

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

FROID ET GÉNIE THERMIQUE

RÉSUMÉ THÉORIQUE & GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

Module n° 17a

TECHNIQUES DE CHAUFFAGE

SPECIALITE :

TECHNICIEN SPECIALISE EN GENIE CLIMATIQUE

Niveau : Technicien

MAI 2007

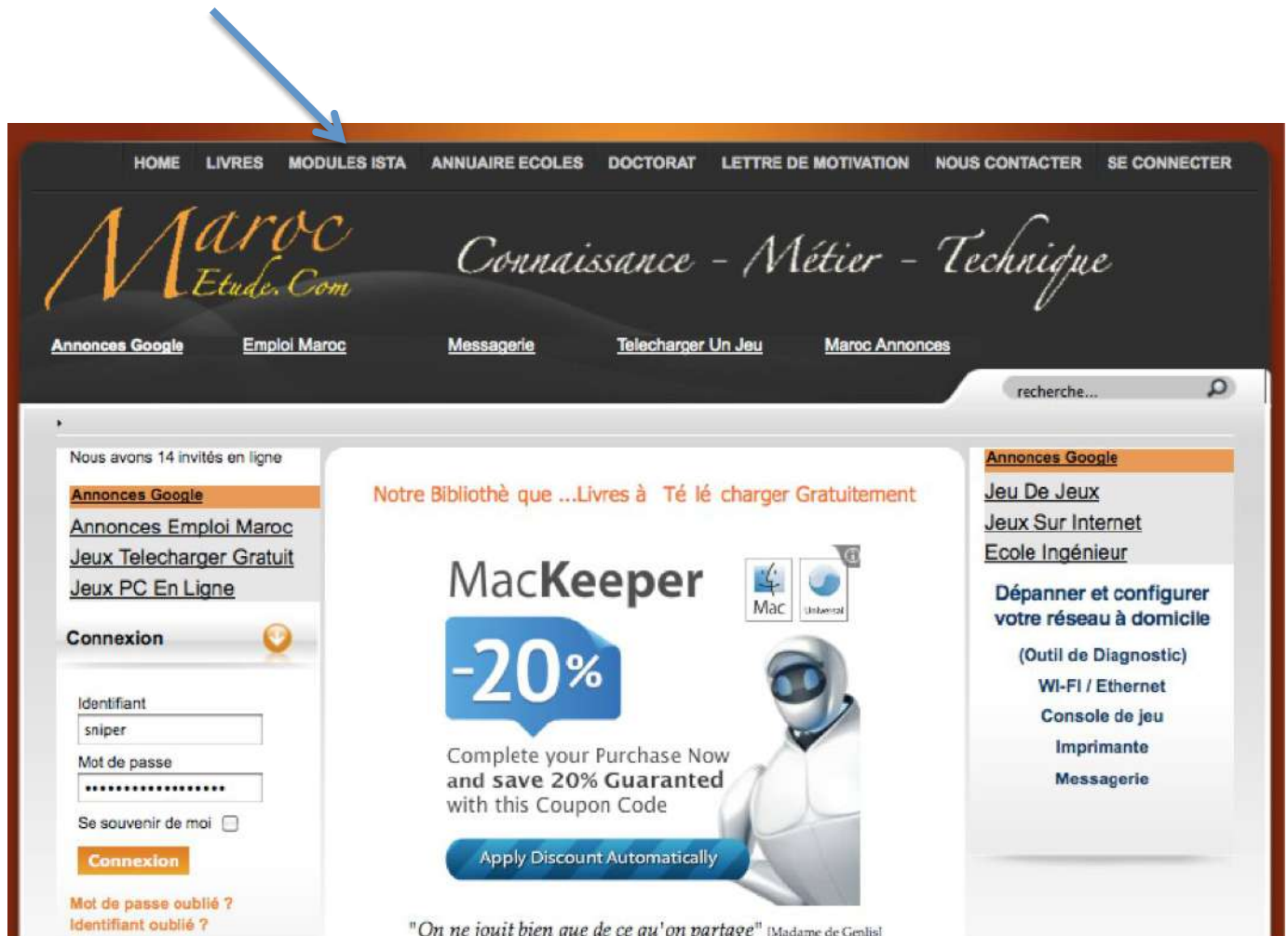


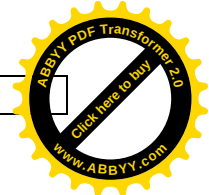
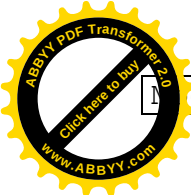
PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

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

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)





REMERCIEMENTS

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

Pour la supervision :

M. BOUJNANE Mohamed Chef du pôle Froid et Génie Thermique

Pour l'élaboration

M. Mahboub Formateur à l'ISGTF

Pour la validation

Patrick DELPECH Formateur au G.E.F.En

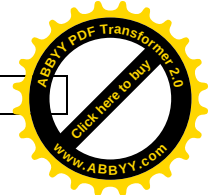
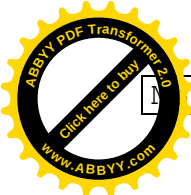
M. Eric DENIEUL Formateur au G.E.F.En

Pour la révision :

M. BOUJNANE Mohamed Chef du pôle Froid et Génie Thermique

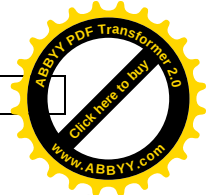
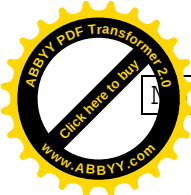
Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.

M. SAID SLAOUI
DRIF

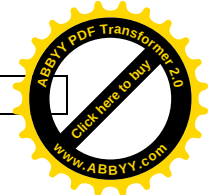
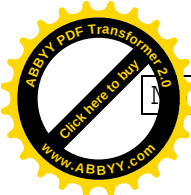


SOMMAIRE

I. Calcul des déperditions	7
<i>I.1 Présentation</i>	<i>7</i>
<i>I.2 Importance des déperditions</i>	<i>7</i>
<i>I.3 Apports gratuits</i>	<i>8</i>
<i>I.4 Les postes de calcul des déperditions.....</i>	<i>8</i>
<i>I.5 Calcul des déperditions</i>	<i>9</i>
II. Les émetteurs de chaleur.....	14
<i>II.1 Rôle des émetteurs</i>	<i>14</i>
<i>II.2 Transmission de la chaleur</i>	<i>14</i>
<i>II.3 Technologie des radiateurs</i>	<i>15</i>
<i>II.4 Règles d'installation des émetteurs.....</i>	<i>16</i>
<i>II.5 Règles d'exploitation des émetteurs.....</i>	<i>17</i>
<i>II.6 Convecteurs</i>	<i>17</i>
<i>II.7 Plancher chauffant</i>	<i>18</i>
<i>II.8 Ventilo convecteur, aérotherme.....</i>	<i>19</i>
<i>II.9 Notion de confort et de température résultante</i>	<i>19</i>
III. Les circuits de chauffage.....	21
<i>III.1 Les régimes de température.....</i>	<i>21</i>
<i>III.2 Les circuits monotubes.....</i>	<i>21</i>
<i>III.3 Les circuits bitubes.....</i>	<i>24</i>
IV. Distributions de chauffage dans les bâtiments	27
<i>IV.1 Définitions</i>	<i>27</i>
<i>IV.2 Les distributions collectives de type "parapluie".....</i>	<i>27</i>
<i>IV.3 Les distributions collectives de type "chandelles"</i>	<i>28</i>
<i>IV.4 Les distributions de type horizontale par logement.....</i>	<i>29</i>
<i>IV.5 Les distributions de type "Chauffage Individuel Centralisé" (C.I.C.).....</i>	<i>29</i>
<i>IV.6 Combinaisons de différents modes de raccordement.....</i>	<i>30</i>
V. Les pompes des circuits de chauffage.....	32
<i>V.1 Présentation.....</i>	<i>32</i>
<i>V.2 Les débits des pompes des circuits de chauffage.....</i>	<i>33</i>
<i>V.3 Pressions fournies par les pompes de chauffage</i>	<i>33</i>
<i>V.4 La hauteur manométrique des pompes</i>	<i>33</i>
<i>V.5 La courbe caractéristique d'une pompe</i>	<i>34</i>
VI. L'expansion et la sécurité des circuits de chauffage.....	35
<i>VI.1 Généralités.....</i>	<i>35</i>
<i>VI.2 Le vase ouvert</i>	<i>35</i>
<i>VI.3 Le vase fermé à pression variable</i>	<i>36</i>
<i>VI.4 Le groupe de maintien de pression (GMP)</i>	<i>39</i>



<i>VI.5 Le vase fermé à pression constante</i>	<i>41</i>
<i>TESTS.....</i>	<i>44</i>
<i>Définitions</i>	<i>44</i>
<i>Les distributions collectives de type "parapluie".....</i>	<i>44</i>
<i>Les distributions collectives de type "chandelles".....</i>	<i>46</i>
<i>Les distributions de type horizontale par logement</i>	<i>47</i>
<i>IV.5 Les distributions de type "Chauffage Individuel Centralisé" (CIC).....</i>	<i>48</i>
<i>IV.6 Combinaisons de différents modes de raccordement.....</i>	<i>49</i>



Remerciements

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

Pour la supervision :

<i>M. GHRAIRI Rachid</i>	<i>Directeur du CDC Froid et Génie Thermique</i>
<i>M. BOUJNANE Mohamed</i>	<i>Chef du pôle Froid et Génie Thermique</i>

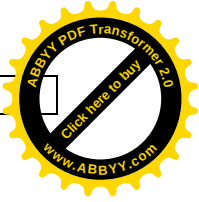
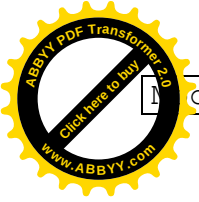
Pour l'élaboration

Pour la validation :

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.

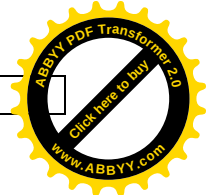
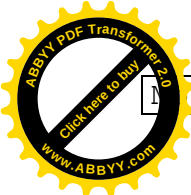
MR. SAID SLAOUI
DRIF

Document supervisé par le G.E.F.En



MODULE 17A	TECHNOLOGIE DE CHAUFFAGE
-------------------	---------------------------------

Durée 42 H



I. CALCUL DES DEPERDITIONS

I.1 Présentation

Si un objet, un volume (local, bâtiment) est à une température plus élevée que le milieu extérieur qui l'entoure, il perd de la chaleur et baisse en température. L'unité de chaleur est le joule. Si l'on calcule la quantité de chaleur perdue par un volume à chaque seconde, on obtient une puissance perdue en watt (joule/seconde) appelée déperdition.

Pour empêcher la baisse de température engendrée par la déperdition, il faut qu'un système de chauffage apporte à l'intérieur du volume une puissance égale.

Les déperditions D sont en général calculées pour un $^{\circ}\text{C}$ d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. Elles correspondent alors à la perte de chaleur du local ou bâtiment étudié lorsqu'il se trouve à une température intérieure supérieure de 1°C à celle de l'extérieur. Les déperditions sont alors exprimées en $\text{W}/^{\circ}\text{C}$.

On peut bien sûr en déduire la déperdition du local étudié lorsque l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur sera plus important. Particulièrement, l'installateur du chauffage calculera la déperdition maximale à combattre lorsque la température extérieure sera à son minimum (température extérieure de base, -7°C en région parisienne).

Exemple :

La déperdition par $^{\circ}\text{C}$ d'un local est de $50 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$. Quelle sera en W sa déperdition lorsqu'il sera chauffé à 20°C , par une température extérieure minimale de -7°C ?

Sa déperdition sera alors de $50 \times (20 - (-7)) = 1\,350 \text{ W}$.

Le chauffagiste devra installer un émetteur de $1\,350 \text{ W}$ au moins pour éviter une baisse de température intérieure du local.

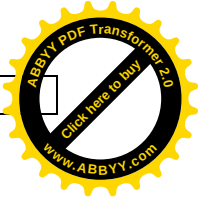
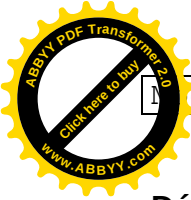
I.2 Importance des déperditions

Déperdition en $\text{W}/^{\circ}\text{C}$

Elles dépendent :

- De l'importance de la surface de contact entre le local étudié et « l'extérieur » (surface des parois donnant sur l'extérieur ou sur d'autres locaux moins chauffés)
- De la nature des parois donnant sur l'extérieur ou sur d'autres locaux moins chauffés (mur avec isolation, sans isolation, simple vitrage, double vitrage etc.)
- Des entrées d'air extérieur (infiltration, aération)

Ordre de grandeur des déperditions en $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ pour 1 m^3		
	Construction ancienne	Construction récente
Pavillon	2,5	1,25
Logement	1,5	0,75



Déperdition totale en W :

Elles dépendent comme précédemment :

- De l'importance des surfaces de contact avec « l'extérieur »
- De la nature des parois donnant sur l'extérieur (isolation, type de vitrage)
- Des entrées d'air extérieur (infiltration, aération)

Et de plus :

- De l'écart de température entre l'intérieur (température de chauffage) et l'extérieur (température extérieure de base).

1.3 Apports gratuits

On appelle **apports gratuits** les apports de chaleur susceptibles de compenser les déperditions.

Il s'agit :

- des rayons du soleil
- des appareils électroménagers
- des ordinateurs
- de l'éclairage
- ...

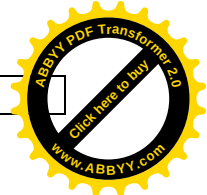
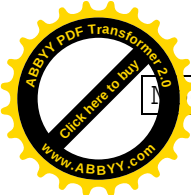
Aucun de ces apports gratuits n'est pris en compte dans le calcul des déperditions d'un local ou d'un bâtiment. En effet, on souhaite que la puissance du système de chauffage installé soit suffisante pour maintenir la température intérieure **sans aucune aide** (par exemple la nuit en l'absence de soleil, d'éclairage etc.).

En conséquence, la déperdition d'un logement orienté au nord sera identique à celle d'un logement orienté au sud (ils disposeront des mêmes radiateurs). Cependant, du fait des apports gratuits, leurs consommations de chauffage pourront être nettement différentes.

Par contre, il est d'usage de ne pas tenir compte de perte de chaleur vers d'autres locaux normalement à la même température, comme les logements voisins.

1.4 Les postes de calcul des déperditions

- Les **déperditions surfaciques** = pertes par les murs, la toiture, les ouvrants (porte, fenêtres...). Ces pertes de chaleur représentent 50 à 60 % des déperditions.
- Les **déperditions linéiques** ou ponts thermiques au niveau des liaisons entre dalles, murs extérieurs, cloisons, ... Ces pertes de chaleur représentent 10 à 20 % des déperditions.
- Les **déperditions par le sol posé sur terre plein**. Ces déperditions n'existent que pour les locaux enterrés ou en rez de chaussée, elles sont de l'ordre de 10 %.



- Les **dépériences par infiltration et renouvellement d'air neuf** dues l'introduction d'air neuf. Elles sont de l'ordre de 30 %.

Si l'objectif est la détermination des émetteurs à installer, le calcul s'effectuera local par local.

Si l'objectif est seulement la détermination de la chaudière à installer pour alimenter l'ensemble des émetteurs, le calcul pourra s'effectuer pour l'ensemble des locaux en même temps.

1.5 Calcul des dépenses

Postes de dépense par transmissions surfaciques (calculées en W/°C)

Vers l'extérieur

Ces pertes dépendent :

- des matériaux de construction des parois extérieures (bois, béton, isolant, ...)
- de la surface A en [m²] de la paroi en contact avec l'extérieur

Vers les locaux voisins « non chauffés » (Locaux Non Chauffés : LNC).

Ces locaux type garage, grenier, cage d'escalier, sont appelés « locaux non chauffés » bien qu'ils le soient parfois (mais pas à la même température que les logements).

Ces pertes dépendent :

- des matériaux de construction des cloisons de séparation (bois, béton, isolant, ...)
- de la surface A en [m²] de la cloison en contact avec le local non chauffé
- de la température du local « non chauffé »

Lorsque tous les postes de dépenses en W/°C auront été calculés (vers l'extérieur et vers les LNC), leur somme sera au final multipliée par l'écart de température intérieure / extérieure, pour obtenir la dépense totale en W. De ce fait, il est nécessaire d'intégrer auparavant que les locaux « non chauffés » ne sont pas en général aussi froids que l'extérieur. Cela sera effectué par la prise en compte d'un coefficient b minoratif des dépenses vers ces locaux (en comparaison de celles vers l'extérieur).

Les matériaux de construction sont caractérisés par leur coefficient d'échange thermique U :

$$U \text{ en } [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

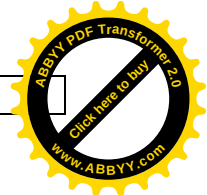
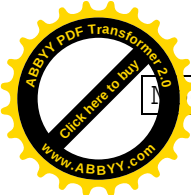
Le coefficient U représente la puissance perdue par 1 [m²] de la paroi pour un écart de température de 1 [°C].

Calcul de la dépense surfacique

Vers l'extérieur

$$Ds = U \times A$$

Avec : Ds : dépense surfacique en W/°C



U : coefficient de déperdition surfacique en $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$

A : surface de paroi en m^2

Vers les locaux voisins « non chauffés »

$$Ds = b \times U \times A$$

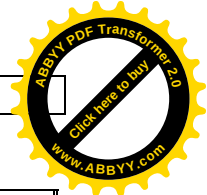
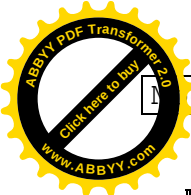
Avec : b : coefficient minoratif pris en compte pour les locaux « non chauffés »

ORDRE DE GRANDEUR DES COEFFICIENTS U DE DEPERDITION SURFACIQUE

Paroi	Coefficient U [W/(m ² .K)]
Terrasse ou mur plein, non isolé	3
Terrasse ou mur creux, non isolé (briques creuses, parpaings, ...)	2,5
Terrasse ou mur isolé, construction récente	0,5
Vitrage simple sur châssis métallique	6
Vitrage simple sur châssis non métallique (bois, PVC)	5
Vitrage double sur châssis métallique	4
Vitrage double sur châssis non métallique	3
Porte bois pleine	3
Porte bois creuse	2
Cloison légère pleine	3,5
Cloison légère creuse	2,5

COEFFICIENTS DE REDUCTION DE TEMPERATURE b

Description du local non chauffé	Coefficient b
Hall d'entrée non chauffé d'un immeuble	0,8
Hall d'entrée chauffé de 12 à 15 °C	0,2
Cage d'escalier centrale séparée de l'extérieur par un sas d'entrée	0,3
Cage d'escalier chauffée de 12 à 15 °C	0,2
Cage d'escalier centrale donnant directement sur l'extérieur	0,4
Comble non chauffé séparé des locaux chauffés par une paroi isolée	0,9
Comble non chauffé séparé des locaux chauffés par une paroi non isolée	0,8
Vide sanitaire aéré d'un bâtiment ancien	0,5
Vide sanitaire aéré d'un bâtiment récent	0,7
Vide sanitaire non aéré d'un bâtiment ancien	0,3
Vide sanitaire non aéré d'un bâtiment récent	0,5



Cave, garage, sous-sol d'un bâtiment :	
très enterré, plafond non isolé	0,4
très enterré, plafond isolé	0,7
peu enterré, plafond non isolé	0,6
peu enterré, plafond isolé	0,8

Calcul des déperditions par transmissions linéiques en W/°C

Les déperditions linéiques interviennent à chaque liaison entre 2 parois. Chaque liaison est un cas particulier. Un calcul précis de ces déperditions nécessite une étude au cas par cas et de nombreuses recherches.

Pour une étude rapide, on estimera simplement les déperditions linéiques à :

- 10 % de la déperdition surfacique pour des logements faiblement isolés.
- 20 % de la déperdition surfacique pour des logements bien isolés.

On peut être surpris que les déperditions linéiques des locaux bien isolés correspondent à un % supérieur à celui des locaux mal isolés. En fait, 20 % des déperditions d'un local bien isolé représentent moins que 10 % des déperditions d'un local mal isolé. On remarque néanmoins que l'on réduit moins par l'isolation les déperditions linéiques que les surfaciques.

Calcul des déperditions par transmission dans le sol en W/°C

La plus grande partie des pertes par le sol s'effectuent sur la périphérie du local en contact avec le sol, **sur les côtés donnant sur l'extérieur**.

On évalue ces pertes grâce à un coefficient d'échange linéique appelé ψ , exprimé en [W/(m.°C)].

$$D_{sol} = \psi \times L$$

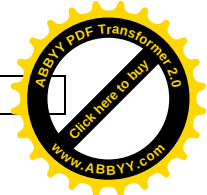
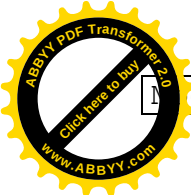
Avec : D_{sol} : Déperditions par le sol en W/°C

ψ : Coefficient de perte vers le sol en W/(m.°C) (voir tableau ci-dessous)

L : Périmètre du local donnant sur l'extérieur en m

ESTIMATION DES COEF. ψ DE DEPERDITION LINEIQUE DES PLANCHERS SUR TERRE-PLEIN

Type d'isolation	Coefficient ψ [W/(m.K)]
Inexistante	2
Périphérique	1,5
Sur toute la surface	1



Calcul des déperditions par renouvellement d'air en W/°C

Elles dépendent de la quantité d'air extérieur qui s'introduit dans le local par infiltrations (non souhaitées) et par renouvellement d'air (aération souhaitée).

La déperdition en W/°C est calculée par la formule :

$$H_v = q_v \times 0,34$$

Avec : H_v : déperdition par renouvellement d'air en W/°C

q_v : Débit d'air extérieur en m³/h

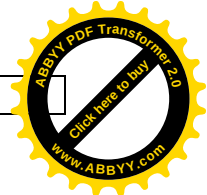
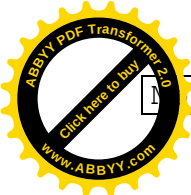
0,34 : Coefficient de chaleur volumique de l'air en Wh/(m³.°C)

En méthode rapide de calcul des déperditions, on détermine le débit d'air par l'application d'un taux de renouvellement d'air exprimé en [V/h] (volume du local par heure).

$$q_v = \text{Taux [vol/h]} \times \text{volume du local [m}^3\text{]}.$$

VALEURS DES TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR

Type de logement	Taux [Vol/h]
Logements récents	0,6
Logements anciens, ouvrants en bon état	1
Logements anciens, ouvrants en mauvais état	1,5

**CALCUL DES DEPERDITIONS**

Affaire	Pièce	$T_i [^{\circ}\text{C}] =$	$T_e [^{\circ}\text{C}] =$	Volume $[\text{m}^3] =$
---------	-------	----------------------------	----------------------------	-------------------------

DEPERDITIONS PAR LES PAROIS (transmission)

A/ Déperditions surfaciques

PAROI	Coeff. U $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$	Surface A $[\text{m}^2]$	Coefficient b	U.A ou b.U.A $[\text{W}/\text{K}]$
TOTAL A :				

B/ Déperditions linéiques (ponts thermiques)

% du total surfacique

TOTAL B : $[\text{W}/\text{K}]$

C/ Déperditions par le sol (uniquement si plancher sur terre plein)

Poste	Coeff. ψ $[\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$	Longueur l $[\text{m}]$	$\psi.l$ $[\text{W}/\text{K}]$
TOTAL C :			

TOTAL TRANSMISSION

$$HT = A + B + C$$

HT =

DEPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR NEUF

Volume $[\text{m}^3]$	Taux de renouvellement $[\text{Vol}/\text{h}]$	Débit d'air q_v $[\text{m}^3/\text{h}]$	$0,34 \times q_v$ $[\text{W}/\text{K}]$
HV =			

DEPERDITIONS DE LA PIECE D en W/K

$$D = HT + HV =$$

PUISSANCE A INSTALLER en W :

Température de chauffage en $^{\circ}\text{C}$	
Température extérieure de base en $^{\circ}\text{C}$	
$P = D \times (T_i - T_e) =$	

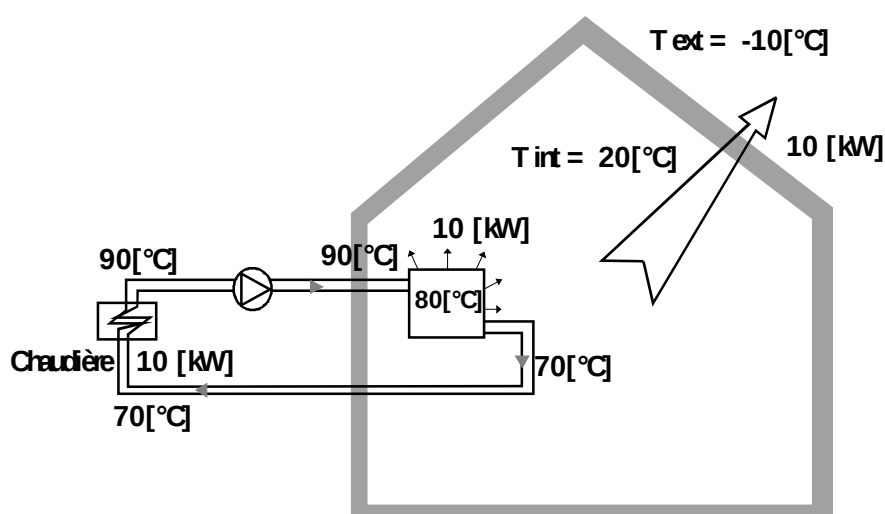
II. LES EMETTEURS DE CHALEUR

II.1 Rôle des émetteurs

A l'intérieur d'un volume à maintenir en température, les émetteurs assurent la dissipation d'une puissance de chauffe égale aux déperditions.

La chaleur se déplace des corps chauds vers les corps froids. L'émetteur est un objet dont la température est supérieure à celle du local dans lequel il se trouve.

Ils sont alimentés par de l'électricité (effet joule) ou un débit d'eau chaude.



II.2 Transmission de la chaleur

La chaleur se transmet de l'émetteur au local :

- Par **convection** (réchauffage de l'air) :



- Par **rayonnement** (tout corps chaud envoie (comme le soleil) des rayons vers les corps froids qui l'entourent) :



Lorsqu'il provient d'une source de température modérée, le rayonnement est le mode de transmission de chaleur le plus confortable.

Selon le type et la forme de l'émetteur, la proportion entre convection et rayonnement est différente. Particulièrement, la part de rayonnement augmente avec sa surface frontale : Plus elle est importante, plus l'émetteur rayonne : Pour une même puissance fournie, un vaste

radiateur plan sera plus confortable qu'un convecteur dont la surface frontale chauffante est faible

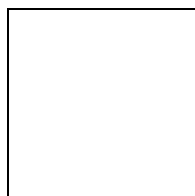
Par ailleurs, plus la convection est importante, plus la **stratification** de l'air est grande (différence de température entre le sol et le plafond).

Le système de chauffage aujourd'hui considéré comme le plus confortable est le plancher chauffant : sa température de surface est faible et sa surface de chauffe importante (toute la surface de la pièce). De ce fait, sa puissance est délivrée essentiellement par rayonnement :

- Le rayonnement est doux
- La stratification est faible.

Pour un même confort, la température de l'air du local chauffé pourra être de 19°C avec un plancher chauffant, 20 °C avec des radiateurs et 21 °C avec des convecteurs. **En chauffage continu**, la différence de consommation entre ces systèmes pourra atteindre 10 %.

II.3 Technologie des radiateurs



On distingue les **radiateurs plans** (a) dont la part d'émission radiative est importante, les radiateurs **à éléments assemblés** (b) et les radiateurs « plinthe » de faible hauteur plus proche des convecteurs que des radiateurs.

Ils peuvent être réalisés en fonte, en acier ou en alliage d'aluminium.

Il existe aujourd'hui des radiateurs très esthétiques, notamment dans le domaine des radiateurs pour salle de bain appelés « sèche serviette » alimentés en eau chaude ou à l'électricité.



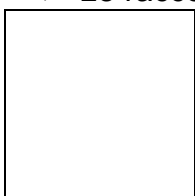
Sèche serviette Dolcéa de Finimétal

II.4 Règles d'installation des émetteurs

- On doit favoriser la circulation de l'air autour et à l'intérieur des émetteurs :



- Le raccordement des tuyauteries doit favoriser une bonne irrigation :



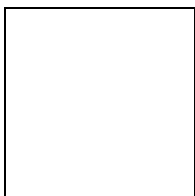
Longueur < Hauteur

Le raccordement peut s'effectuer du même côté

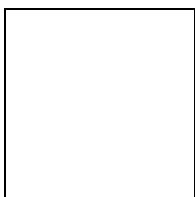
Longueur > Hauteur

Le raccordement doit s'effectuer en diagonale

Néanmoins certains modèles de grande longueurs, conçus pour être installés horizontalement ou verticalement, peuvent être raccordés du même côté

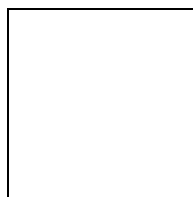


- Les émetteurs s'installent sur les parois les plus froides, si possible sous les fenêtres



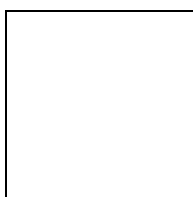
Bonne position

Mauvaise position
(On aura froid aux pieds)



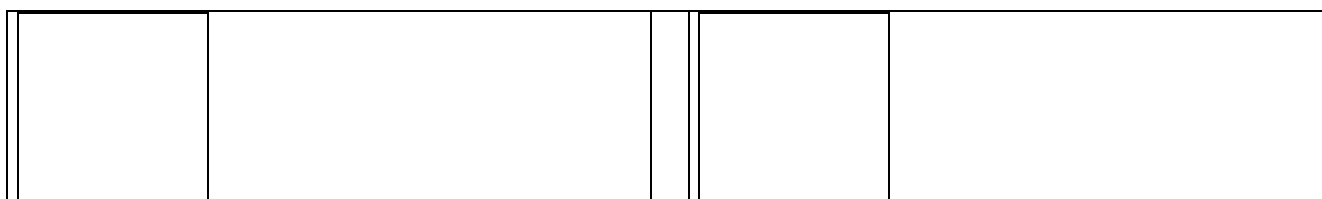
II.5 Règles d'exploitation des émetteurs

- Le débit d'irrigation de l'émetteur doit être correctement réglé (équilibrage)
- L'émetteur ne doit pas être emboué (pot à boue, traitement d'eau, désembouage)
- L'émetteur ne doit pas piéger de poche d'air (dégazage manuel et automatique).



Purgeur automatique

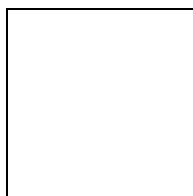
II.6 Convecteurs



Documentation : CHAUFFICLIM

Les convecteurs sont constitués d'une partie chauffante de faible hauteur éventuellement prolongée d'une « cheminée » qui favorise la circulation de l'air par tirage thermique.

Evidemment, si la circulation d'air est totalement obstruée, la puissance de chauffage deviendra très faible.



Convecteur obturé

La puissance du convecteur peut tomber à 20 % de la puissance nominale.

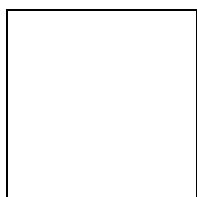
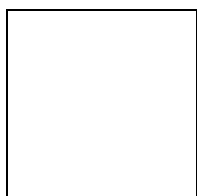
C'est ce qui arrivera à certains modèles dont la cheminée débouche verticalement et qui dans les lieux publics sont rapidement encrassés de mégots et autres débris.

De technologie simple, les convecteurs sont souvent bon marché et certains modèles peuvent résister à des pressions d'eau élevées. Le confort du chauffage étant néanmoins limité, ils sont plutôt installés dans le tertiaire (bureaux, administrations etc.).

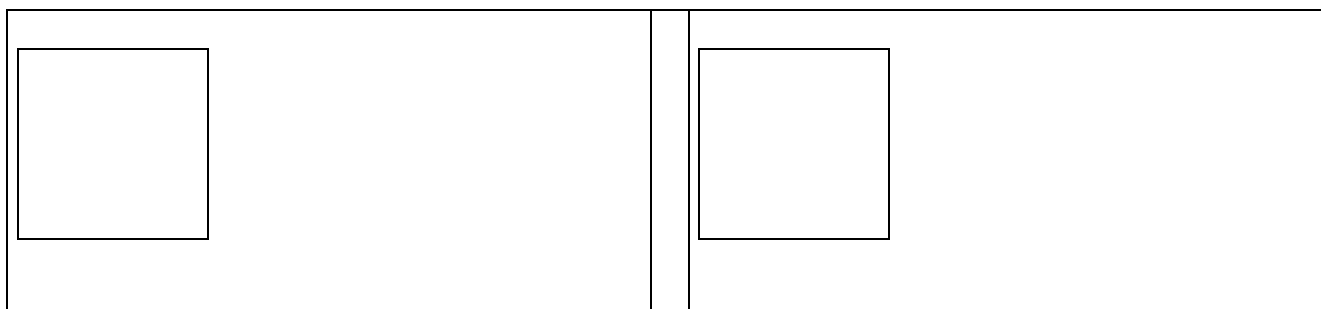
Outre le réglage du débit, la purge d'air et le désembouage, le convecteur devra régulièrement être dépoussiéré.

II.7 Plancher chauffant

Autrefois, les planchers chauffants étaient réalisés par l'installation d'un tube d'acier déroulé dans la dalle de séparation des locaux à chauffer. Il était réalisé une boucle de chauffe par appartement. Le système était très inerte et occasionnait d'importantes surchauffes.



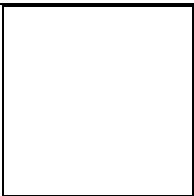
Aujourd'hui, les tubes en matière plastique sont déroulés dans une dalle flottante de faible épaisseur coulée sur une couche d'isolant. Il est réalisé une boucle de chauffe par pièce.

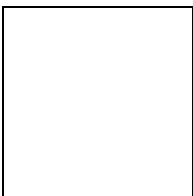


Bien réalisé, c'est aujourd'hui un système de chauffage très confortable. La température superficielle du sol ne dépasse jamais 28 [°C] pour une eau au maximum à 50 °C.

II.8 Ventilo convecteur, aérotherme

Dans ces émetteurs, un ventilateur assure la circulation de l'air. La convection n'est plus alors naturelle mais forcée. La présence d'un ventilateur permet l'installation d'un filtre de protection du corps de chauffe. Les aérothermes sont de gros ventilo-convecteurs installés pour assurer le chauffage de bâtiments de type tertiaires et industriels tels qu'usines, ateliers, magasins etc.

		Le ventilo-convecteur a la même apparence que le convecteur. Il comporte un carter formant une cheminée (C) et une batterie de chauffe (B). Il comprend en plus un filtre à air (F) et un ventilateur (V) centrifuge à basse vitesse. La convection de l'air est non plus assurée par effet thermique mais par le ventilateur. A puissance thermique égale, ce système permet d'avoir des corps de chauffe plus petits.
---	--	---



L'exploitation comporte :

- Dépoussiérage des corps de chauffe ;
- Purgés d'air ;
- Désembouage ;
- Contrôle fonctionnement moteur.

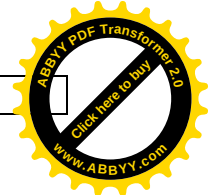
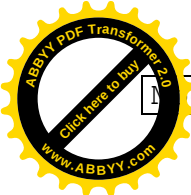
II.9 Notion de confort et de température résultante

L'homme est un générateur de chaleur : une partie de la chaleur qu'il produit sert à maintenir son corps à 37,2 [°C], une autre partie est évacuée à l'extérieur.

Il échange avec son environnement par convection avec l'air du local et par rayonnement avec les parois et l'émetteur de chauffe.

Aussi pour estimer le confort, il y aurait lieu de tenir compte de la température de l'air et de la température des murs de la pièce.

On parle alors de la température résultante.



--	--

en [°C]

Aussi, pour obtenir un confort comparable, la température de l'air doit être d'autant plus élevée que les parois sont mal isolées. Ainsi pour une température résultante de 18°C, il faudrait :

$$T_{\text{ambiante}} = 20 \text{ [°C]} \text{ et } T_{\text{paroi}} = 16 \text{ [°C]} \text{ (parois isolées)}$$

Ou

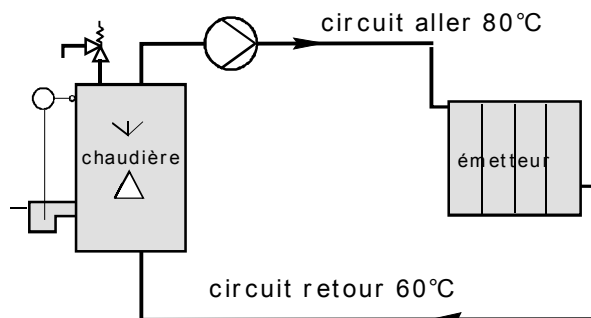
$$T_{\text{ambiante}} = 24 \text{ [°C]} \text{ et } T_{\text{paroi}} = 12 \text{ [°C]} \text{ (parois non isolées)}$$

--

III. LES CIRCUITS DE CHAUFFAGE

Le circuit de chauffage se décompose-en :

- **Circuit aller** : tuyauteries amenant l'eau chaude de la chaudière aux différents émetteurs
- **Circuit retour** : tuyauteries ramenant l'eau refroidie des émetteurs à la chaudière.



Le circuit de chauffage est un circuit **fermé**. L'eau qui quitte la chaudière y reviendra intégralement après son refroidissement dans les émetteurs.

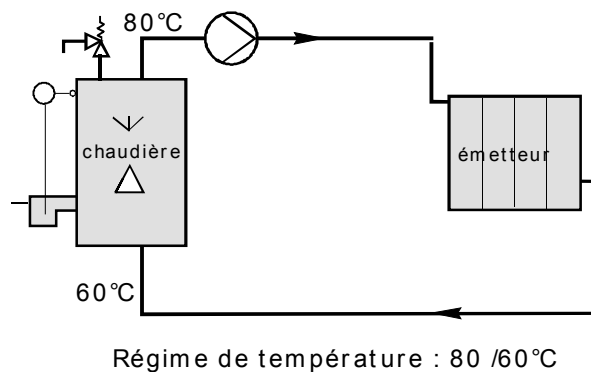
Un circuit **ouvert** est un circuit dans lequel tout ou partie de l'eau distribuée ne revient pas à son point d'origine. C'est le cas des circuits de distribution d'eau sanitaire.

III.1 Les régimes de température

On appelle « **régime de température** » l'indication des températures de départ et de retour du circuit de chauffage **par grand froid** (pour la température extérieure minimale, dite **température extérieure de base**). Le « régime de température » le plus usuel était autrefois le régime 90 / 70 [°C]. Aujourd'hui on utilise des régimes moins chauds et un peu plus confortable de type 80 / 60 [°C].

Le choix du régime de température est effectué par le bureau d'études de conception des installations de chauffage. Il dépend du type d'émetteur :

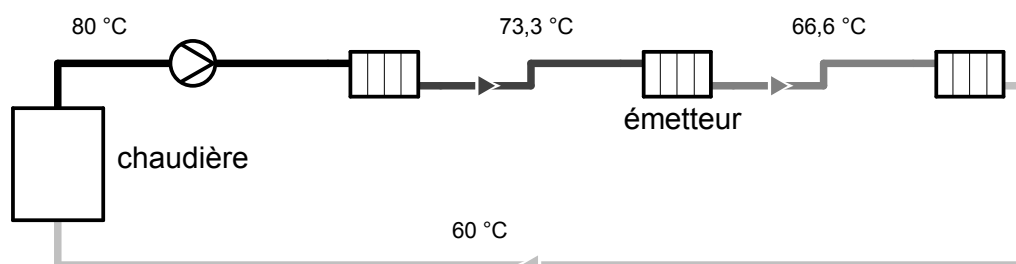
- Radiateurs, convecteurs : 80 / 60 [°C] (ordre de grandeur)
- Plancher chauffant : 45 / 35 [°C] (ordre de grandeur)



III.2 Les circuits monotubes

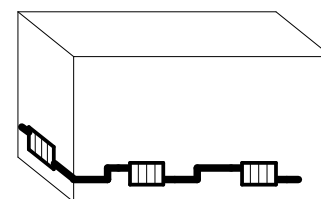
Les circuits de type monotube série

Il existe différents modes de distribution de l'eau de chauffage. Le plus simple est le circuit monotube série. Il consiste à alimenter successivement les différents émetteurs :



Ce type de raccordement ne permet pas la fermeture individuelle de chaque appareil. Si l'on fermait l'entrée d'un émetteur, les autres ne recevraient pas d'eau chaude.

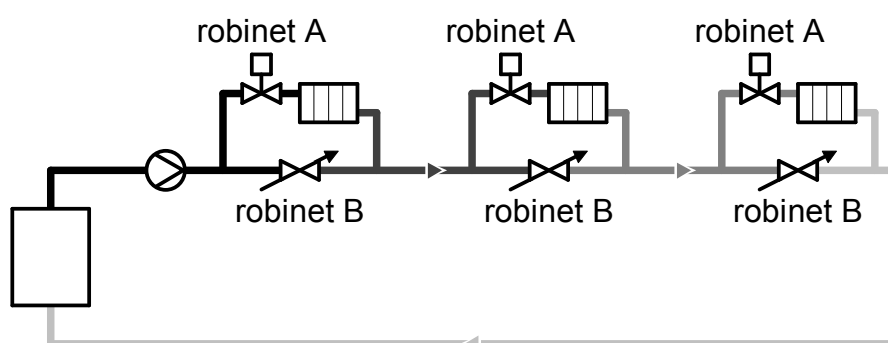
Il ne peut donc être utilisé que pour alimenter plusieurs émetteurs situés dans **un seul** grand volume, tel qu'une salle de classe, un hall etc.. On ne rencontrera pas de circuits monotubes de type série pour le chauffage d'un logement.



Notons que les émetteurs ne sont pas alimentés à la même température. La sortie de l'un correspond à l'entrée de l'autre.

Les circuits de type monotube dérivé

Comme pour les circuits monotubes séries, les émetteurs sont alimentés successivement, mais on installe des robinetteries permettant la fermeture d'un émetteur sans perturber le fonctionnement des autres.

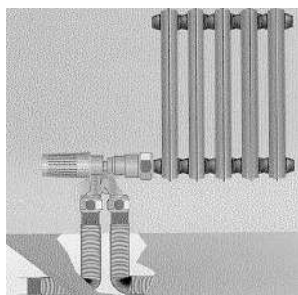


Les robinets de type A permettent l'isolement des émetteurs. Les robinets de type B obligent une partie du débit à traverser les émetteurs.

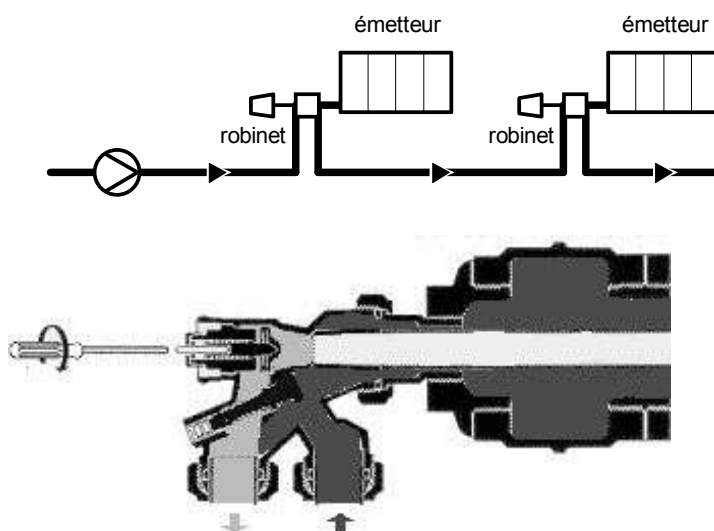
Comme pour les circuits monotubes séries, les émetteurs sont alimentés à des températures différentes. La sortie de l'un correspond en partie à l'entrée du suivant. La détermination des températures d'entrée des émetteurs successifs nécessite un calcul particulier.

Les robinets des circuits monotube dérivés

Il existe des robinets spéciaux pour circuits monotubes.



Source Giacomini

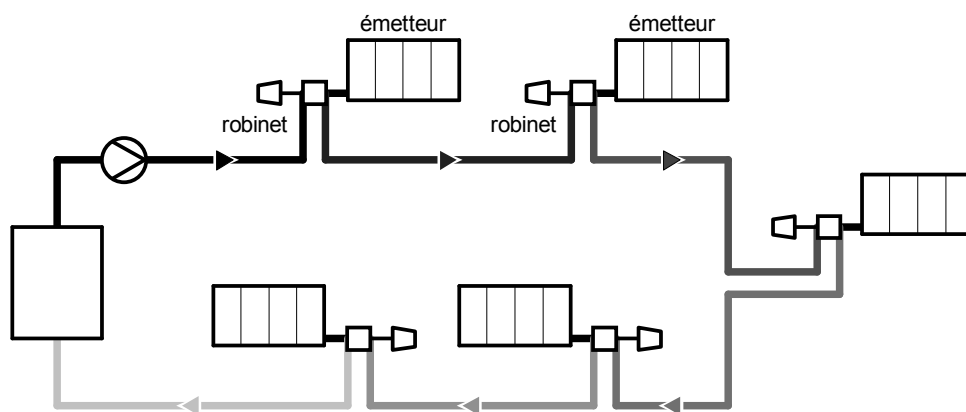


Source Giacomini

Ces robinets spéciaux permettent :

- De regrouper l'entrée et la sortie d'eau en un seul point
- D'obliger une partie du débit général à irriguer l'émetteur
- D'obliger le débit non dérivé dans l'émetteur à continuer son chemin vers l'émetteur suivant (notamment en cas de fermeture complète d'un émetteur). Lorsque l'émetteur est isolé, le débit d'eau chaude continue son chemin et la température de l'eau est alors identique en entrée et en sortie du robinet.

Caractéristiques générales des circuits de type monotube

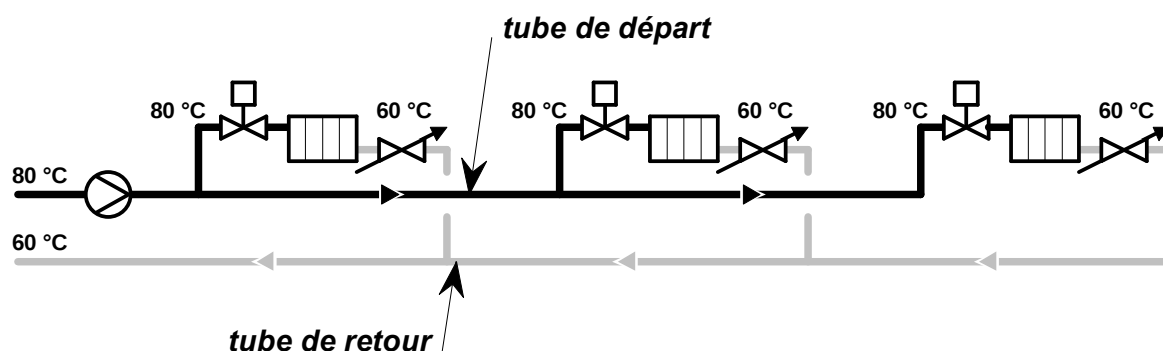


Le débit est le même tout au long du circuit. Le diamètre de la conduite est donc constant.

La température de l'eau à l'entrée de chaque appareil est différente et s'abaisse au long de la distribution. Pour des puissances identiques, il faut choisir des appareils plus gros à l'extrémité du circuit pour compenser la plus faible température d'entrée.

Les circuits monotubes sont bien adaptés aux logements où les radiateurs forment une boucle. Ils permettent le raccordement d'une dizaine d'émetteurs. Au-delà, la température d'alimentation des derniers émetteurs serait trop faible (ou le débit à véhiculer trop important).

III.3 Les circuits bitubes



En France, ce type de distribution est le plus courant.

Le tube de départ (**canalisation aller**) amène l'eau de la chaudière à chaque émetteur. Tous les émetteurs sont alimentés à la même température et leurs températures de sortie sont identiques. Le tube de retour collecte l'eau en sortie des émetteurs.

A l'entrée de chaque émetteur un robinet permet leur isolement sans perturber le fonctionnement des autres. Le robinet de sortie (**té de réglage**) permet le réglage du débit de chaque émetteur. Ces robinets doivent être bien réglés pour éviter que les émetteurs les plus proches de la pompe ne reçoivent un débit trop important, et les plus éloignés un débit trop faible. Ce réglage s'appelle l'**équilibrage** de la distribution.

Avantages – inconvénients des circuits bitubes

Avantages :

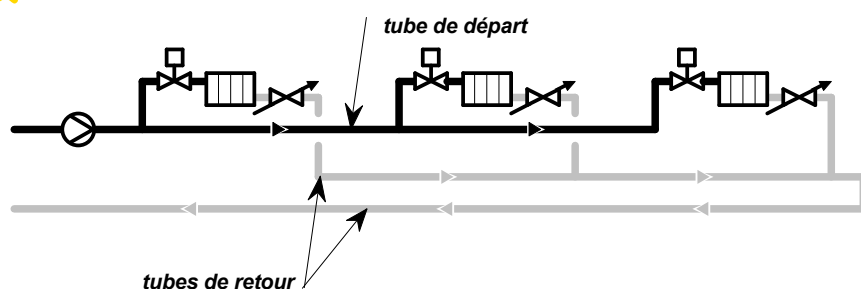
- Tous les émetteurs sont alimentés directement avec de l'eau en provenance de la chaudière. On peut alimenter un nombre quelconque de radiateur, alors qu'en distribution de type monotube, l'alimentation successive des émetteurs pouvait conduire à une température d'alimentation trop faible des derniers.
- Tous les émetteurs ayant la même température d'entrée et de sortie, leur sélection est simplifiée.

Inconvénients :

- La longueur de canalisation à installer peut être du double de celle d'une distribution de type monotube.
- Le débit de chaque émetteur doit être correctement réglé si l'on veut éviter que les émetteurs éloignés de la pompe ne manquent de débit (équilibrage).

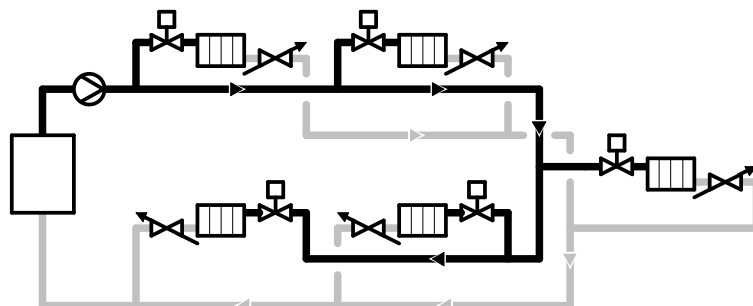
Le bitube de type TICHELMANN

Une difficulté majeure des distributions de type bitubes est la nécessité de l'équilibrage. Une solution permettant d'atténuer cette difficulté consiste à réaliser des circuits tels que les **longueurs** aller-retour d'alimentation des différents émetteurs soient comparables. Ainsi, un émetteur proche de la pompe sur le tube aller disposera d'un long retour et inversement.



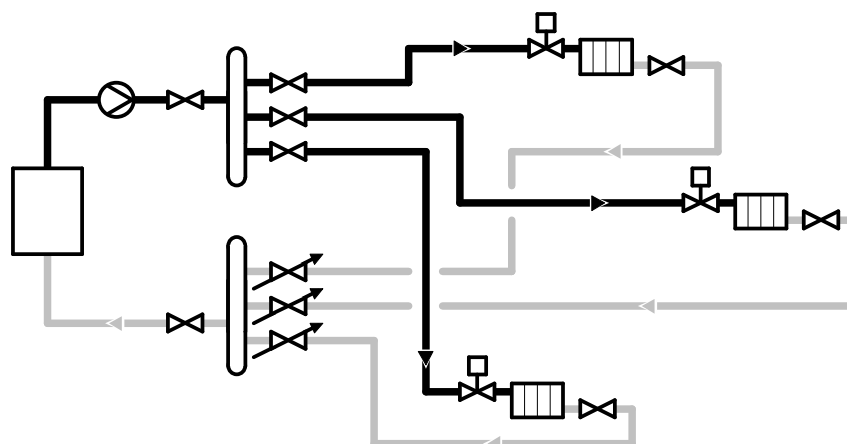
Le trajet de l'eau (aller-retour) pour alimenter chaque appareil est de même longueur. Il est plus facile de régler le débit de chaque appareil.

La longueur totale de tube n'est pas plus grande que pour le bitube classique si les appareils sont disposés en boucle.



Le bitube de type Pieuvre

Ce type de distribution consiste à alimenter chaque émetteur à partir d'un distributeur aller et d'un distributeur retour appelés **collecteurs** ou **clarinettes**.



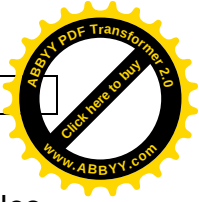
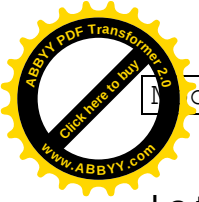
Ce type de distribution augmente les longueurs de canalisation. Il se pratique particulièrement pour les tubes en matériaux de synthèse (matières plastiques) ou en cuivre recuit faciles à installer. Les tubes passent dans le sol sous fourreau comme des canalisations électriques.

Les longueurs de raccordement des émetteurs étant comparables, et les robinets de réglage regroupés, l'équilibrage de ces distributions est facilité.

Ce type de distribution s'utilise à l'échelle d'un pavillon ou d'un logement.

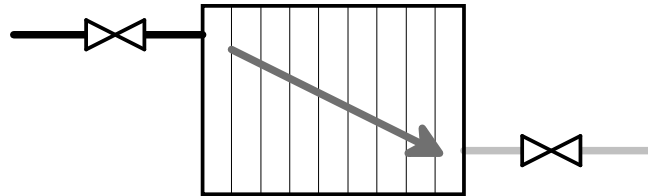
Caractéristiques générales des circuits bitubes

Le débit véhiculé depuis la chaudière décroît au fil de l'alimentation des différents émetteurs. La tuyauterie n'est donc pas d'un diamètre constant tout au long du circuit.



La température de l'eau est identique à l'entrée de chaque appareil. En règle générale, les températures de sortie aussi. Le régime de la distribution par exemple 80/60 [°C] est aussi le régime de fonctionnement de chaque émetteur.

Le raccordement bitube permet l'alimentation des appareils en diagonale. Cette disposition est plus efficace pour l'émission de chaleur que le raccordement de type monotube avec robinetteries spéciales étudiées au paragraphe 4.



IV. DISTRIBUTIONS DE CHAUFFAGE DANS LES BATIMENTS

IV.1 Définitions

Chauffage « individuel pièce par pièce » : un appareil de chauffage indépendant est installé dans chaque pièce à chauffer. Le chauffage par convecteur électrique rentre dans cette catégorie.

Chauffage « central » : le chauffage est assuré par la circulation d'eau réchauffée centralement par une chaudière.

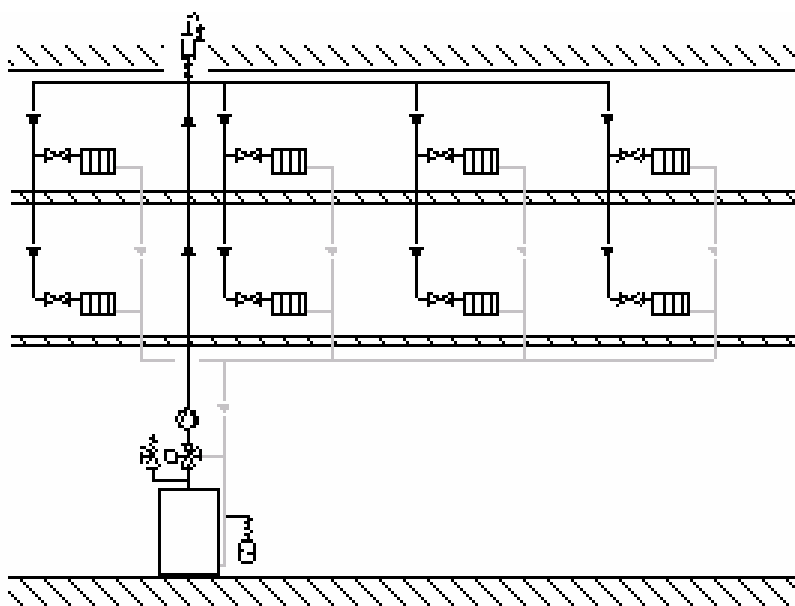
Chauffage central « individuel » : chaque logement dispose d'une chaudière. Les schémas d'installation correspondant à cette catégorie sont étudiés au dossier n° .

Chauffage central « collectif » : l'immeuble dispose d'une ou plusieurs chaudières communes à l'ensemble des logements. Les schémas d'installation correspondant à cette catégorie sont ceux étudiés dans ce dossier.

Remarque : La notion de chauffage individuel ou collectif n'a pas de rapport avec la taille de l'installation. La puissance du chauffage **individuel** d'un château peut être très supérieure à celle du chauffage **collectif** de deux pavillons mitoyens.

IV.2 Les distributions collectives de type "parapluie"

Dans ce type d'installation, l'eau réchauffée par la chaudière est totalement véhiculée en haut de l'installation avant de redescendre au travers des différents émetteurs.

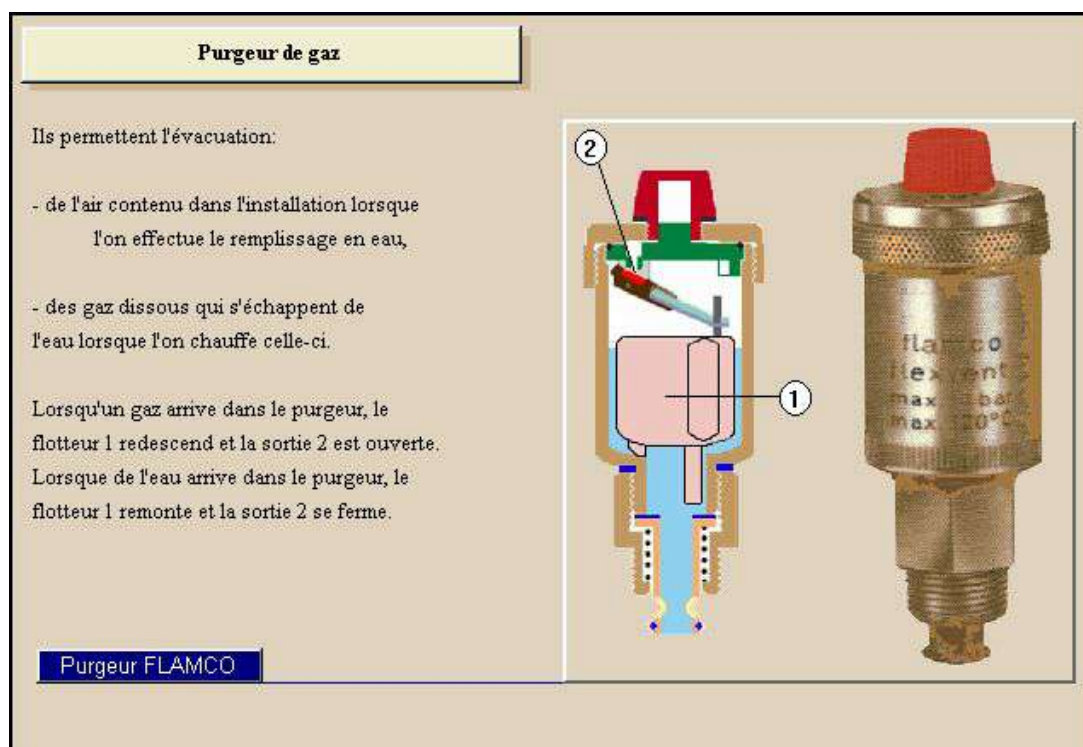


Au point haut de l'installation, on installe un **purgeur d'air** permettant l'évacuation des poches d'air emprisonnées dans les tuyauteries.

Un tube de distribution générale chemine en partie haute du bâtiment.

Le raccordement des appareils dans chaque colonne est souvent de type bitube Tichelmann.

Ce type de circuit était utilisé autrefois dans les circuits sans pompe. L'eau y circulait par **thermosiphon** (l'eau chaude plus légère que l'eau refroidie) montait par la conduite principale verticale avant de redescendre naturellement après passage par les émetteurs.

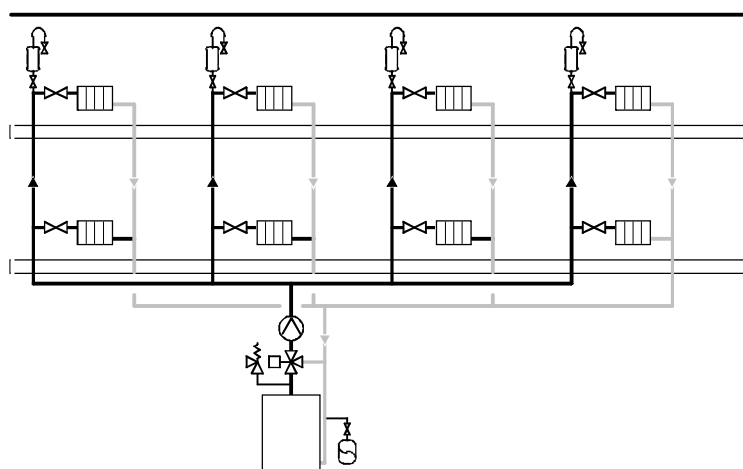


Installé au point haut de l'installation, le purgeur permet l'évacuation des gaz contenus dans l'installation de chauffage. Lorsqu'un gaz arrive dans le purgeur, le flotteur (1) redescend et la sortie (2) est ouverte. Lorsque de l'eau arrive, le flotteur (1) remonte et la sortie (2) est fermée.

Extrait du CD Rom «hydraulique des réseaux de chauffage » aux Editions Parisiennes.

IV.3 Les distributions collectives de type "chandelles"

Dans ce type d'installation, l'eau réchauffée par la chaudière est véhiculée vers diverses **colonnes** d'alimentation de groupes d'émetteurs.



En haut de chaque colonne une purge d'air est installée pour permettre le dégazage de l'installation.

Tous les tubes de distribution générale sont disposés en sous-sol du bâtiment.

Les différentes colonnes et les radiateurs doivent être soigneusement équilibrés.

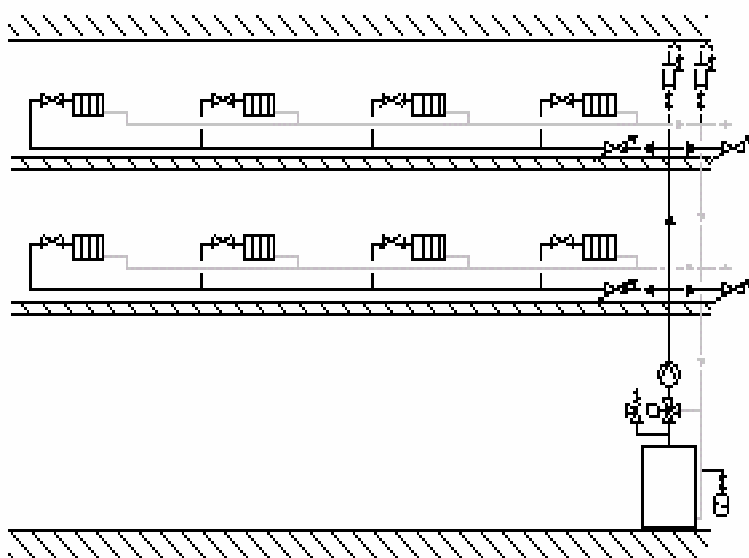
Comme en distribution de type parapluie, le nombre des colonnes peut être très important. Ainsi, une colonne alimente tous les radiateurs des séjours superposés des différents

logements, une colonne alimente tous les radiateurs des cuisines superposées des différents logements, etc. Si l'on isole une colonne, on supprime le chauffage d'au moins une pièce dans tous les appartements concernés.

IV.4 Les distributions de type horizontale par logement

Dans les schémas précédents, on ne pouvait isoler séparément le chauffage de chaque appartement. Si l'on isolait une colonne, on supprimait le chauffage d'au moins une pièce dans tous les appartements concernés.

Une meilleure solution consiste à prévoir l'alimentation des émetteurs de chaque appartement par une boucle particulière horizontale, à partir d'une ou plusieurs colonnes. On pourra ainsi facilement isoler le circuit de chauffage de chaque logement sans perturber les autres circuits. On parlera pour les boucles horizontales de **lignes de radiateurs**.



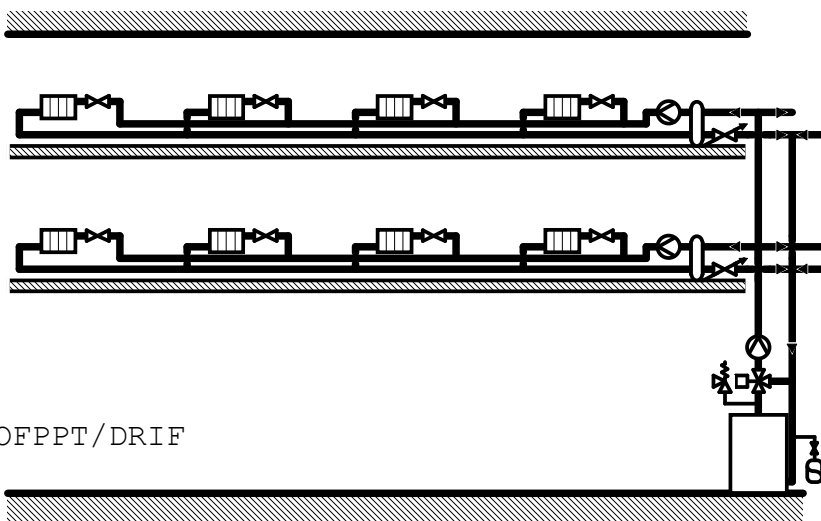
Chaque circuit d'appartement comporte une vanne d'équilibrage.

Le nombre de colonnes dans le bâtiment est plus limité.

A l'entrée de chaque logement, il sera possible d'installer **un compteur de chaleur** permettant de facturer séparément les différentes consommations de chauffage.

IV.5 Les distributions de type "Chauffage Individuel Centralisé" (C.I.C.)

Il s'agit d'installation de chauffage central et collectif mais dont la distribution permet le réglage individuel du chauffage de chaque logement. Pour cela, chaque logement est équipé d'une pompe individuelle qui puise l'eau de chauffage nécessaire à une distribution collective réalisée à partir de la chaudière centrale.



Des pompes individuelles permettent l'alimentation séparée de chaque circuit d'appartement.

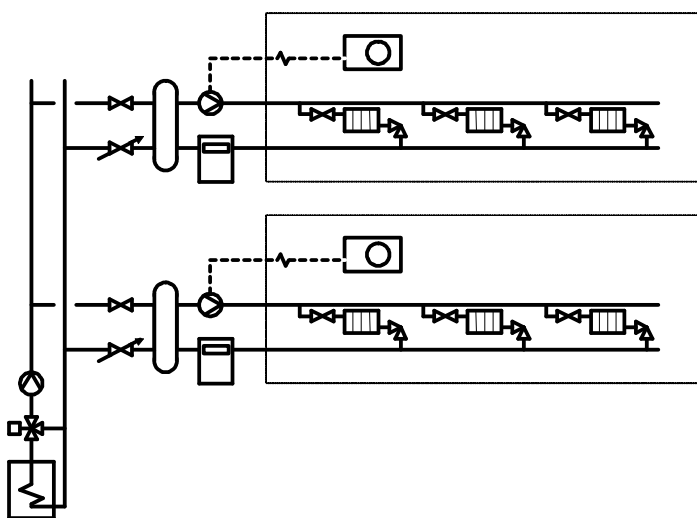
Chaque appartement peut avoir sa régulation et son compteur de chaleur individuels.

Il faut équilibrer le circuit alimentant les bouteilles à partir de la chaudière.

Régulation des distributions de type C.I.C.

Au départ de la chaudière, la température de l'eau est ajustée en fonction de la température extérieure. Ce premier niveau de régulation permet d'alimenter chaque logement avec une température d'eau suffisamment chaude. Un deuxième niveau de régulation permet à chaque appartement d'ajuster la qualité de son chauffage.

Ce 2^{ème} niveau s'effectue le plus souvent par l'action d'un simple thermostat d'ambiance agissant en « tout ou rien » sur le circulateur d'alimentation du logement.



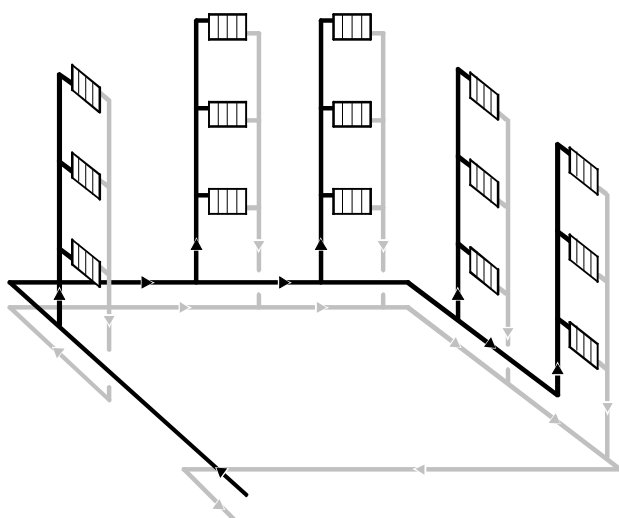
Une régulation centrale ajuste la température de l'eau pour l'ensemble des logements.

Chaque occupant peut régler son chauffage sans perturber le chauffage des voisins.

Le comptage de l'énergie consommée par chaque occupant est possible grâce à l'installation d'un **compteur individuel de calorie**.

IV.6 Combinaisons de différents modes de raccordement

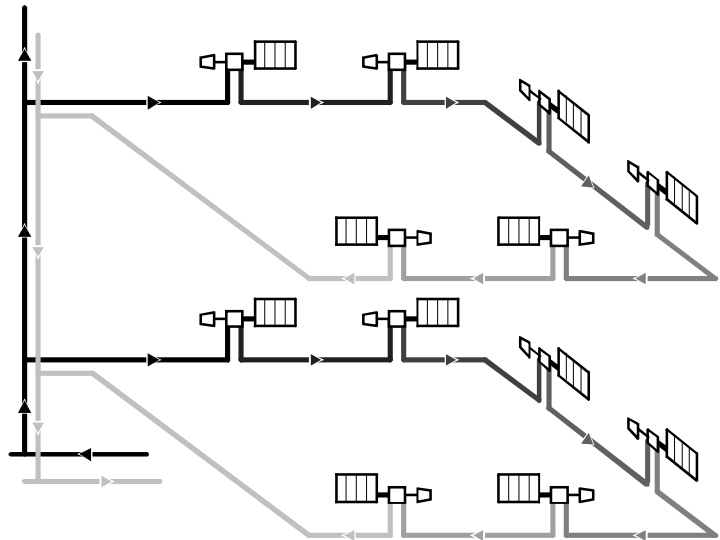
Il est possible d'utiliser plusieurs modes de raccordement pour un même circuit de chauffage (bitube, monotubes, Tichelmann).



Sur ce schéma, la distribution horizontale (alimentation des colonnes) est de type bitube Tichelmann, tandis que la distribution verticale (alimentation des radiateurs) est de type bitube classique.

Sur ce schéma, des circuits d'appartement de type monotubes dérivés sont raccordés sur des colonnes alimentées en mode bitube.

Sur ce schéma, on distingue une colonne de type bitube et 2 lignes de types monotubes.



V. LES POMPES DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE

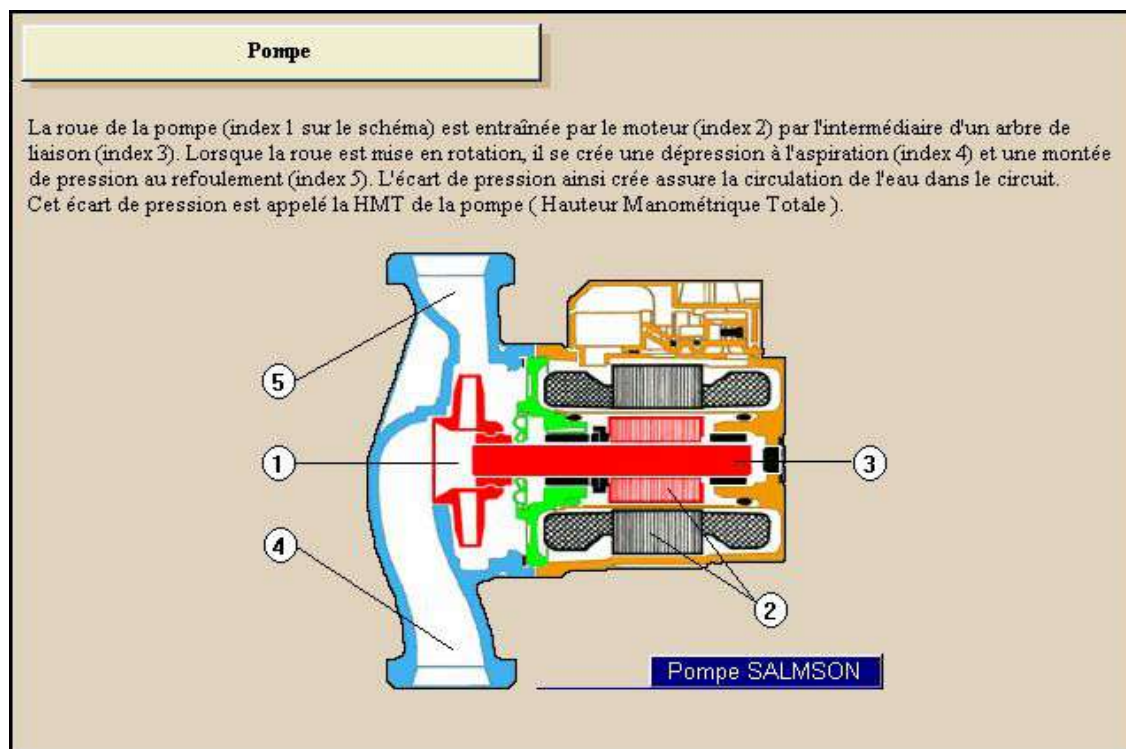
V.1 Présentation

Les pompes des circuits de chauffage ont pour rôle de permettre la circulation de l'eau de la chaudière aux émetteurs, puis son retour à la chaudière. Dans notre branche, on appelle souvent les pompes « circulateur » ou « accélérateur ».

A l'intérieur du corps de pompe, une **roue** (turbine) entraînée à grande vitesse par un moteur électrique (le plus souvent à 1500 [tr/mn]), capte l'eau à l'**aspiration** de la pompe et la projette vers son **refoulement**. Ces pompes sont dites de **type centrifuge**. On peut facilement en régler le débit en obturant plus ou moins le refoulement. Ceci n'endommage pas la pompe, car la roue peut tourner même si l'obturation est complète.

On distingue

- **Les circulateurs à « rotor noyé »** : le rotor du moteur électrique baigne dans l'eau véhiculée. Cette disposition limite les risques de fuite, et facilite le refroidissement du moteur électrique. On les appelle parfois accélérateur.
- **Les circulateurs « à rotor sec »** : Le moteur est monté en bout d'arbre et séparé du corps de pompe. Cette disposition nécessite un système d'étanchéité à la sortie d'arbre (presse-étoupe ou garniture mécanique).
- **Les circulateurs « jumelés »** : Il s'agit de deux circulateurs montés en parallèle sur le circuit. Les deux corps de pompe constituent une même pièce, et comportent des orifices d'aspiration et de refoulement uniques



Pompe Salmons : La roue(1) de la pompe est entraînée par le moteur (2) par l'intermédiaire de l'arbre de liaison (3). L'eau captée à l'aspiration (4) est expulsée au refoulement (5).

Schéma extrait du CDRom « hydraulique des réseaux de chauffage » aux Editions Parisiennes.

V.2 Les débits des pompes des circuits de chauffage

Les débits à véhiculer sont fonctions des puissances de chauffage à distribuer et du régime d'eau de chauffage (températures d'eau aller-retour pour la température extérieure minimale).

Les débits à véhiculer peuvent se calculer par la formule :

$$q_v = P / (1,16 \times \Delta T)$$

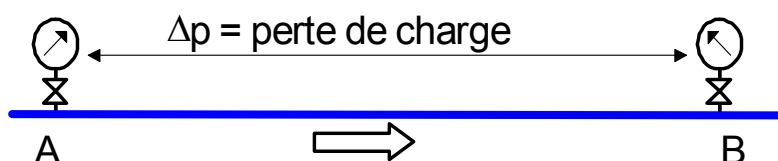
Avec : P : puissance de chauffage à véhiculer en [kW]

q_v : débit à véhiculer en [m³/h]

ΔT : écart de température nominal aller-retour en [°C]

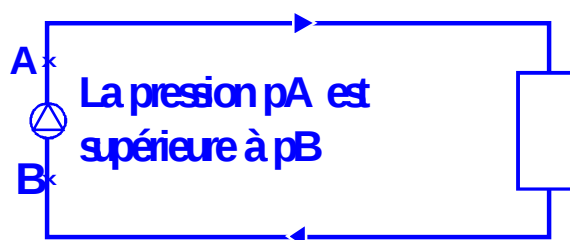
V.3 Pressions fournies par les pompes de chauffage

Pour mettre un fluide en circulation, il est nécessaire de créer un écart de pression, le fluide circulant alors des « hautes » pressions vers les « basses » pressions.



Dans un tube horizontal, l'eau ne peut circuler d'un point A vers un point B, que si la pression en A est supérieure à celle de B. Cet écart de pression (Δp) correspond au frottement de l'eau sur la paroi de la canalisation. On l'appelle perte de charge (PdC).

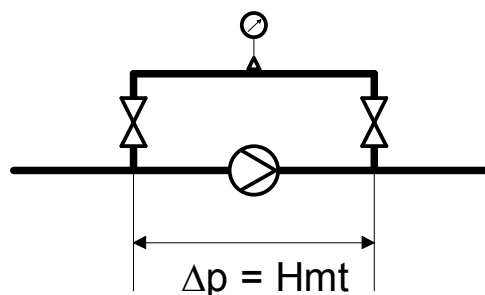
Dans un circuit fermé c'est la pompe qui génère l'écart de pression permettant à l'eau de circuler :



C'est la pompe qui génère l'écart de pression entre A et B

Cet écart s'appelle **hauteur manométrique totale (Hmt)** de la pompe.

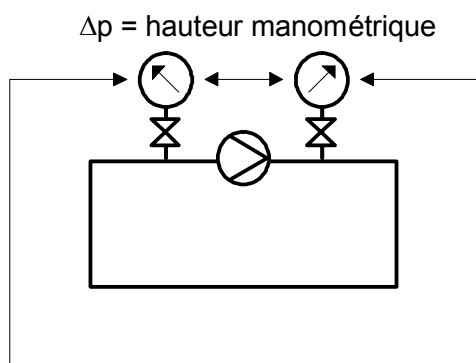
V.4 La hauteur manométrique des pompes



C'est la différence de pression que la pompe fournit entre son point d'aspiration et son point de refoulement.

Cet écart de pression peut se mesurer en raccordant successivement un manomètre au refoulement puis à l'aspiration de la pompe. La différence des 2 pressions mesurées sera la Hmt de la pompe.

Calcul de la hauteur manométrique d'une pompe de chauffage



La hauteur manométrique de la pompe est toujours égale à la perte de charge totale du circuit à irriguer :

$$\Delta p = Hmt = PdC$$

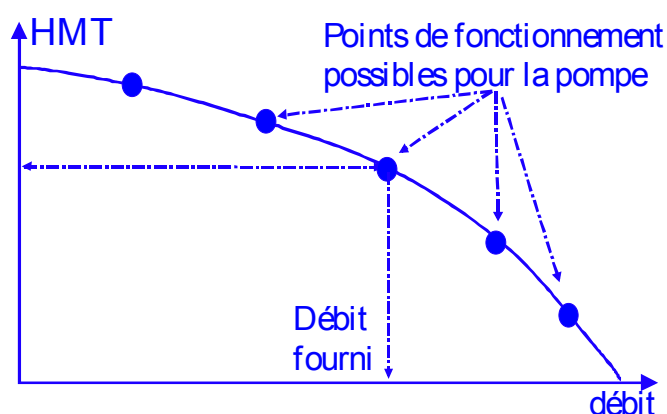
Pour calculer la Hmt qu'une pompe doit fournir, il faut calculer les PdC qui seront générées par le débit à véhiculer dans le circuit principal à irriguer.

$\Delta p = \text{perte de charge}$

V.5 La courbe caractéristique d'une pompe

Une pompe est capable de fournir des débits très différents selon qu'on l'installe sur un circuit plus ou moins résistant (un circuit résistant présentera beaucoup de PdC et inversement).

Les combinaisons possibles de valeurs de débit/pression pour chaque pompe sont indiquées par une courbe appelée courbe caractéristique de la pompe. Cette courbe est donnée par le fabricant.



COURBE CARACTERISTIQUE DE POMPE

VI. L'EXPANSION ET LA SECURITE DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE

VI.1 Généralités

- Les installations de chauffage à eau chaude sont considérées comme des circuits fermés, c'est à dire contenant un volume d'eau à froid défini et « fermé ». On appelle ce volume contenance en eau (C_E).
- Lorsque l'eau est chauffée, l'augmentation de température génère une augmentation du volume d'eau ; ce phénomène est naturel, c'est l'expansion de l'eau.
- Un coefficient de dilatation, noté $\%_d$ et fonction de l'augmentation de la température, permet de déterminer le volume supplémentaire créé ; ce volume est appelé « volume dilaté » et noté V_d .

$$V_d = C_E \times \%_d$$

Température [°C]	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$\%_d$	0,44	0,8	1,2	1,7	2,3	3	3,6	4,4	6

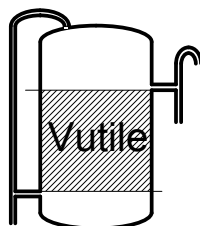
- En France, les circuits fonctionnent en moyenne à 80 °C. La valeur usuelle du coefficient d'expansion est égale à 3 %.
- La rétraction d'eau est le phénomène inverse.
- Les circuits de chauffage étant fermés, l'augmentation du volume d'eau due à la dilatation entraînerait la rupture d'un élément si ce volume n'était pas accueilli par un système d'expansion.

Les différents systèmes d'expansion existants sont :

- Vase ouvert (dit à l'air libre)
- Vase fermé à pression variable (souvent appelés *FLEXCON* du nom d'une marque)
- Vase fermé à pression constante (souvent appelés *PNEUMATEX* du nom d'une marque)
- Les groupes de maintien de pression (GMP)

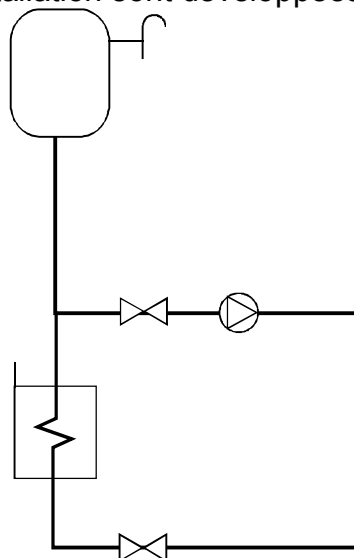
VI.2 Le vase ouvert

- C'est un système ancien simple et sûr. Il s'installe particulièrement sur les installations de chauffage à combustible solide.
- La capacité utile du vase d'expansion doit être au moins égale à 6 % du volume total de l'installation.



- Le vase comporte un évent.
- Le vase comporte un trop-plein d'un diamètre au moins égal à celui du tube d'expansion. L'écoulement du trop-plein doit être visible.
- Le dispositif d'expansion (vase, tube et accessoires) doit être protégé contre le gel.

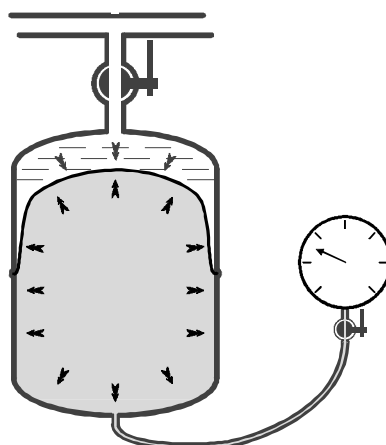
- Il est placé au point haut de l'installation sensiblement au dessus de la chaudière. Il est raccordé au départ de la chaudière, sans possibilité de sectionnement par un tube en DN 26 minimum et plus selon la puissance de la chaudière.
- Les règles de calcul et d'installation sont développées dans le DTU 65.11



- Lorsque l'eau se dilate, le volume créé monte dans le vase (et inversement)
- Les inconvénients du système sont :
 - l'encombrement,
 - les pertes de chaleur,
 - le risque de gel,
 - l'entrée d'air dans le circuit (oxygénation de l'eau)

VI.3 Le vase fermé à pression variable

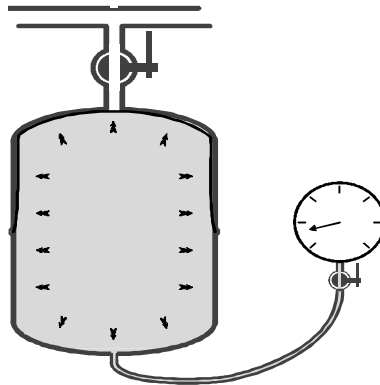
- C'est un réservoir métallique, raccordé à la canalisation de retour d'eau chaude, à l'intérieur duquel est mis en place une membrane ou une vessie en caoutchouc déformable, permettant de séparer l'eau du circuit de chauffage d'un gaz (air).



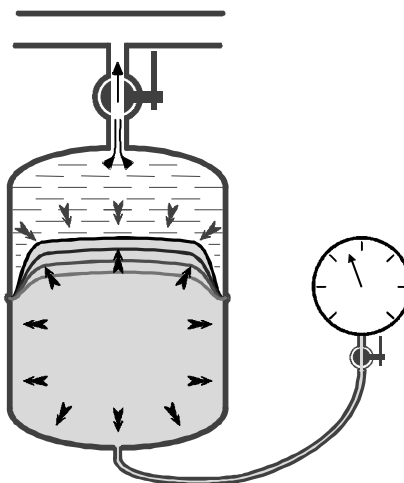
► Fonctionnement des vases d'expansion à pression variable :

- Le vase étant non raccordé, le gaz (air) occupe la totalité du volume du vase. Sa pression est celle que le fabricant a réglée en usine, éventuellement modifiée sur site par expulsion ou réintroduction de gaz.

- Cette pression de prégonflage correspond à la hauteur d'eau froide qui sera au dessus du vase lorsqu'il sera raccordé à l'installation de chauffage. En fin de remplissage en eau de l'installation, le vase étant raccordé, il reste pour l'essentiel rempli par sa poche de gaz. Un peu d'eau a déjà pu y rentrer lors du « gonflage » de l'installation, gonflage utile pour permettre le dégazage aux points hauts.



- Lorsque la température de l'eau de l'installation augmente, elle se dilate et occupe donc un volume plus important. Comme le volume interne du circuit ne varie pas, le volume d'eau supplémentaire ne trouve à se loger que dans le vase d'expansion, **en repoussant la membrane et en comprimant le gaz**. La pression du gaz augmente en même temps que celle de l'eau qui le repousse. Cette montée en pression se répercute dans toute l'installation de chauffage. Elle est de l'ordre de 1 à 2 bar.



- Lorsque l'eau de l'installation se refroidit, elle se rétracte. Mais comme le volume interne du circuit est fixe, il faut que le volume d'eau qui "disparaît" soit remplacé instantanément pour éviter que l'installation ne se mette "sous vide".
- Au cours de cette phase, le volume d'eau dans le vase diminue, tandis que le volume de la poche de gaz augmente (**le gaz « repousse » la membrane et se détend**) et **la pression chute**.
- Il est d'usage de surdimensionner les vases d'expansion. Ceci permet de disposer en permanence d'une « réserve d'eau » dans le vase pour compenser les inévitables petites fuites des circuits de chauffage importants.

► Domaine d'utilisation des vases d'expansion fermés :

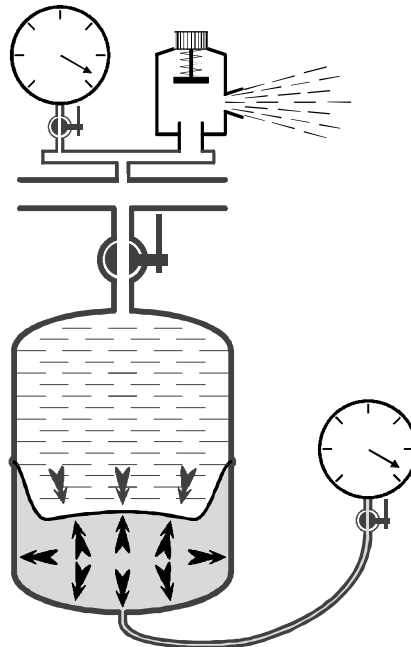
Ce système est le plus couramment utilisé sur les petites et moyennes installations car il est :

- simple ;
- facile à dimensionner ;
- fiable.

► **Règles d'installation des vases d'expansion fermés :**

- Il est d'usage de les raccorder au retour d'eau à la chaudière ou au tuyau de remplissage en eau froide (en aval du dispositif anti-retour).
- Il est utile de placer une vanne de sectionnement entre le vase et son raccordement à l'installation afin de faciliter son changement, mais on en démontera le volant de manœuvre pour diminuer le risque de sectionnement
- L'installation d'une soupape de sécurité sur le départ de la chaudière est obligatoire en complément d'un vase d'expansion fermé.
- On peut installer une « batterie » de petits vases d'expansion à la place d'un vase unique plus gros.

► **Conséquence d'un mauvais prégonflage du vase :**



- Si le vase n'est pas suffisamment pré-gonflé, l'eau pénètre à froid dans le vase et la place disponible pour l'expansion est insuffisante.
- Si le vase est trop pré-gonflé, lors de la dilatation, la poche de gaz déjà trop gonflée montera rapidement en pression.

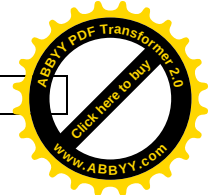
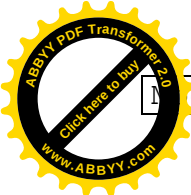
► **Dimensionnement des vases d'expansion fermés à pression variable :**

- Lorsque le vase se trouve à proximité de la soupape de sécurité de l'installation :

$$V_t = \frac{(p_t + 1) \times V_d}{p_t - p_0}$$

avec : V_t : volume total du vase (généralement exprimé en [litre]).

p_0 : pression de prégonflage du vase (pression relative)



V_d : volume de dilatation

p_t : pression de tarage de la soupape de sûreté (pression relative)

V_d (volume de dilatation) se calcule en fonction de la contenance en eau de l'installation et de la température moyenne de l'eau :

$$V_d = C_E \times \%d$$

avec : C_E : Contenance en eau de l'installation

$\%d$: pourcentage de dilatation (fonction de la temp. de l'eau)

La contenance en eau de l'installation est fonction de la puissance de l'installation de chauffage :

Type d'émetteur	Radiateur fonte	Radiateur acier	Plancher chauffant
C_E/kW (installation ≤ 500 kW)	10 l/kW	7 l/kW	9 l/kW
C_E/kW (installation > 500 kW)	7 l/kW	7 l/kW	7 l/kW

Le pourcentage de dilatation est fonction de la température de l'eau :

Température [°C]	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$\%d$	0,44	0,8	1,2	1,7	2,3	3	3,6	4,4	6

Remarque : un dimensionnement rapide du vase d'expansion consiste à prévoir un vase de volume total :

$$V_t = 3 \times V_d$$

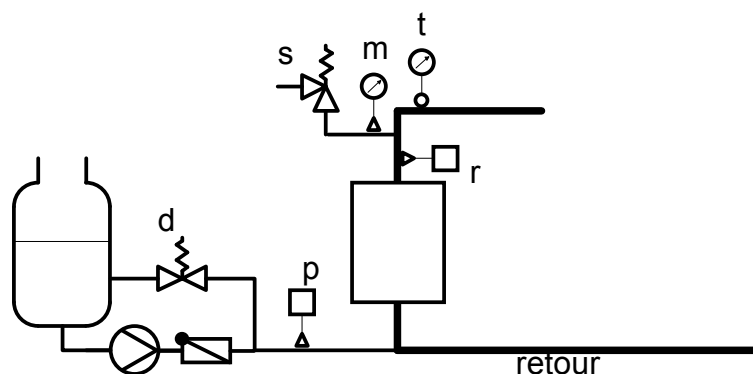
VI.4 Le groupe de maintien de pression (GMP)

⇒ Il est constitué de :

- Une bâche
- Un groupe de pompe
- Des déverseurs
- Un pressostat de pilotage de la pompe

⇒ Et en complément :

- p : détecteur de pression (alarme p trop forte, trop faible)
- r : contrôleur de remplissage

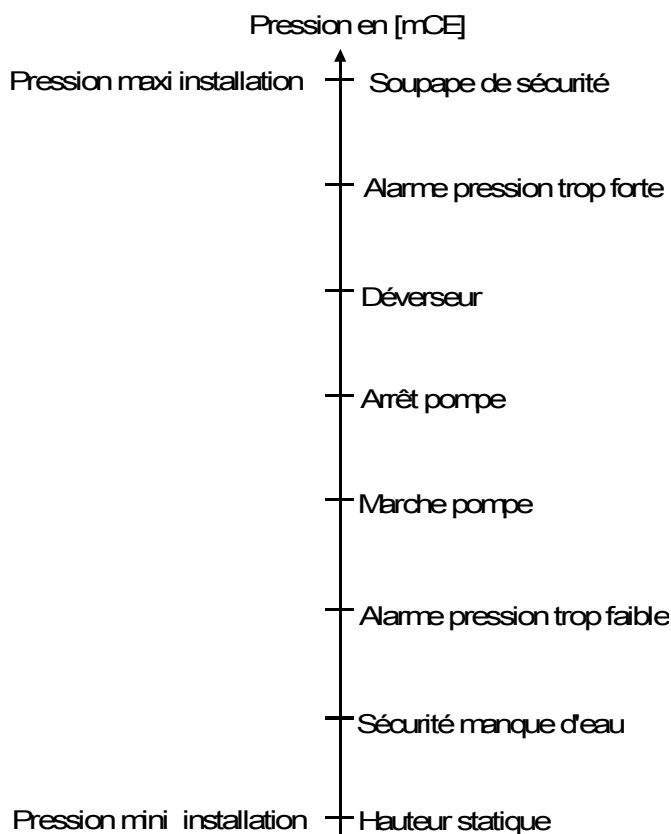


Le système permet le remplissage en eau des installations et assure la disconnection entre le réseau de chauffage et le réseau de ville. Inconvénient, la bête à l'air libre est source d'entrée d'oxygène.

Il existe des GMP équipés de bête à l'air libre mais dans lesquelles, **une membrane sépare l'eau de l'atmosphère**. La membrane monte et descend durant les phases d'expansion rétraction. Le système n'assure alors plus à lui seul la disconnection de l'installation de chauffage.

► Principe de fonctionnement des groupes de maintien de pression :

- En phase d'expansion, la pression d'eau de l'installation augmente. Le déverseur s'ouvre et permet au volume d'eau dilaté de retourner dans la bête.
- En phase de rétraction, la pression d'eau de l'installation diminue. Le pressostat de pilotage de la pompe détecte le manque de pression et remet la pompe en marche. L'eau est réintroduite dans l'installation, jusqu'à obtenir la pression requise.
- Ce système se rencontre sur les installations moyennes et grosses.
- Des réglages de pression sont nécessaires pour assurer un bon fonctionnement des pompes pour lesquelles un différentiel de 0,5 à 1 [bar] est souhaitable entre pressions d'enclenchement et de déclenchement.



VI.5 Le vase fermé à pression constante

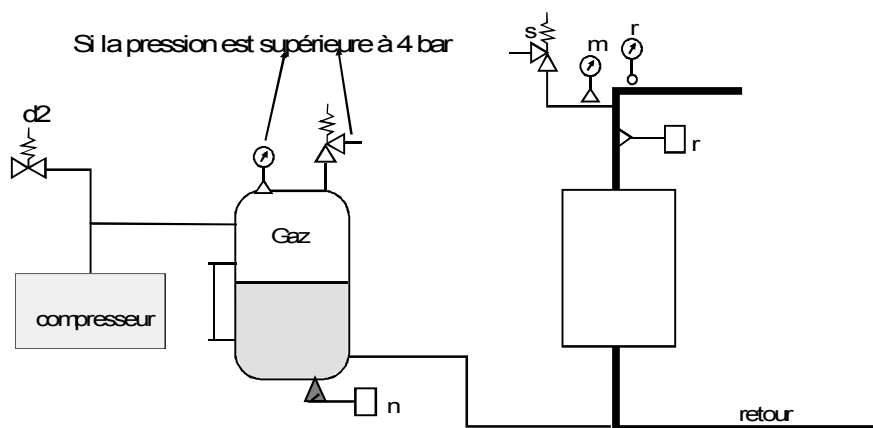
Ce système s'installe sur des installations de moyenne puissance. Comparé au système précédent, il engendre une plus faible variation de pression durant la phase de dilatation (environ 0,5 bar).

⇒ Il est constitué de :

- Un réservoir métallique sous pression d'air
- Un compresseur d'air
- Une électrovanne de surpression d'air
- Un pressostat de pilotage du compresseur

⇒ Et en complément :

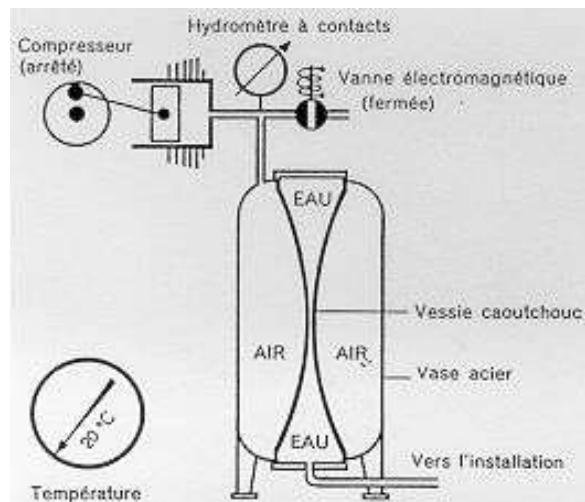
- contrôleur de remplissage
- n : détecteur de niveau d'eau dans le vase (alarme trop haut, trop bas)
- r : pressostat



► Principe de fonctionnement des vases fermés à pression constante :

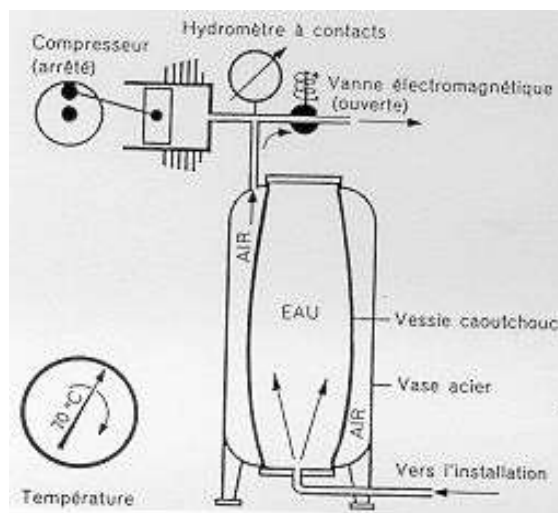
➤ Installation froide :

- La vessie est vide d'eau, le matelas d'air comprimé équilibre la hauteur statique de l'installation, le compresseur est arrêté, la vanne électromagnétique est fermée



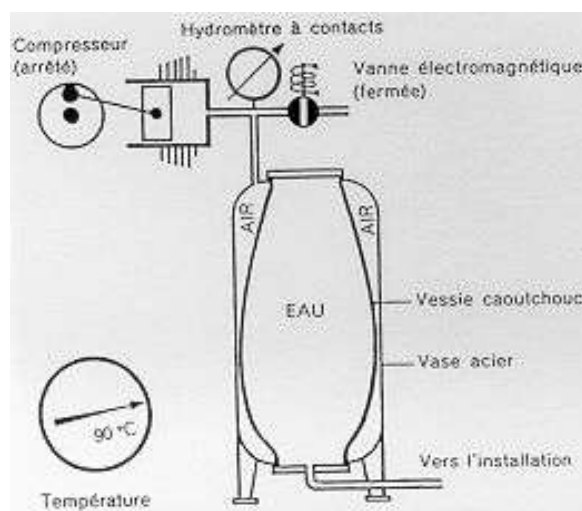
➤ Mise en température de l'installation :

- L'eau en augmentant de volume pénètre dans la vessie,
- Le matelas d'air se comprime,
- Le compresseur est arrêté,
- La vanne électromagnétique laisse s'échapper l'air à l'extérieur.



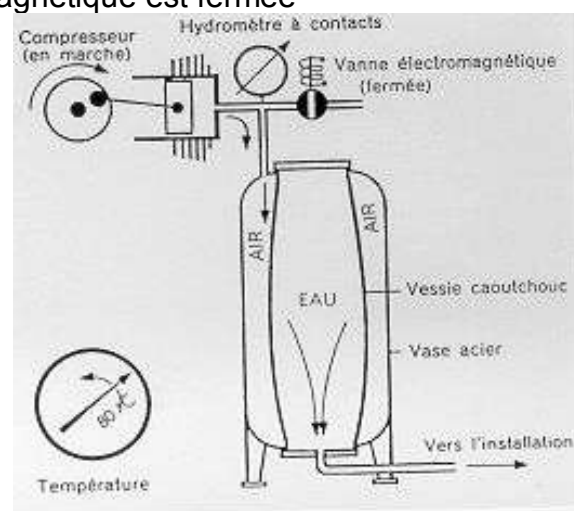
➤ Température maximale de l'installation atteinte :

- L'eau ne se dilate plus, la vessie est pleine, le matelas d'air équilibre la hauteur statique de l'installation, le compresseur est arrêté, la vanne électromagnétique est fermée



➤ Baisse de température de l'installation :

- L'eau se rétracte et quitte la vessie
- La pression du matelas d'air baisse
- Le compresseur se met en marche pour maintenir la pression nécessaire à l'équilibre de la hauteur statique
- La vanne électromagnétique est fermée

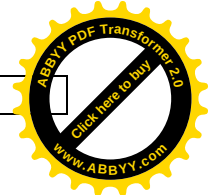
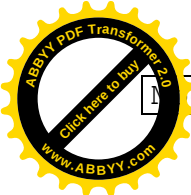


Avantages du système par rapport au GMP :

- Le système permet le maintien d'une pression relativement stable. Il n'y a aucun contact entre l'eau et l'atmosphère.

Inconvénient du système par rapport au GMP :

- Le système permet difficilement d'assurer le remplissage en eau de l'installation. Il n'assure pas la disconnection du réseau de chauffage par rapport au réseau de ville. L'installation d'un disconnecteur sur le tuyau d'alimentation en eau froide de la chaufferie est donc nécessaire.



TESTS

Définitions

Le chauffage d'un logement par convecteurs électriques est de type :

- « chauffage central individuel » N
- « chauffage individuel pièce par pièce » O
- « chauffage individuel collectif » N
- « chauffage central collectif » N

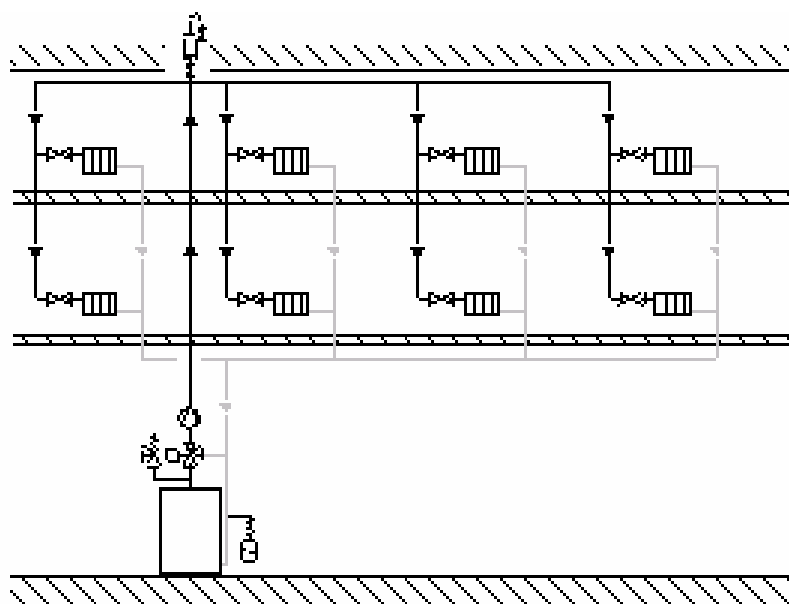
Le chauffage d'un logement constitué d'une chaudière dans la cuisine alimentant les radiateurs des différentes pièces est de type :

- « chauffage individuel pièce par pièce » N
- « chauffage individuel collectif » N
- « chauffage central individuel » O
- « chauffage central collectif » N

Le chauffage d'un logement constitué d'une chaudière pour l'immeuble, alimentant tous les radiateurs de l'immeuble est de type :

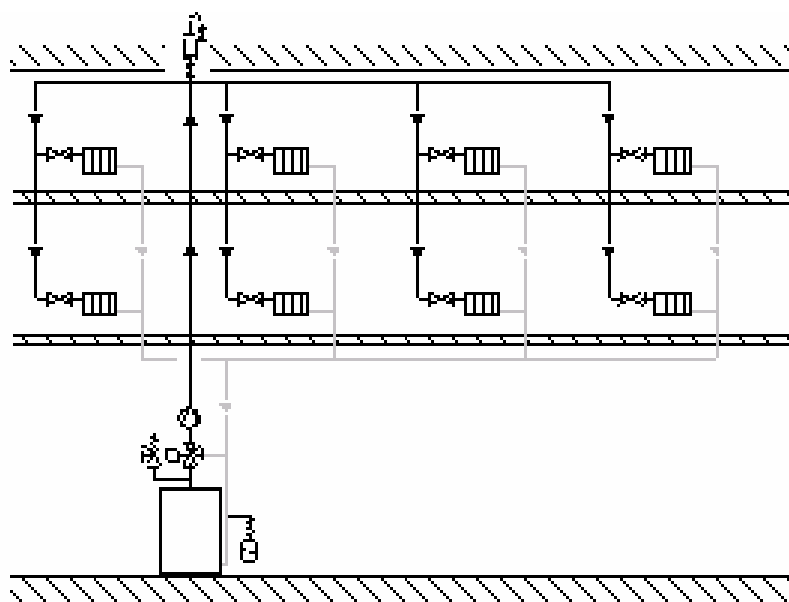
- « chauffage central individuel » N
- « chauffage central collectif » O
- « chauffage individuel pièce par pièce » N
- « chauffage individuel collectif » N

Les distributions collectives de type "parapluie"



Cette distribution de chauffage est de type :

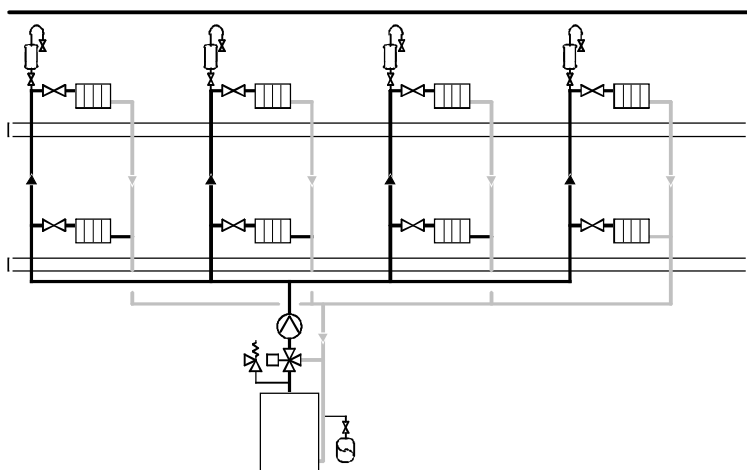
- Monotube N
- Chandelle N
- Parapluie O
- C.I.C. N



Ce type de distribution :

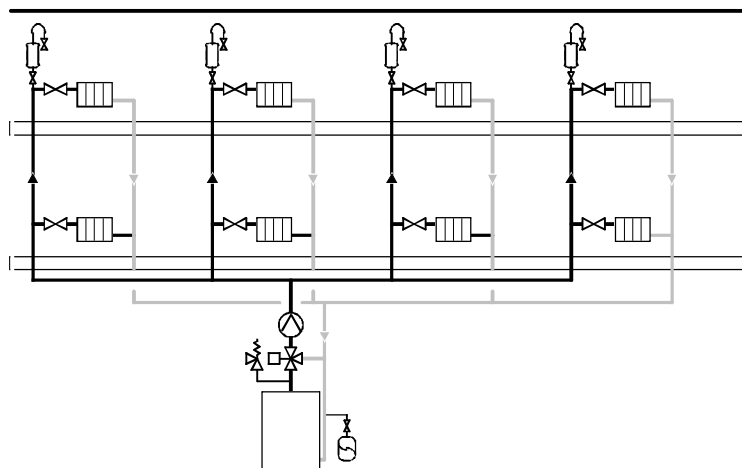
- Limite le nombre de colonne N
- Permet le comptage des consommations de chaque logement N
- Complique les problèmes de dégazage N
- Correspond aux anciennes installations de type thermosiphon O

Les distributions collectives de type "chandelles"



Cette distribution de chauffage est de type :

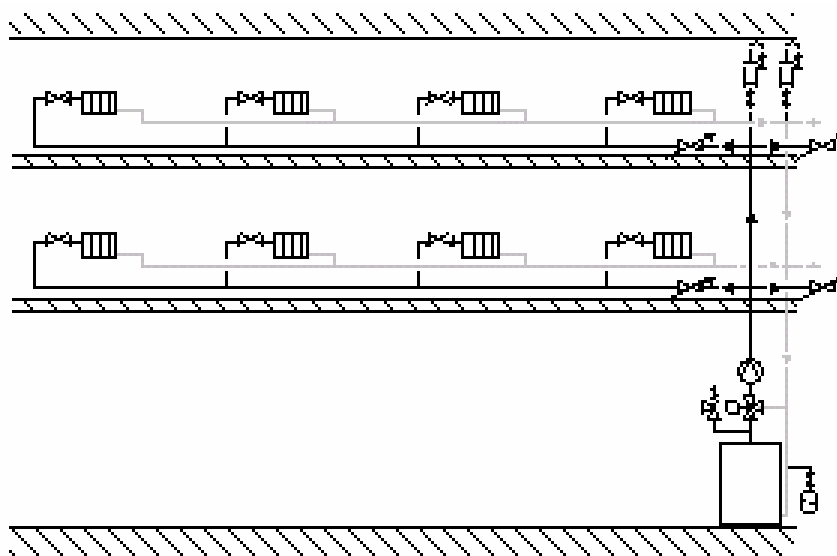
- Chandelle ☐ O
- Monotube ☐ N
- Parapluie ☐ N
- C.I.C. ☐ N



En haut de chaque colonne de cette distribution est installé :

- 1 anti coup de bélier ☐ N
- 1 manomètre ☐ N
- 1 vase d'expansion ☐ N
- 1 purgeur ☐ O

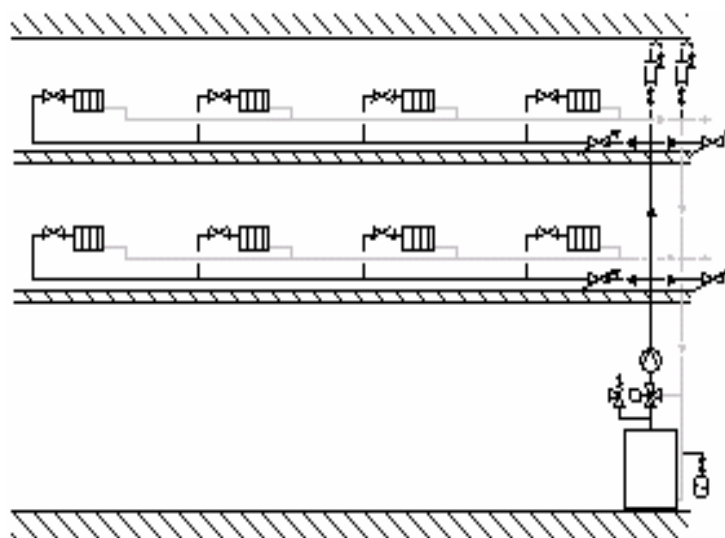
Les distributions de type horizontale par logement



Cette distribution comporte une colonne et l'alimentation horizontale de 4 logements (seule les radiateurs de 2 logements sont représentés).

Ce type de distribution :

- Permet le comptage des consommations de chaque logement O
- Correspond aux anciennes installations de type thermosiphon N
- Complique les problèmes de dégazage N
- Elimine les besoins d'équilibrage N



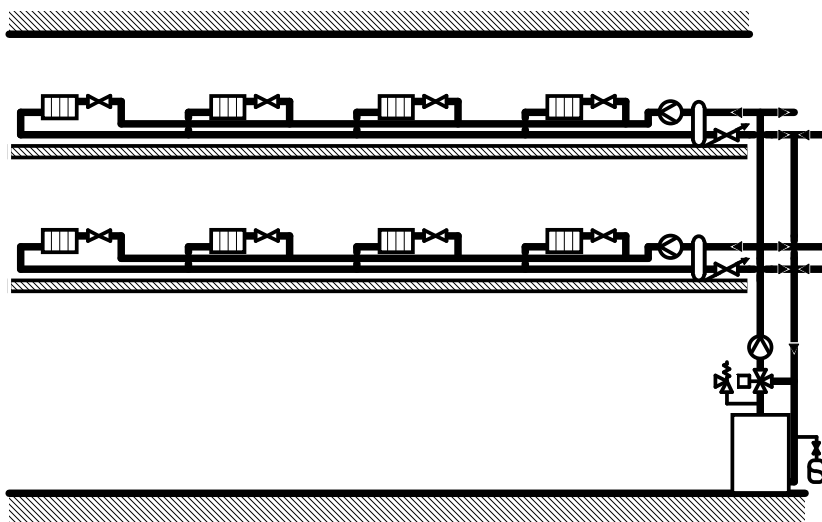
Cette distribution comporte une colonne et l'alimentation horizontale de 4 logements (seule les radiateurs de 2 logements sont représentés).

Pour isoler le circuit de chauffage d'un logement il faut :

- Arrêter la chaudière N
- Arrêter la pompe N

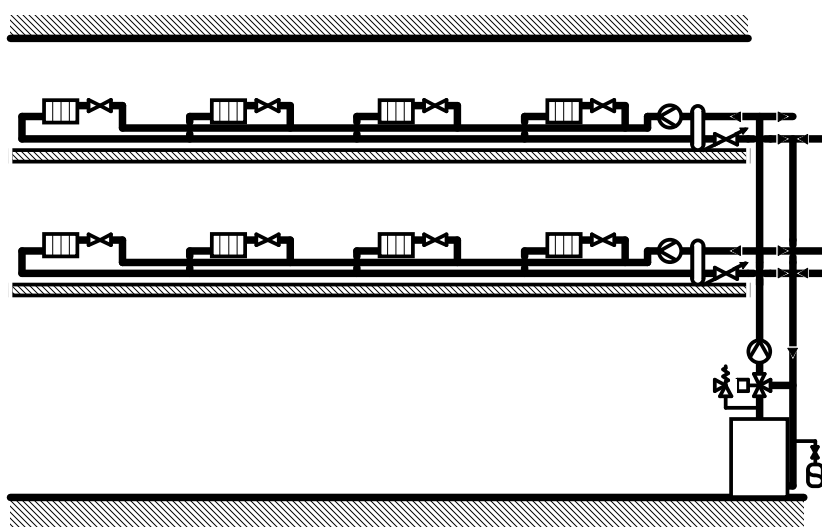
- Isoler la colonne N
- Isoler le robinet d'étage N

IV.5 Les distributions de type "Chauffage Individuel Centralisé" (CIC)



Cette distribution de chauffage est de type :

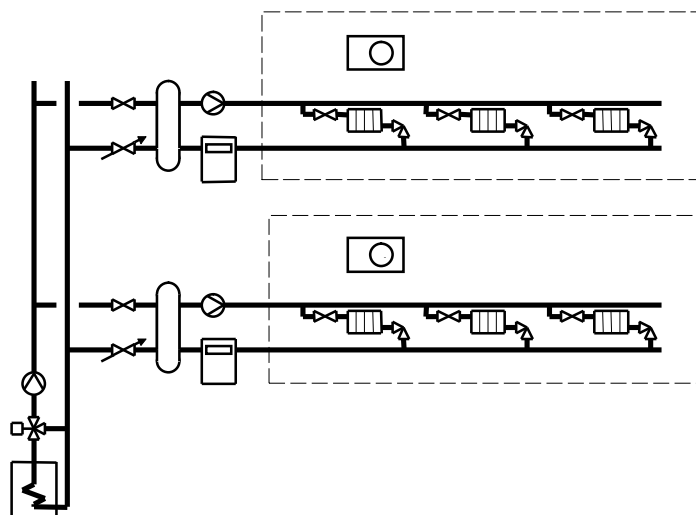
- C.I.C. O
- Monotube N
- Chandelle N
- Parapluie N



Cette distribution comporte une colonne et l'alimentation horizontale de 4 logements (seule les radiateurs de 2 logements sont représentés).

La distribution représentée :

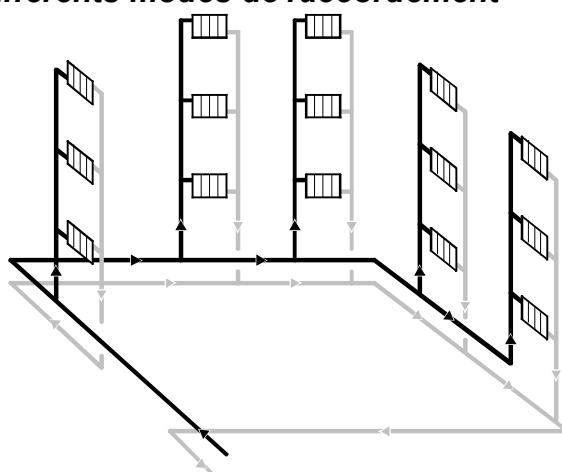
- Limite le nombre de pompe nécessaire N
- Facilite le dégazage N
- Permet la régulation séparée de chaque logement O
- Elimine les besoins d'équilibrage N



Dans cette distribution, la régulation de chaque circuit encadré peut être effectuée :

- Par action progressive sur une vanne 3 voies N
- Par action tout ou rien sur le brûleur de la chaudière N
- Par action tout ou rien sur un circulateur O
- Par action progressive sur un robinet thermostatique N

IV.6 Combinaisons de différents modes de raccordement

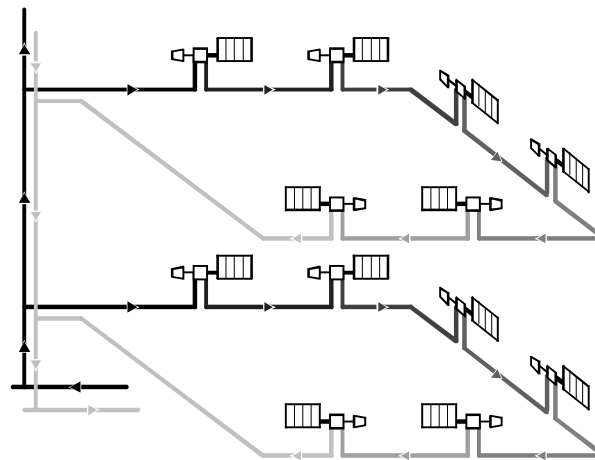


La distribution représentée est de type :

- Chandelle avec une distribution horizontale de type Tichelmann O
- Chandelle avec un raccordement Tichelmann à l'intérieur des colonnes N
- Parapluie avec une distribution horizontale de type Tichelmann N

- Chandelle avec une distribution horizontale de type monotube

N



La distribution représentée comporte :

- | | |
|--|---|
| • 2 colonnes bitubes, 1 ligne bitube | N |
| • 1 colonne bitube, 2 lignes monotubes | O |
| • 1 colonne bitube, 2 lignes bitubes | N |
| • 2 colonnes bitubes, 1 ligne monotube | N |

Exercice n° 1 : Quel est le débit à véhiculer pour distribuer 500 [kW] sous forme d'eau chaude à 90/70 [°C] ?

Exercice n° 2 : Quel est le débit à véhiculer pour distribuer 500 [kW] sous forme d'eau chaude à 50/40 [°C] ?

Exercice n° 3 : Quel est le débit à véhiculer pour distribuer 1500 [W] sous forme d'eau chaude à 80/60 [°C] ?

Exercice n° 4 : Dans un circuit de climatisation, quel est le débit à véhiculer pour distribuer 500 [kW] sous forme d'eau glacée à 6/12 [°C] ?

