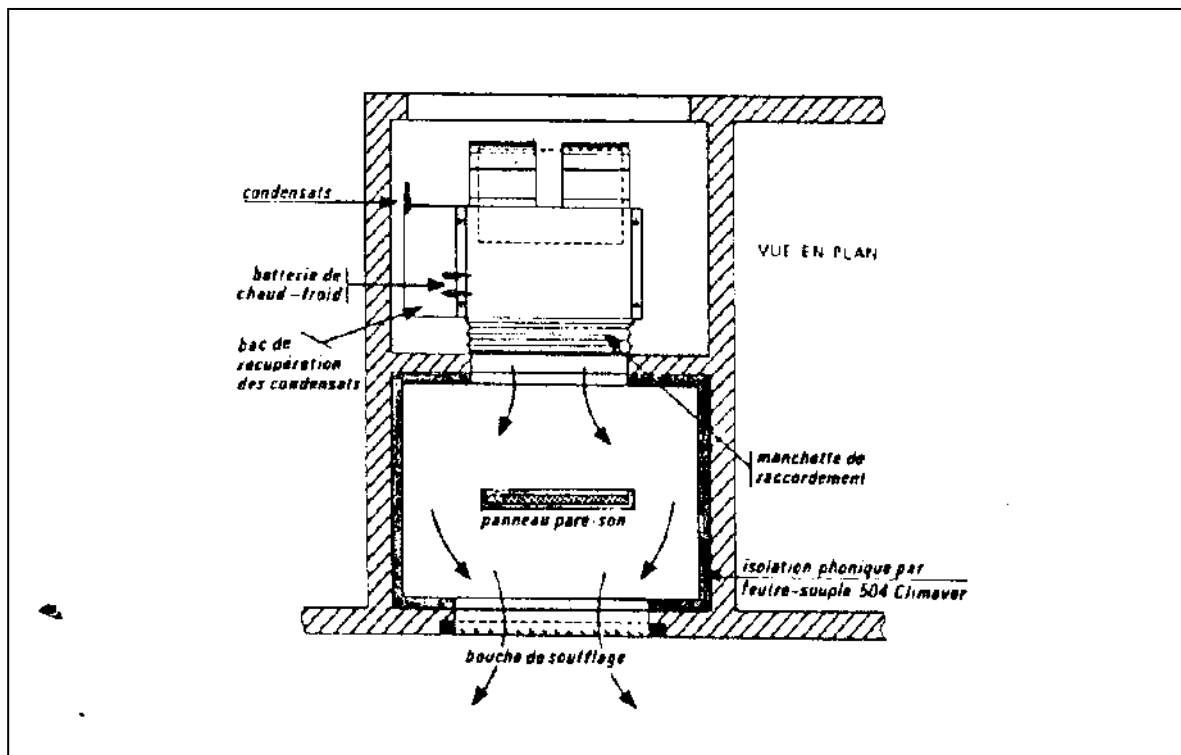
Selon l'architecture des locaux à climatiser les ventilo-convecteurs peuvent être installés de trois façons différentes :

- en allège
- en faux-plafond
- à l'intérieur du local

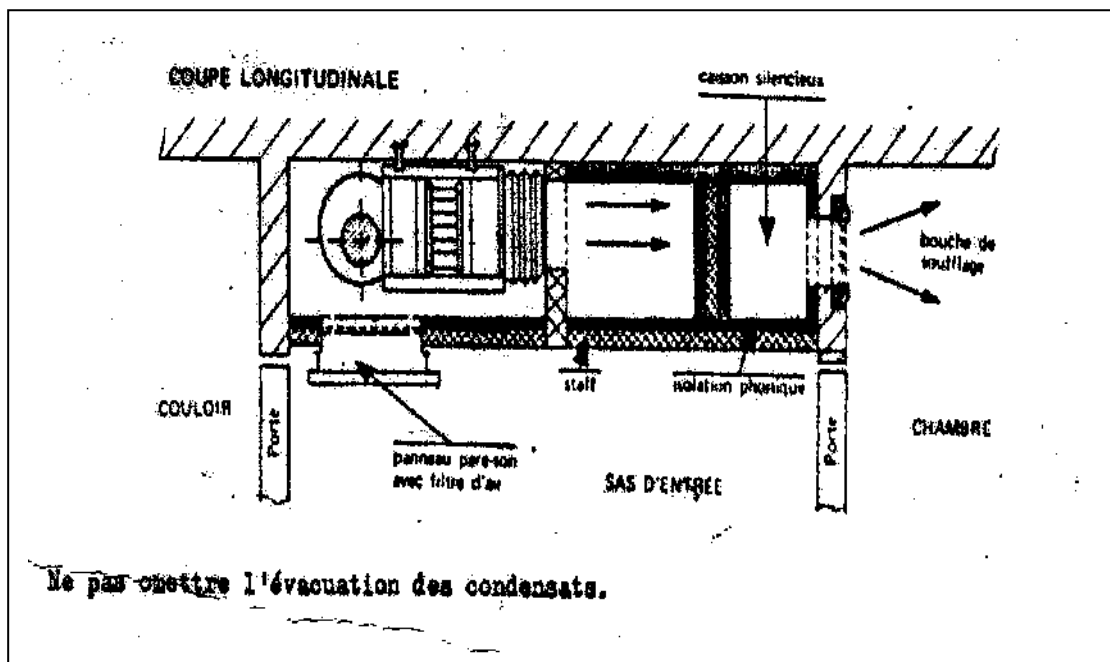
### Exemple d'installation de ventilo-convecteurs en plafond ou faux – plafond



Autre exemple d'implantation de ventilo-convecteur en faux-plafond, mais avec un « traitement acoustique » avant diffusion.



### Coupe longitudinale



## II-5 Classification des systèmes à ventilo-convecteurs :

le classement habituel se base sur le nombre de tuyaux alimentant ces appareils, nous avons :

- L'installation à deux tuyaux ;
- L'installation à trois tuyaux ;
- Les installations à quatre tuyaux.

## II-6 système à deux tuyaux (un aller et un retour).

Ce système est le plus simple et le moins coûteux. Mais il en résulte certaines contraintes et une moins grande souplesse dans la régulation des conditions intérieures des locaux climatisés.

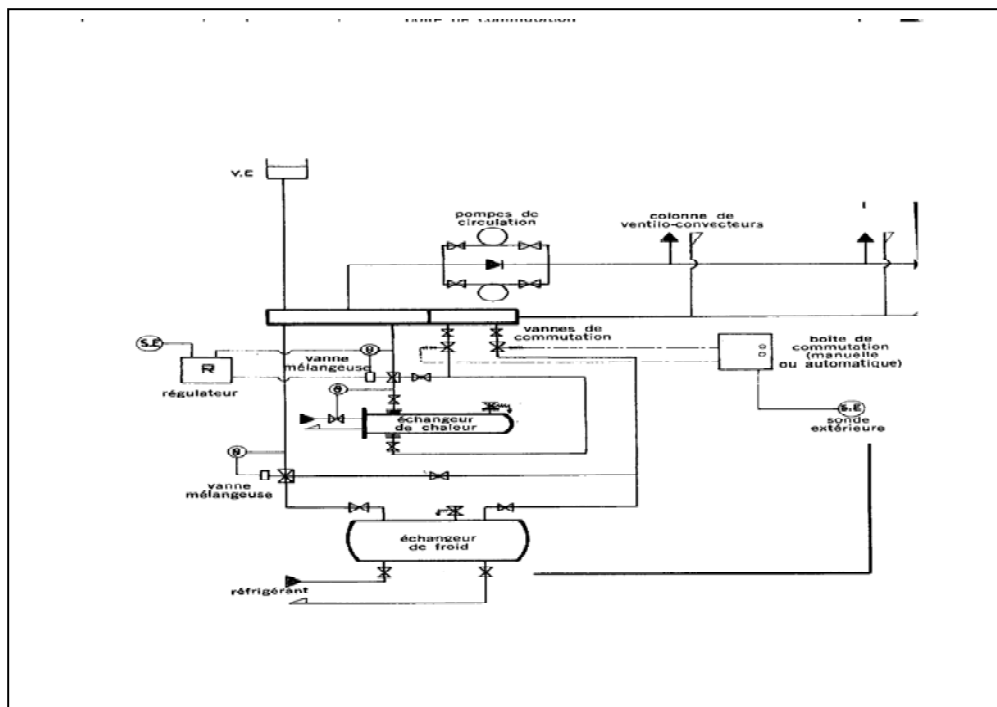
### Description :

Tous les ventilo-convecteurs de la même zone sont alimentés soit en eau chaude, soit en eau glacée. Cela peut entraîner des gênes importantes, lorsque des locaux de la même zone ont besoin d'eau chaude, alors que d'autres ont besoin de froid au même moment

On peut limiter cet inconvénient par un zonage judicieux, en semblables au même moment (par exemple de même orientation).

On peut aussi augmenter la souplesse du système en mettant en place des échangeurs sur les réseaux chaud et froid de chaque zone.

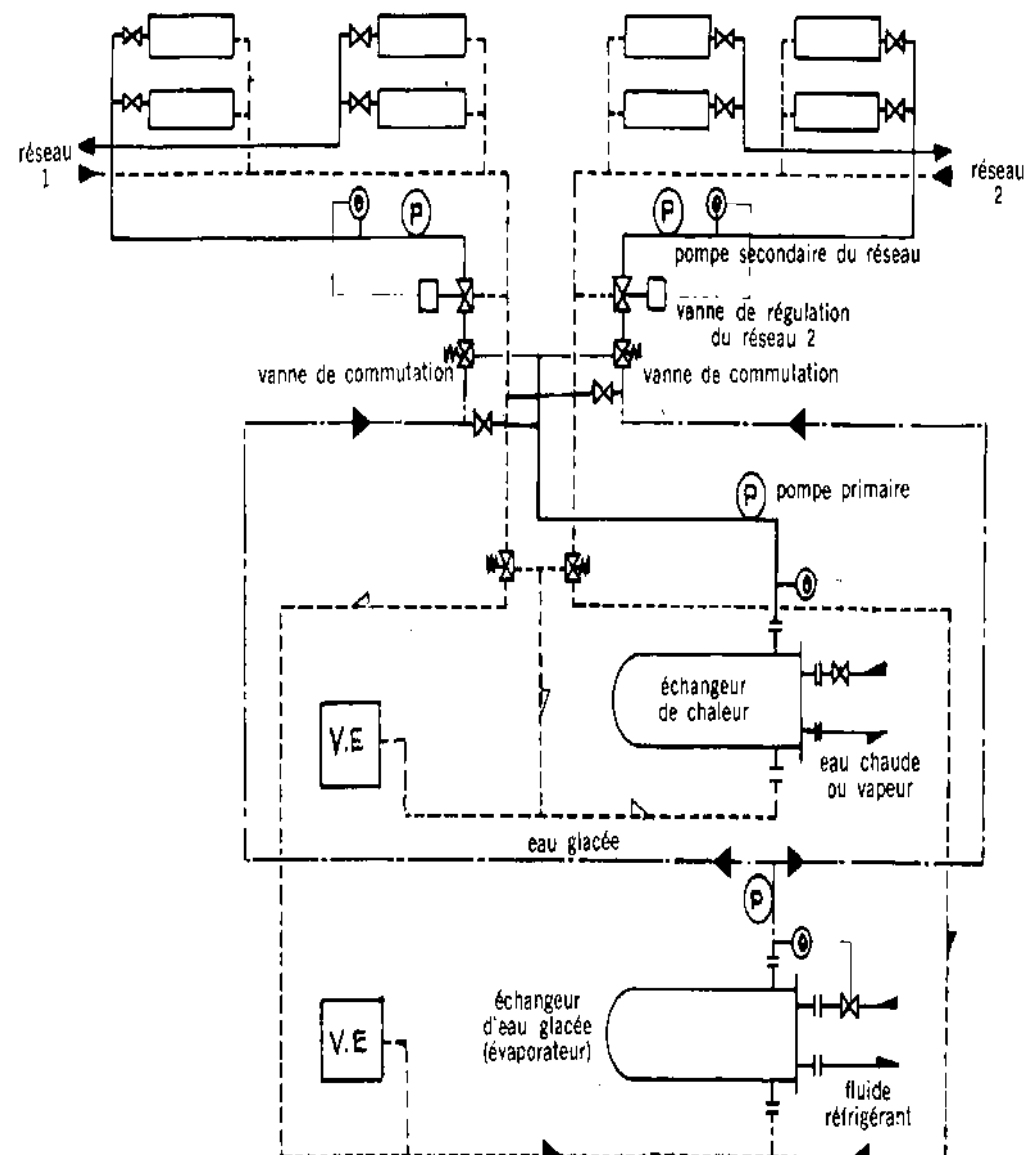
### Exemple d'installation avec un seul groupe de pompes et ventilo-convecteurs à 2 tuyaux



L'installation ci-dessus est le cas particulier d'un bâtiment à une seule zone ;  
Exemple = petit hôtel...

Les échangeurs sont alimentés en fluides primaire, eau chaude ou eau froide.  
La commutation eau chaude / eau froide est assurée par deux vannes à 2 voies « tout ou rien ».

### Système de climatisation par ventilo-convecteurs à 2 tuyaux



## II-7 Installations à deux tuyaux, et avec groupe frigorifique incorporé à chaque ventilo-convecteur :

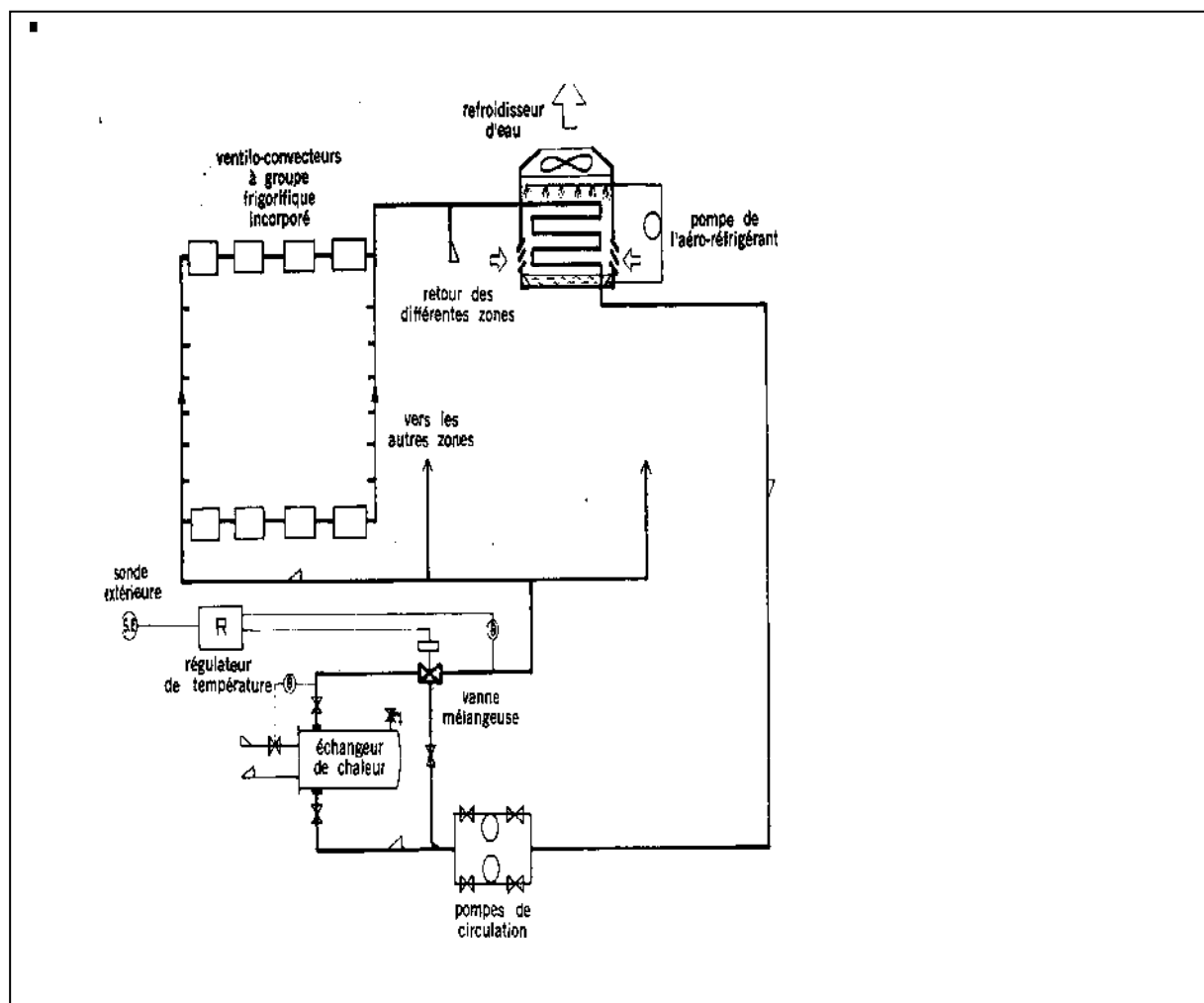
### Principe de fonctionnement

- **En hiver** : la batterie chaude est alimentée en eau chaude comme un ventilo-Convecteur normal.
- **En été** : le groupe frigorifique de chaque appareil fonctionne et le condenseur du groupe est refroidi par le réseau d'eau.
- **demi-saison** : certains ventilo-convecteurs fonctionnent en refroidissement, d'autre en, chauffage : l'eau circule dans le réseau à environ 40°C, température acceptable pour refroidir les condenseurs et chauffer l'air des autres locaux.

### NOTA :

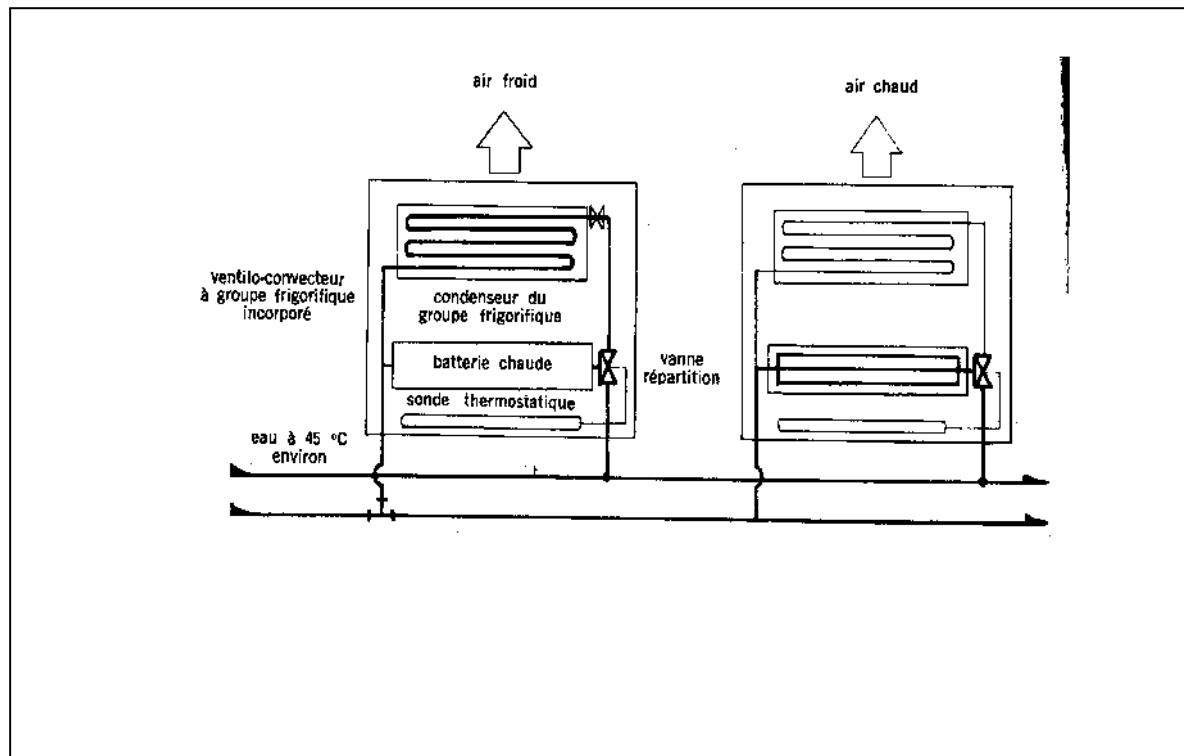
L'installation de ces appareils en série sur un réseau monotube permet de les utiliser en « **pompes à chaleur** », donc de réaliser de très importantes économies à l'exploitation : la chaleur d'un local refroidi est transférée à un local chauffé.

### Schéma général de l'installation de ventilo-convecteurs à groupe frigorifique incorporé :

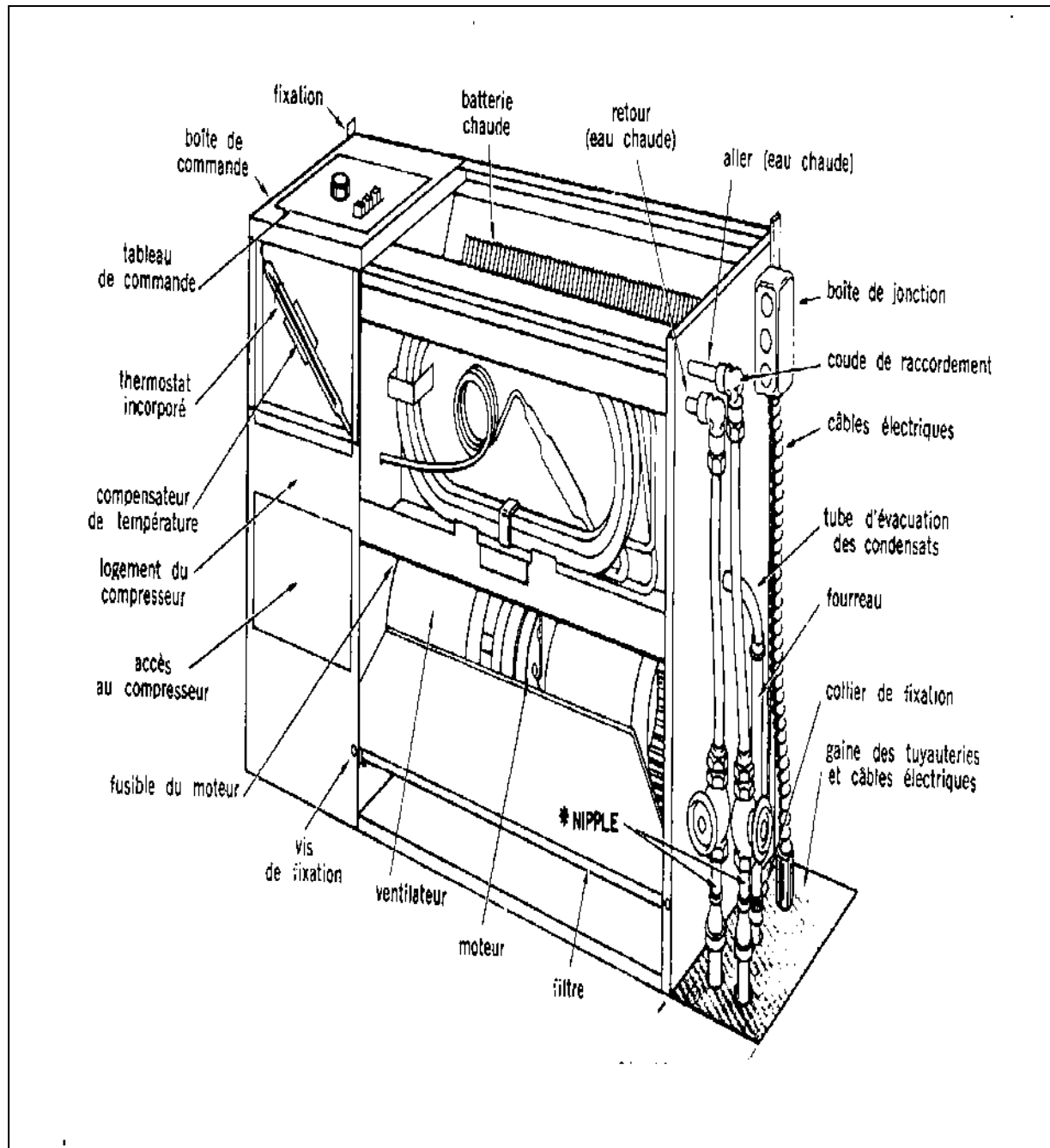


Le refroidisseur d'eau (ou « tour de refroidissement ») permet en été de maintenir l'eau du réseau à une température de 25 à 30°C

### Fonctionnement en 1 :2 saison de ces appareils



### Technologie du ventilo-convecteur avec groupe frigorifique incorporé :



## **II-8 Système de ventilo-convecteurs à 3 tuyaux :**

Les ventilo-convecteurs sont alimentés en toutes saisons par 3 tuyaux :

- Une distribution en eau chaude ;
- Une distribution en eau glacée ;
- Un retour commun (de l'eau chaude ou de l'eau glacée vers la centrale).

### **Avantage du système :**

- Souplesse de fonctionnement : chauffage ou refroidissement possible en tout endroit et à tout instant
- Zonage des locaux non nécessaire ;

### **Inconvénient majeur :**

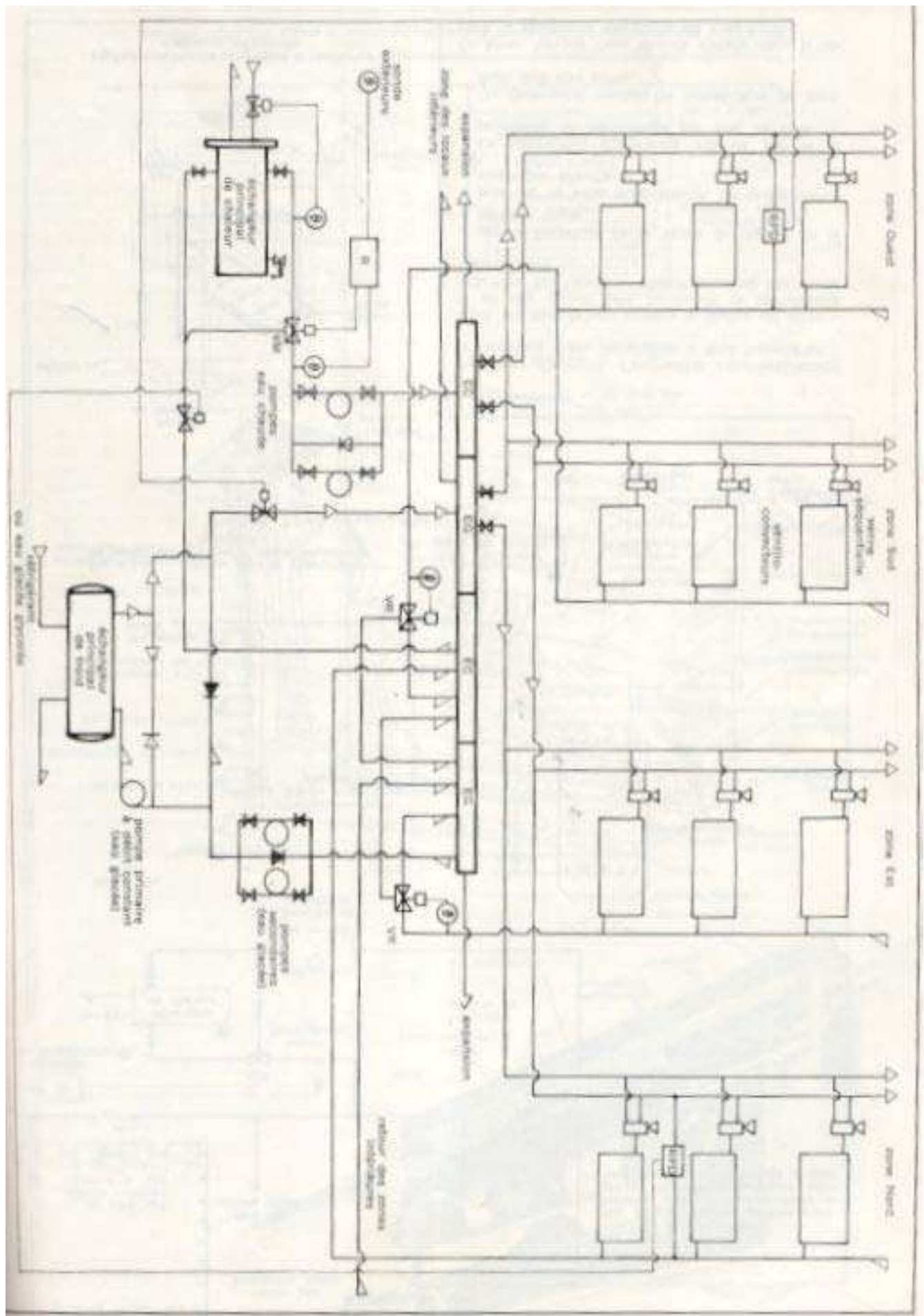
Qui résulte du mélange des retours d'eau chaude et d'eau glacée, soit des dépenses d'exploitation très importantes commutation eau chaude / eau froide non nécessaire de manière centralisée..

Régulation du débit d'eau dans les batteries :

Elle est assurée le plus souvent par une vanne 3 voies à action proportionnelle ;

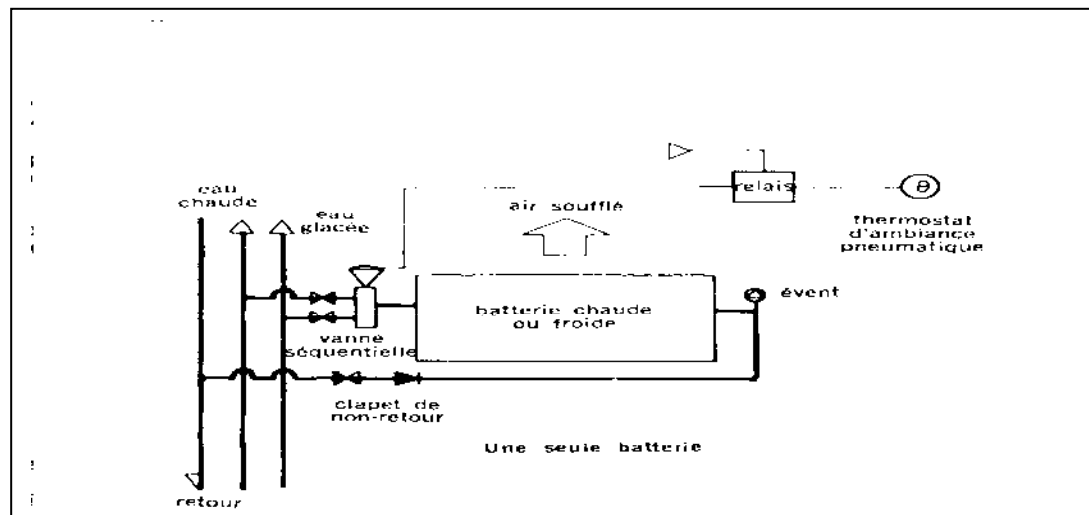
Dans tous les cas, l'eau chaude et l'eau froide ne sont jamais mélangées dans la batterie.  
Manière centralisée.

.

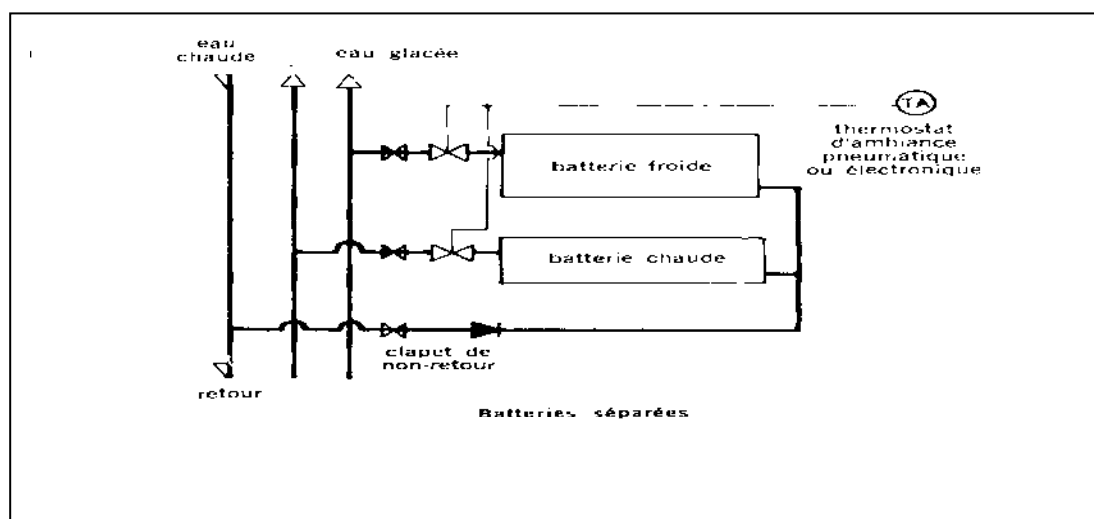


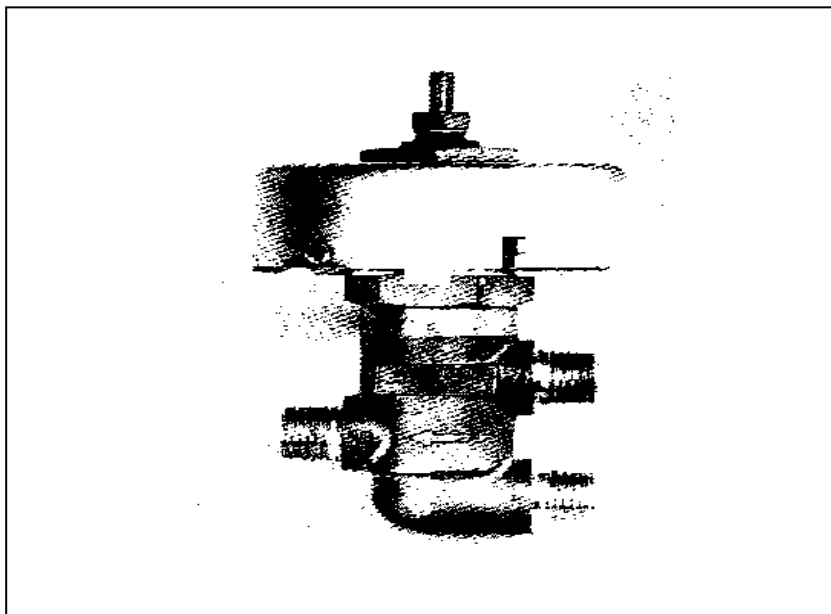
## Exemples de régulation :

Avec une seule batterie



Avec deux batteries.



**Exemple de vanne pneumatique :****II-9 – système de ventilo-convecteurs à 4 tuyaux :**

Les ventilo-convecteurs sont alimentés en toute saison par 4 tuyaux :

- Aller et retour d'eau chaude ;
- aller et retour d'eau glacée

**Principaux avantages**

Frais d'exploitation réduits, car les retours d'eau sont indépendants ;  
Simplicité de régulation.

**Inconvénient :**

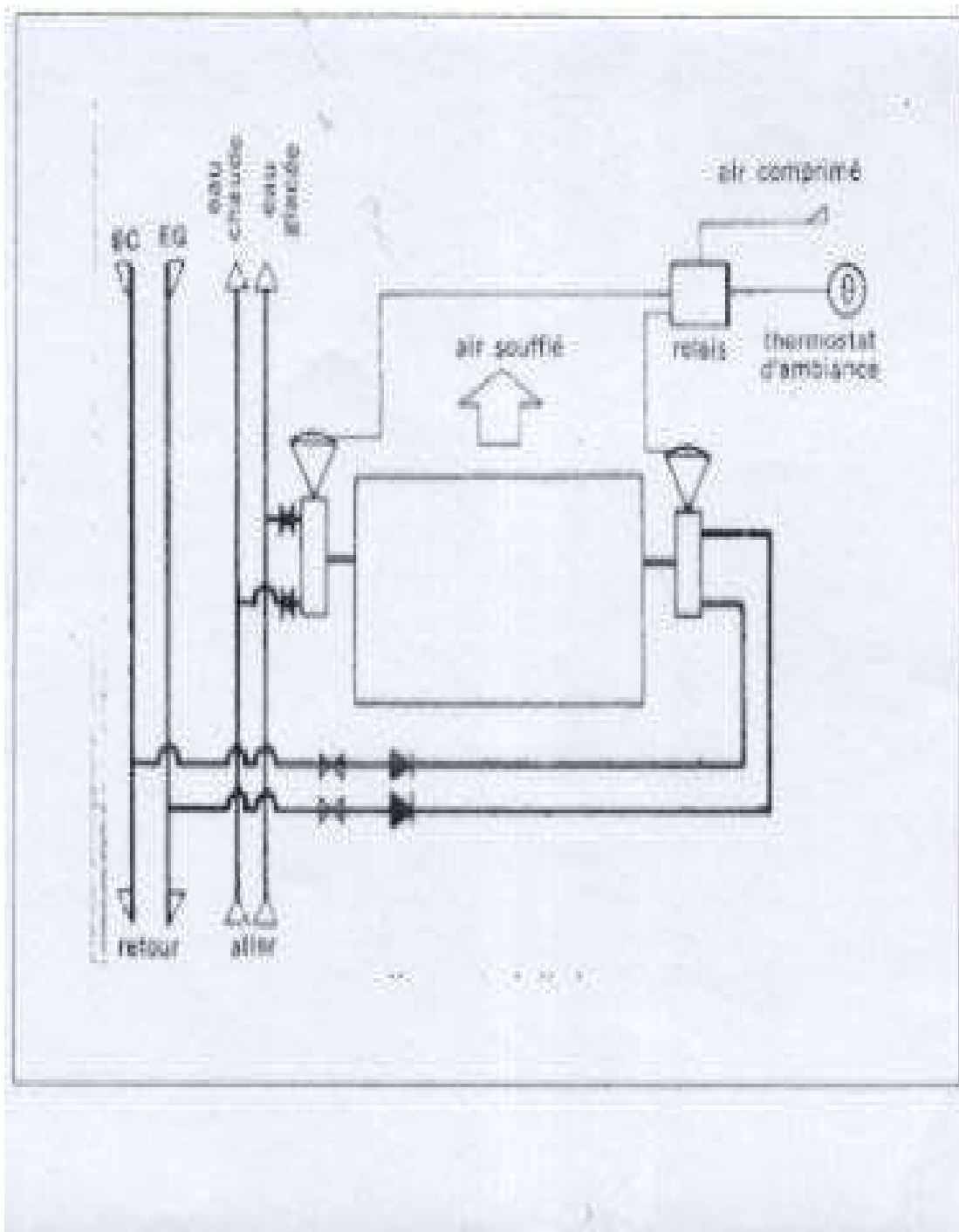
- Frais d'investissements plus élevés.
- Ces système est (de loin) les plus souvent utilisées.

Le schéma d'une telle installation, comprend :

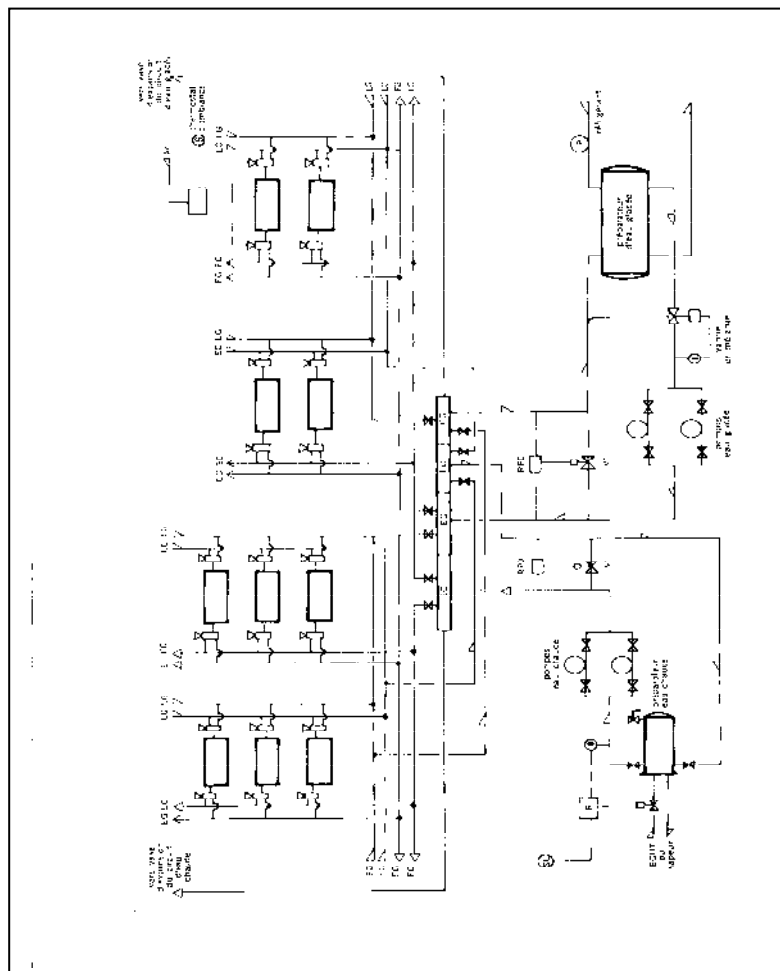
- une préparation centralisée d'eau glacée, avec pompes ;
- un échangeur pour la préparation d'eau chaude, avec pompes ;
- une régulation maintenant constant le débit des pompes, ainsi que la différence de pression entre l'aller et le retour de chaque réseau.

**la régulation au niveau des ventilo-convecteurs**

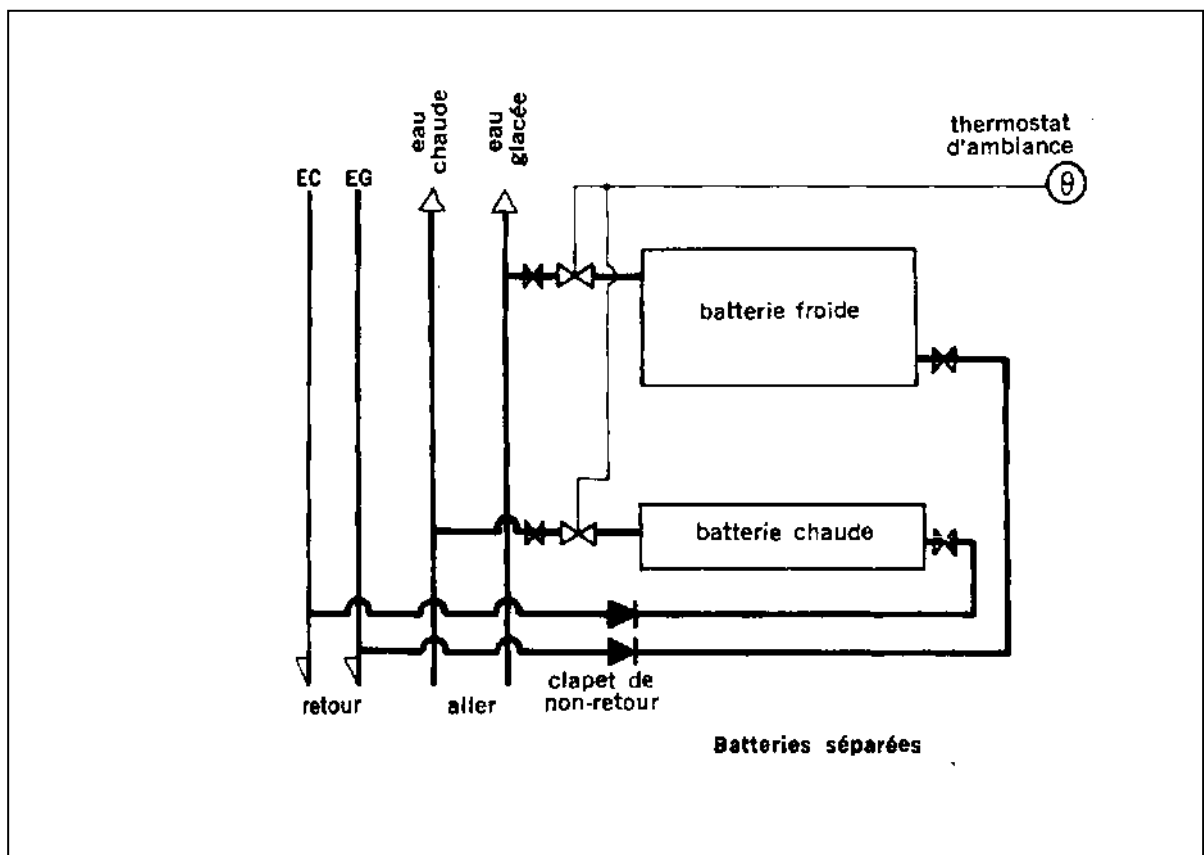
on utilise 2 vannes 3 voies s'il n'y a qu'une batterie (cas du schéma précédent),  
asservies à un thermostat d'ambiance, (l'une à l'entrée l'autre à la sortie) :



## Schéma d'une installation avec ventilo-convecteurs à tuyaux :



Lorsque les ventilo-convecteurs ont deux batteries distinctes, on peut utiliser 2 vannes à 2 voies, l'une montée sur le réseau eau chaude, l'autre sur le réseau eau glacée et asservies à un thermostat d'ambiance.



Ce procédé permet un contrôle précis de la température des locaux.

### **Nota sur l'entretien :**

- Filtre d'air : le filtre d'air est indispensable pour le bon fonctionnement de l'appareil sous peine de colmatage de la batterie d'échange .Il présente l'avantage d'être nettoyable par secouage, à air comprimé à contre –sens, ou dans un bain d'eau froide ou tiède pouvant être nettoyé chaque fois qu'il est colmaté et au moins deux fois par an.
- Bac de récupération des condensas : Vérifier une fois par an que les orifices d'évacuation des condensas ne sont pas obstrués.
- Graissage : le moteur électrique est à paliers autolubrifiants graissés pour la vie du moteur.

### **E - Choix des ventilo-convecteurs.**

La détermination d'un appareil repose sur le choix des puissances chaudes et froides correspondant aux besoins calculés , pour un certain un débit d'air.

Les exemples suivants sont ceux des ventilo-convecteurs CLAT, dont les « numéros de référence » sont de 25,27,29,31,et 33

### **E. 1 Abaque de sélection de l'émission calorifique :**

- Batterie standard, débit d'air maximum
- Exemples d'utilisation : émission calorifique d'un appareil de numéro de référence =29, avec les données suivantes :
  - Température de l'eau à l'entrée de la batterie d'échange : 80°C ;
  - Température de l'eau à la sortie de la batterie d'échange : 65° C ;
  - Température de l'air à la reprise : +18°C

Sur l'abaque, déterminer le point d'intersection de la température d'entrée d'eau avec la différence de température entre l'entrée et la sortie de l'eau.

A partir de ce point, tracer une verticale vers la droite jusqu'au point d'intersection avec la courbe de température d'entrée d'air : +18° C

De ce dernier point, tracer une horizontale vers la droite jusqu'à l'échelle des puissances calorifiques du n° 29. on lit sur cette échelle 8760 kcal/h (débit maximum).

Pour obtenir la puissance calorifique en moyenne et petite vitesse, appliquer les coefficients correcteurs indiqués dans le tableau, soit :

$8760 \times 0,85 = 7440 \text{ kcal/h}$  en moyenne vitesse et

$8760 \times 0,70 = 6130 \text{ kcal/h}$  en petite vitesse.

## **E .2 Abaque de sélection de l'émission frigorifique :**

Exemple d'utilisation : émission frigorifique d'un appareil de numéro de référence =29, pour le débit d'air maximum, avec les données suivantes :

- Température de l'eau à l'entrée de la batterie d'échange : + 7 °C ;
- Température de l'eau à la sortie de la batterie d'échange : +12 °C ;
- Température de l'air à la reprise bulbe sec : 25°C
- Température de l'air à la reprise bulbe humide : 18 °C

Sur l'abaque, déterminer le point d'intersection de la température d'entrée d'eau glacée avec la différence de température entre l'entrée et la sortie d'eau.

A partir de ce point, tracer une verticale vers le bas jusqu'au point d'intersection avec la courbe de température bulbe humide : 18 °C

De ce point, tracer une verticale vers la droite jusqu'à l'échelle des puissances frigorifiques en chaleur totale du n°29.

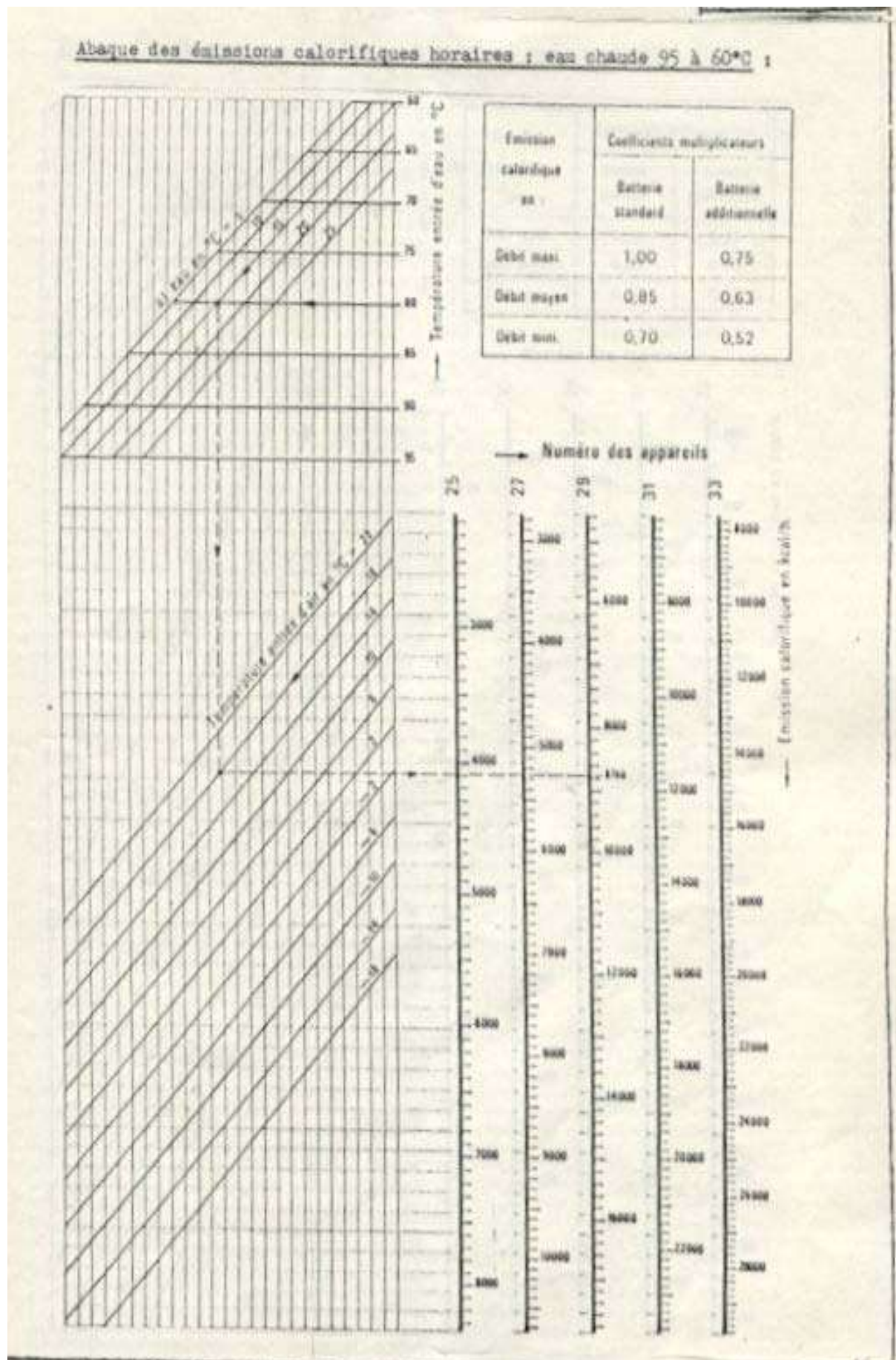
On lit sur cette échelle : 2740 fg/h (débit maximum).

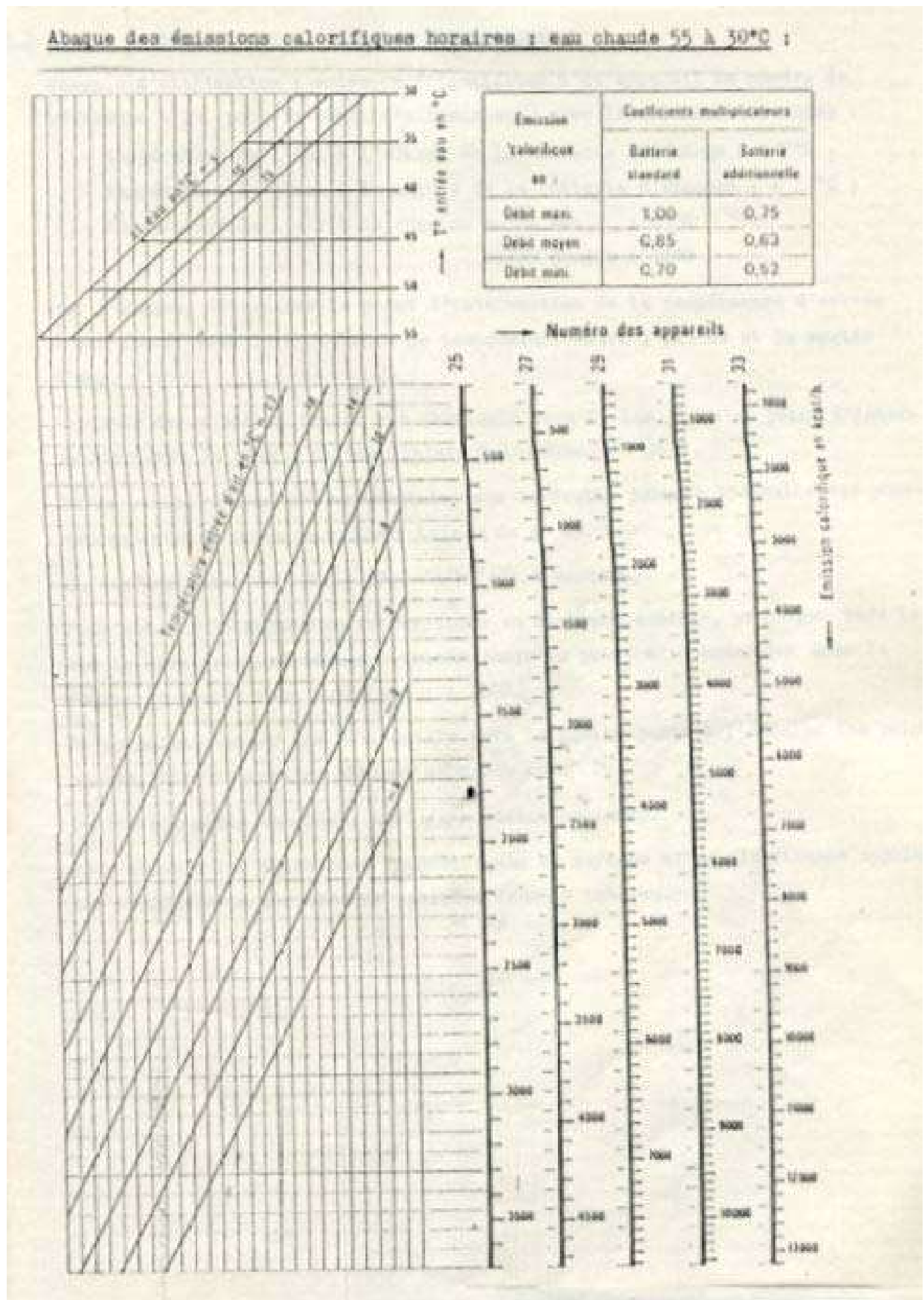
Pour obtenir la puissance frigorifique en chaleur sensible, prolonger vers le bas la verticale précédemment tracé jusqu'au point d'intersection avec la courbe de température bulbe sec : +25°C

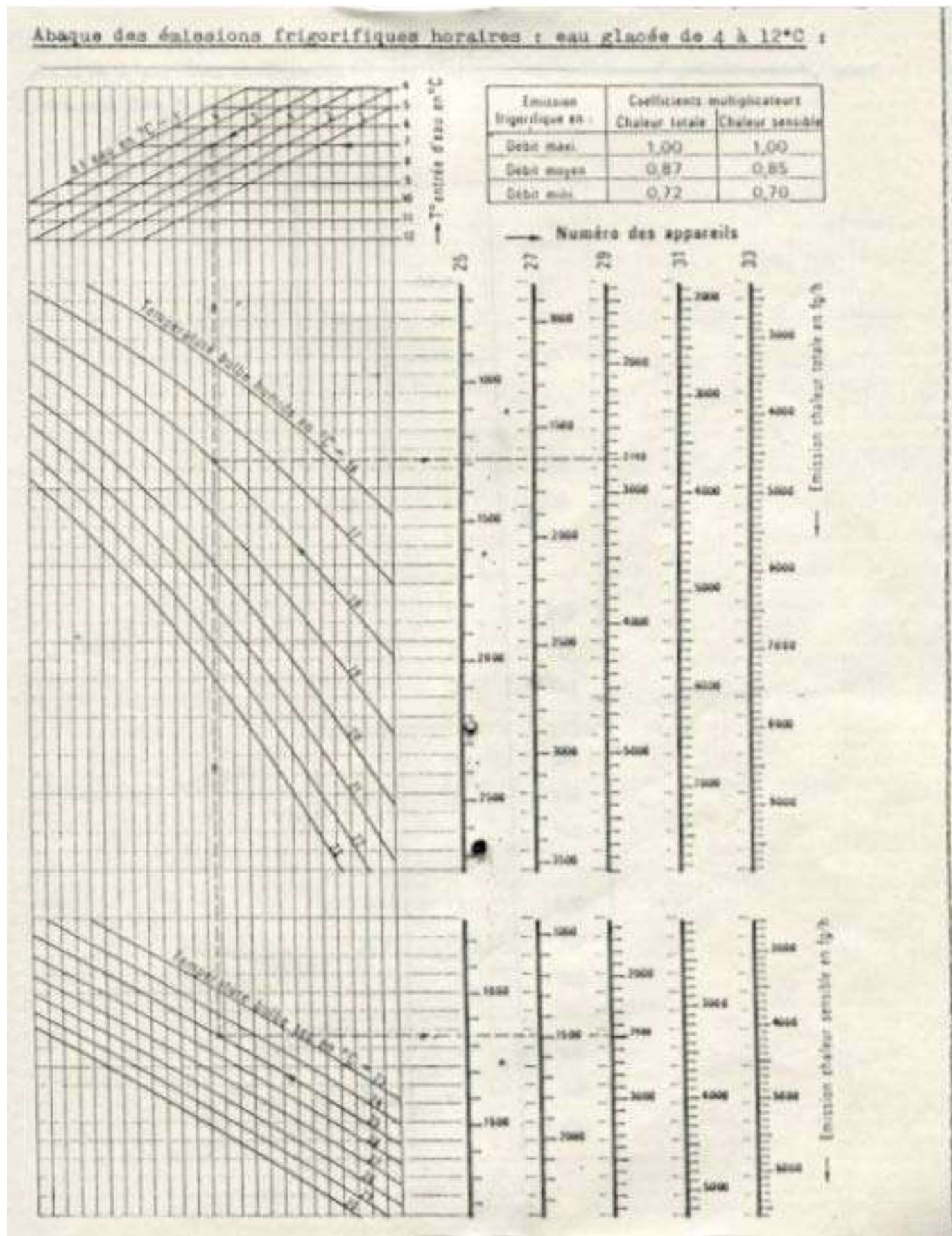
De ce point, tracer une horizontale vers la droite jusqu'à l'échelle des puissances frigorifiques en chaleur sensible du n° 29.

On lit sur cette échelle : 2480 fg/h (débit maximum).

Pour obtenir les puissances frigorifiques en moyenne et petite vitesse appliquer les coefficients correcteurs indiqués dans le tableau.







**NOTA :**

Débit d'air des différents types d'appareils présentés précédemment, pour chacune des 3 allures de soufflage.

| <b>N°</b> | <b>Allure de soufflage</b> | <b>Débit d'air en m<sup>3</sup>/h</b> |
|-----------|----------------------------|---------------------------------------|
| <b>25</b> | <b>1<br/>2<br/>3</b>       | <b>190<br/>270<br/>350</b>            |
| <b>27</b> | <b>1<br/>2<br/>3</b>       | <b>240<br/>340<br/>450</b>            |
| <b>29</b> | <b>1<br/>2<br/>3</b>       | <b>390<br/>560<br/>750</b>            |
| <b>31</b> | <b>1<br/>2<br/>3</b>       | <b>520<br/>750<br/>1000</b>           |
| <b>33</b> | <b>1<br/>2<br/>3</b>       | <b>660<br/>950<br/>1250</b>           |

### III -PROCEDES DE CLIMATISATION MIXTES = AIR ET EAU

Ces procédés utilisent simultanément deux fluides, soit l'air et l'eau, qui sont préparés séparément de manière centralisée et pulsée :

- Pour l'air , dans un réseau de conduites (ou « gaines ») ;
- Pour l'eau , dans un réseau à 2,3 ou 4 tuyauteries.

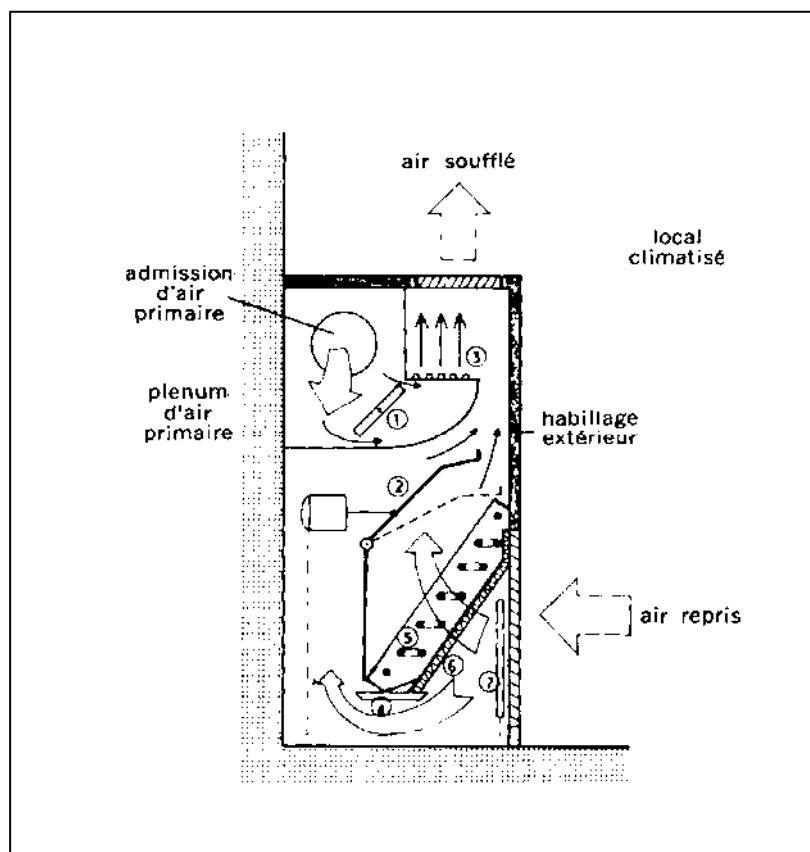
Ils fournissent un confort élevé, par un contrôle précis de la température et de l'humidité.

**On distingue :**

- Les système à éjecto-convecteurs : l'air primaire est préparé, puis distribué aux appareils terminaux (les éjecto-convecteurs), ou' il « induit » une certaine quantité d'air prise au local, l'ensemble étant traité aux conditions adéquates.
- Les systèmes à ventilo-convecteurs, similaires à ceux vus précédemment (chapitre 2), mais dont chaque appareil est alimenté en air neuf traité en centrale.

#### 3-1 Système à éjecto-convecteurs :

##### schéma de principe d'un éjecto-convecteur :



- 1- Réglage du débit d'air primaire.
- 2- Registre de réglage du débit d'air
- 3- Tuyère d'induction.
- 4- Bac d'évacuation des condensas.
- 5- Batterie chaude ou froide
- 6- Filtre sur l'air repris.
- 7- Thermostat d'ambiance

L'habillage extérieur doit absorber le bruit dû aux tuyères.

Le mélange air neuf – air repris s'effectue donc par « induction ».

La régulation comprend :

- un contrôle du débit d'air traversant les batteries, grâce à un registre dérivant une partie de l'air repris, (2)
- Un contrôle du débit d'eau chaude ou d'eau glacée alimentant les batteries, par l'intermédiaire de vannes thermostatiques.

Le thermostat d'ambiance peut commander les débits d'eau (chaude ou froide) ou le débit d'air qui traverse les batteries.

Le « taux d'induction » de l'éjecto-convecteur est le rapport du débit d'air massique induit ( $q_{m,i}$ ) au débit d'air massique d'air primaire ( $q_{m,p}$ ) :

$$\tau = \text{taux d'induction} = q_{m,i} / q_{m,p}$$

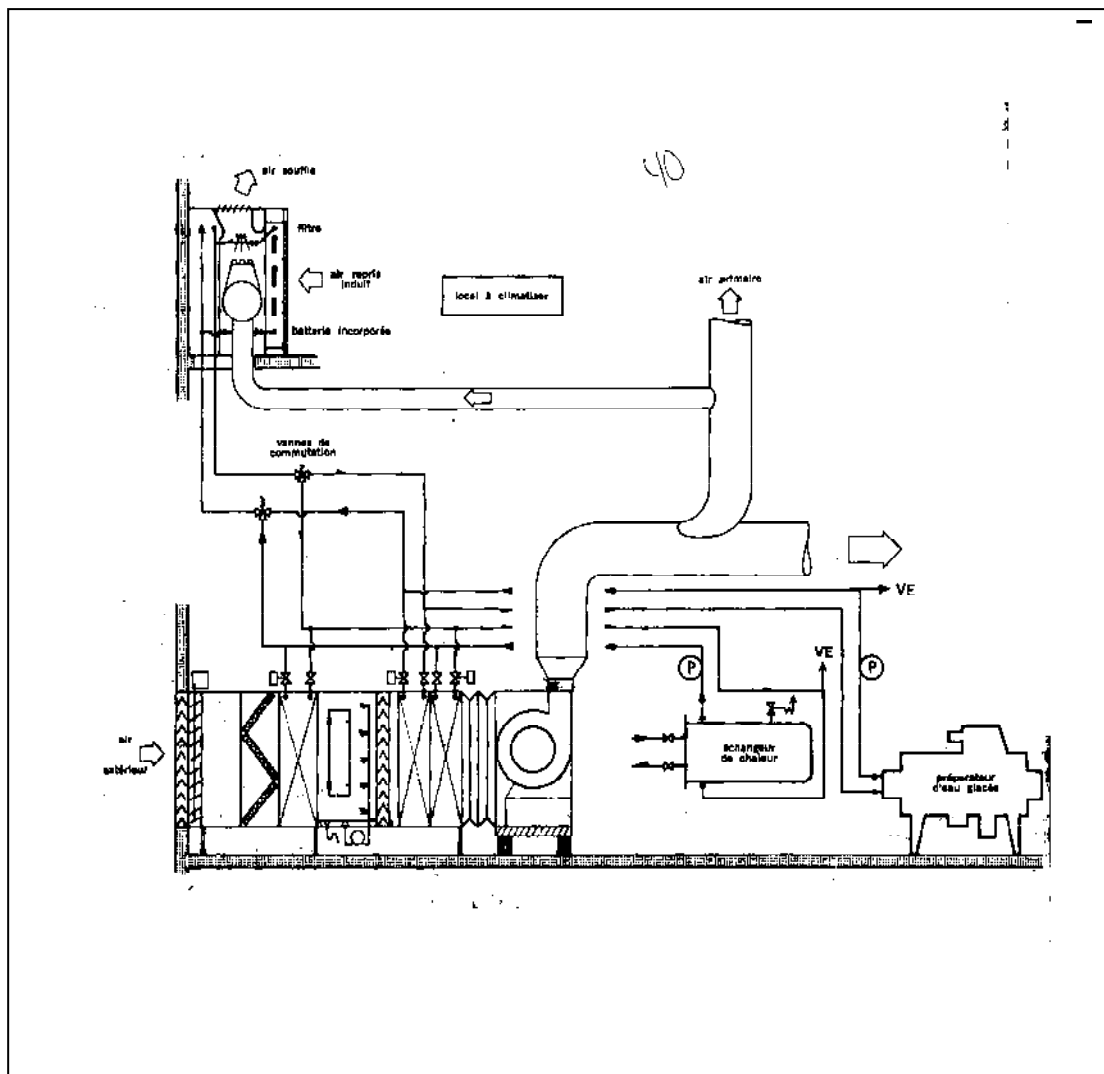
en général,  $\tau$  compris entre 2 et 5 :

- Débit d'air primaire : de 25 à 300 m<sup>3</sup>/h
- Pression moyenne nécessaire aux tuyères : 250 à 1500 Pa
- Puissance froide : de 0,4 à 3,5 kW
- Puissance chaude : de 0,8 à kW.

B- principe de l'installation :

Principe primaire n'est constitué que d'air neuf (extérieur), chauffé et refroidi selon la saison , puis pulsé à grande vitesse et à débit constant jusqu'au éjecto-convecteu

### Schéma de principe d'une installation air-eau à éjecto-covecteurs



L'installation ci-dessus est du type « à deux tuyaux », c'est-à-dire un aller et un retour d'eau chaude ou d'eau glacée.

Il existe des installations à 3 tuyaux (avec retour commun) et à 4 tuyaux.

Les avantages et les inconvénients de ces différentes installations sont rapprochés de ceux avec ventilo-convecteurs vus précédemment.

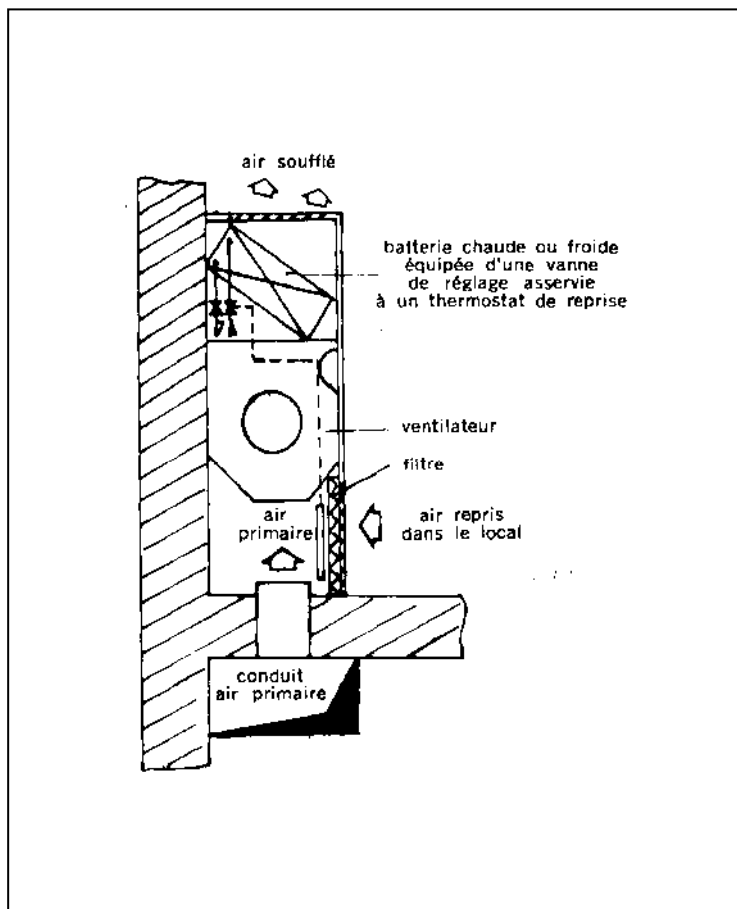
### 3-2 système à ventilo-convecteurs :

Dans le cas des installations mixtes air-eau, un réseau d'air alimente chaque ventilo-convecteur en air neuf traité.

Cet air neuf traité se mélange dans le ventilo-convecteur à l'air repris dans le local : il doit uniquement **renouveler** l'air des locaux à climatiser.

Il n'a aucun rôle d'induction, car ici, le ventilateur de l'appareil souffle l'air mélangé dans le local

#### Schéma d'un ventilo-convecteur, air arrivée d'air primaire :



Ce système est donc composé de deux procédés juxtaposés :

- Un procédé à eau ventilo-convecteur.
- Un procédé à air total avec débit constant et 1 seul conduit.
- la distribution d'air neuf et les canalisations sont implantées en faux-plafond du couloir de circulation ;
- le ventilo-convecteur est situé dans le faux-plafond de l'entrée ;
- remarquer le sens de circulation de l'air (air neuf, air soufflé et repris, air extrait).

Ce système est moins coûteux que l'installation à éjecto-convecteurs.

Néanmoins, il ne permet pas un bon contrôle du degré hygrométrique ; il est ainsi adapté à la climatisation de locaux nécessitant un grand renouvellement d'air (à fort occupation tels que salles de réunions, restaurants) éliminant l'humidité (piscines)

**Evaluation :**

Les stagiaires devront être capables :

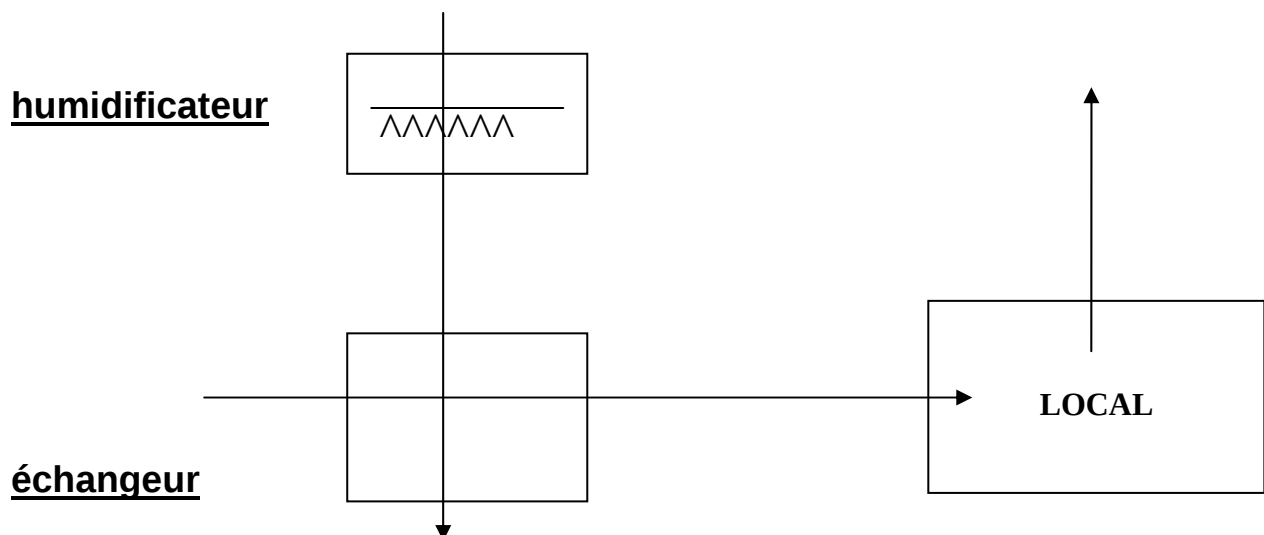
- De fournir la liste des principaux procédés de climatisation, et de décrire les différents systèmes à air total, à eau pulsée et mixtes, (avantages et inconvénients) ;
- De tracer les schémas de fonctionnement de chaque système, d'expliquer les principes de leur régulation et la technologie des équipements.

**Nota sur « REFROIDISSEMENT INDIRECT PAR EVAPORATION D'EAU » :**

Il est proposé ici deux systèmes représentés schématiquement ci-après :

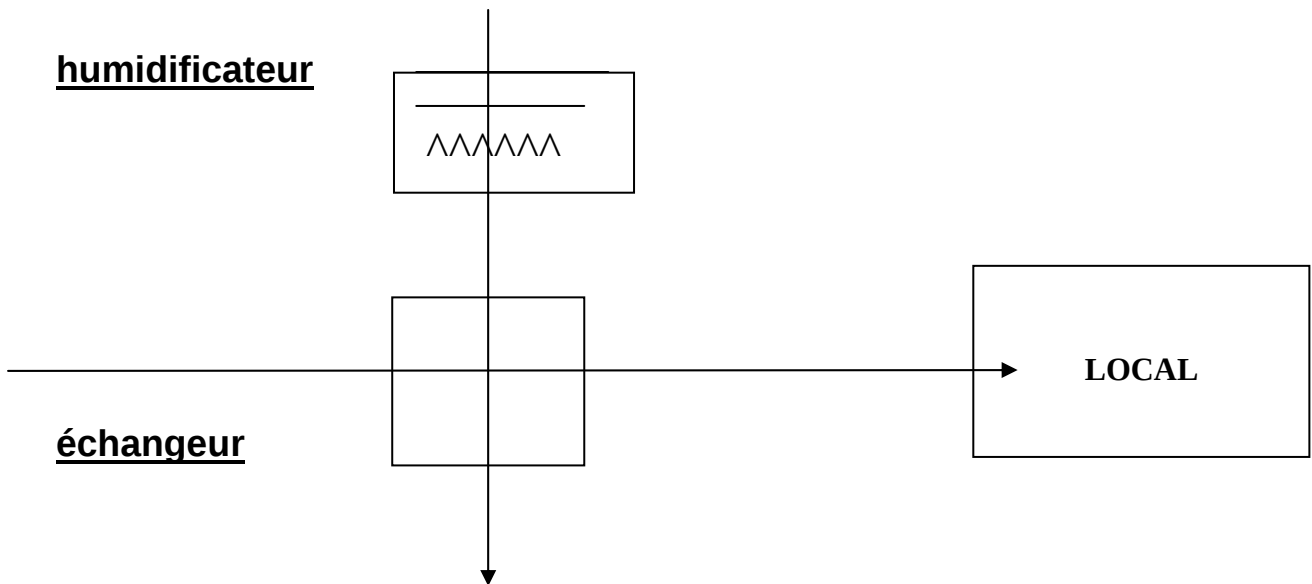
a) l'air entrant est refroidi par échange de chaleur avec de l'air extérieur, lui-même refroidi par évaporation d'eau.

Le débit d'air extérieur passant dans l'humidificateur est beaucoup plus important que le débit d'air entrant dans le local à rafraîchir.



B) l'air est encore refroidi par échange de chaleur, mais plus avec de l'air extérieur : On utilise alors **l'air sortant** du local, et refroidi par évaporation d'eau.

Le débit d'air passant dans l'humidificateur est alors plus faible que dans le cas précédent, par exemple égal au débit d'air entrant le local. Mais cet air est plus froid que l'air extérieur, du moins pendant les heures chaudes de la journée, grâce à l'inertie de la construction.

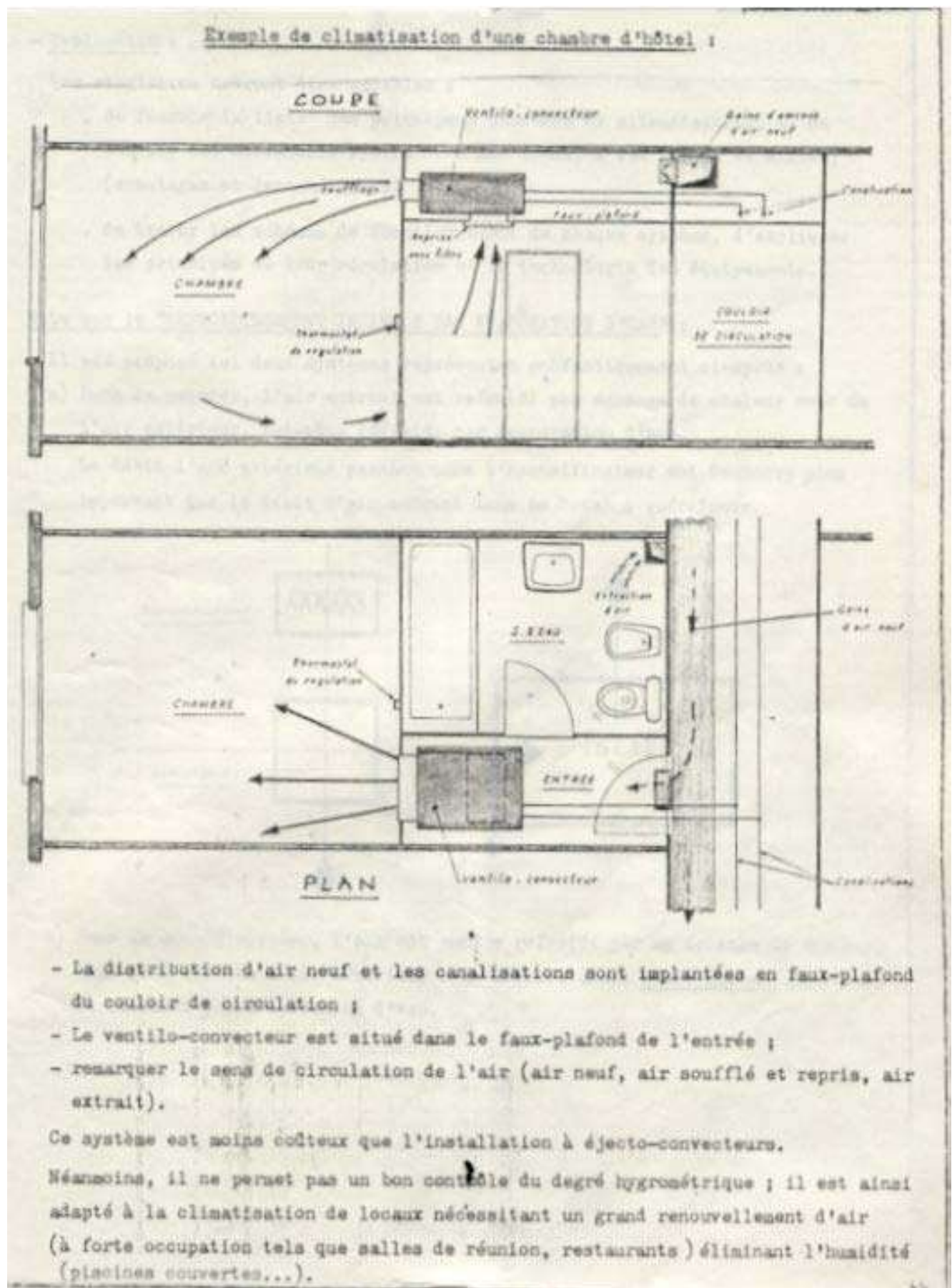


Ces 2 systèmes (a et b) donnent des résultats à peu près équivalents.

Le second système (b) est meilleur lorsque l'inertie de la construction est forte et qu'il y a de très bonnes protections solaires.

Sinon le premier système est préférable.

Il convient de noter que ces 2 systèmes n'accroissent pas l'humidité du local, Contrairement au système encore plus simple d'humidification (donc refroidissement) direct de l'air introduit et qu'ils ne nécessitent donc pas de batterie froide (à eau ou à détente directe).



|                                          |
|------------------------------------------|
| <b>GUIDE DES<br/>EXERCICES PRATIQUES</b> |
|------------------------------------------|

## I. TP1. Principe de climatisation à air total

- I.1. présenter les équipements d'un système de climatisation à air total
- I.2. présenter le classement des systèmes de climatisation
- I.3. présenter le classement des systèmes à un seul conduit à débit constant
- I.4. donner les exemples des systèmes compacts
- I.5. présenter l'exemple de refroidissement de plusieurs locaux au moyen d'un seul climatiseur
- I.6. citer les différences entre un climatiseur de type fenêtre et une armoire de climatisation
- I.7. expliquer pourquoi à la solution condenseur refroidi par air on préfère la condensation par eau dans une armoire de climatisation
- I.8. pour des raisons d'économie d'eau avec quel appareil est relié le circuit d'eau, . présenter le schéma en appoint
- I.9. expliquer la différence entre le système uni zone et multi zones
- I.10. présenter un exemple d'assemblage d'une centrale de traitement d'air
- I.11. présenter un exemple de contrôle des conditions dans une centrale de traitement d'air
  - de température
  - d'humidité
  - de ventilation
- I.12. présenter le schéma de principe du système uni zone avec réchauffage terminal
  - expliquer le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer le réglage des conditions dans les zones
- I.13. présenter le schéma de principe du système multi zones
  - expliquer le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer le réglage des conditions dans les zones
- I.14. présenter le schéma de principe du système à un seul conduit et à débit variable
  - expliquer le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer le réglage des conditions dans les zones
- I.15. présenter le schéma de principe du système à deux conduits
  - expliquer le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer le réglage des conditions dans les zones

**II-TP2 : Procédés de climatisation à eau pulsée**

- II.1. présenter la classification des systèmes à ventilo convecteurs
- II.2. expliquer le principe à ventilo convecteurs
- II.3. présenter le schéma représentant les différents équipements d'un système de climatisation à ventilo convecteurs
- II.4. présenter le schéma d'un ventilo convecteur donner sa description
- II.5. citer les différents types de ventilo-covecteurs
- II.6. présenter les différents types des batteries chaudes et froides installées dans un ventilo-convecteur
- II.7. comment peut –on-résoudre le problème du bruit d'un ventilo-convecteur ?
- II.8. présenter le schéma de réglage de la vitesse de rotation du ventilo-convecteur de soufflage
  - mural
  - automatique
  - expliquer le fonctionnement
- II.9. expliquer de quelle façon peuvent être installés les ventilo-convecteurs
- II.10. expliquer l'installation « en allège »
- II.11. présenter le schéma d'installation de ventilo-convecteurs à deux tuyaux
  - expliquer le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer le réglage des conditions dans les zones et la régulation de l'installation
- II.12. présenter le schéma d'installation à deux tuyaux et avec groupe frigorifique incorporé à chaque ventilo-convecteur
  - expliquer le principe de fonctionnent
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer la régulation :
    - en été
    - en hiver
    - en ½ saison
- II.13. présenter le schéma d'installation de ventilo-convecteurs à trois tuyaux
  - explique le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer la régulation de l'installation
  - présenter la régulation de ventilo-covecteur :
    - avec une seule batterie
    - avec deux batteries
- II.14. présenter le schéma d'installation des ventilo-covecteurs à 4 tuyaux
  - expliquer le principe de fonctionnement
  - citer les avantages et les inconvénients
  - expliquer la régulation de l'installation
  - présenter la régulation de ventilo-convecteurs :
    - avec un seul tuyaux
    - avec 2 tuyaux
- II.15. sélectionner les ventilo-covecteurs suivant les puissances données

### **III-TP3 : Procédés de climatisation mixtes**

- III.1. présenter le schéma représentant les différents équipements d'un système de climatisation mixte
- III.2. présenter la classification des systèmes mixtes
- III.3. expliquer le principe des systèmes mixtes
- III.4. présenter le schéma

**Liste des références bibliographiques**

| <b><i>Ouvrage</i></b>                            | <b><i>Auteur</i></b>   | <b><i>Edition</i></b> |
|--------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Manuel de conditionnement d'air                  | G. ANDREIFF de NOTBEEK |                       |
| Manuel pratique du génie climatique              | le RECKNAGEL           |                       |
| Procèdes de climatisation                        | G. PORCHER             |                       |
| Le conditionnement d'air (encyclopédie du froid) | A.JUDET de la COMBE    |                       |
| Manuel de climatisation                          | TRANE                  |                       |
| Manuel de climatisation                          | CARRIER                |                       |