

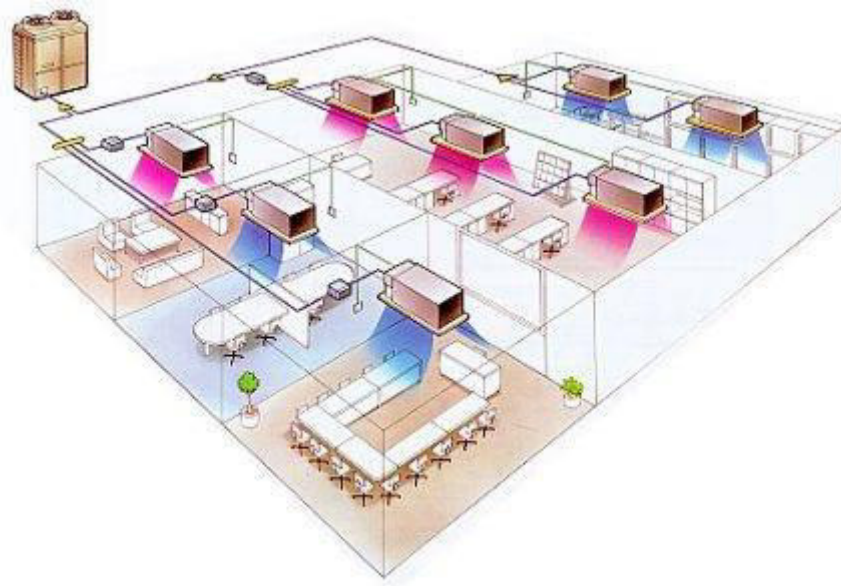
Séance : Le D.R.V

Date :

Objectif de la séance :

.....
.....
.....

La climatisation à débit de réfrigérant variable



Remarque : nous avons repris la terminologie française DRV (Débit de Réfrigérant Variable) mais ce type d'appareil est encore appelé "VRV" (Variable Refrigerant Volume) ou "VRF" (Variable Réfrigérant Flow) selon les constructeurs.

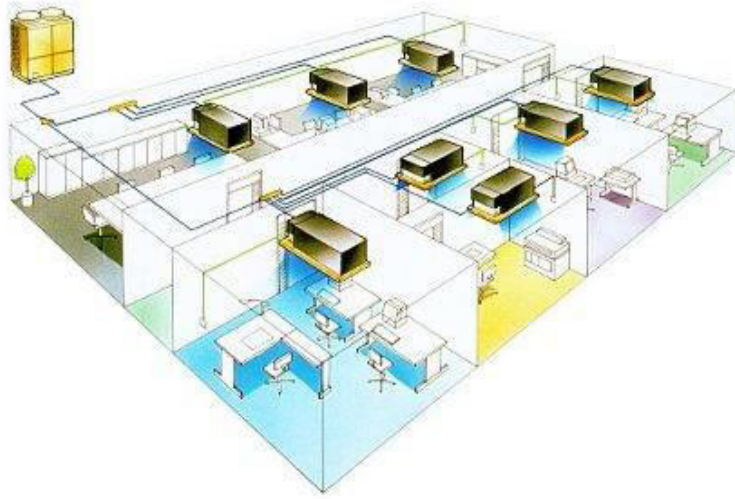
À partir d'une unité extérieure, on peut alimenter jusqu'à 32 unités intérieures.

Les groupes extérieurs disponibles sur le marché aujourd'hui ont des puissances froid allant de 15 à 90 kW en version monobloc pour le raccordement d'un circuit frigorifique indépendant. Ceux ci peuvent être multipliés, pour autant que la place disponible pour les groupes extérieurs soit présente.

Mais ce sont des installations qui fonctionneront alors en parallèle (pas d'échange entre circuits raccordés à des unités extérieures différentes).

Fonctionnement en froid seul :

On connaissait le principe de la "détente directe" (l'évaporateur de la machine frigorifique refroidit directement l'air dans le caisson de traitement d'air). Cette fois, on réalise la détente directe dans chaque local puisque le fluide réfrigérant est transporté jusqu'à l'échangeur du local qui sert d'évaporateur ! Ce n'est ni l'air ni l'eau qui circule dans les conduits, mais bien du fluide réfrigérant.



Fonctionnement réversible (froid ou chaud)

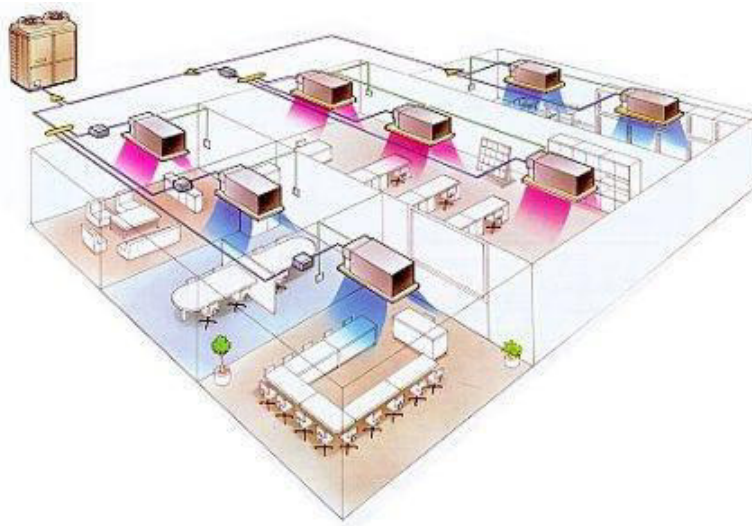
Si certains systèmes sont limités au mode : froid", d'autres sont réversibles : le même échangeur intérieur peut alors servir de condenseur, lorsque le local est en demande de chaleur ! Une telle souplesse est issue d'une régulation électronique sophistiquée, notamment basée sur l'emploi de **détendeurs électroniques** et d'un bus de communication entre tous les équipements.

Mais c'est l'ensemble des échangeurs qui fournissent du froid ou qui fournissent de la chaleur. La permutation du rôle des échangeurs est réalisée dans l'unité extérieure par une vanne d'inversion de cycle à 4 voies.

À récupération d'énergie (froid et chaud simultanément) :

Encore mieux : certains systèmes assurent simultanément le chaud et le froid dans les locaux. Par exemple, un local de réunion peut être demandeur de froid (la cassette intégrée dans le faux-plafond travaille en évaporateur) tandis que le bureau voisin est demandeur de chaleur (la console en allège travaillera en condenseur).

Le système va assurer simultanément les deux demandes, avec une consommation énergétique minimale puisque la chaleur extraite d'un côté est valorisée de l'autre côté, avec un **COP** défiant toute concurrence !

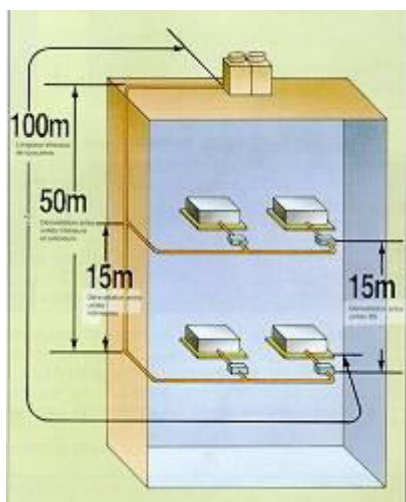


À titre d'exemple, voici le **bilan énergétique** annoncé par un constructeur lorsque le bâtiment demande une charge calorifique identique à la charge frigorifique :

- La puissance frigorifique appelée est réalisée avec un COP frigorifique de 4.
- On en déduit que 4 kWh de chaleur extraits d'un local vont entraîner un appel de 1 kWh au compresseur.
- Si cette chaleur est restituée dans un local voisin en demande, c'est 5 kWh qui lui seront délivrés.
- Dans la mesure où la consommation énergétique totale des locaux est de 9 kWh, pour 1 kWh dépensé, on peut parler là d'un COP équivalent de 9... !

Attention, il s'agit là d'une valeur **théorique**, idéale et instantanée, et non d'une moyenne sur l'année... Et elle suppose que les demandes se complètent : le besoin de chaleur correspond exactement au besoin de froid.

En pratique, dans une situation moyenne et en tenant compte des consommations des auxiliaires, le constructeur annonce un COP de 2,7 pour un fonctionnement en froid seul et un COP de 4,2 lorsqu'il y a récupération de la chaleur extraite d'un local pour la fournir à un autre local voisin.



- Une distance maximale de 120 m entre l'unité extérieure et l'unité intérieure la plus éloignée (en ce compris les coudes, sur base de 1 coude = 2 m équivalents, par exemple).
- Une dénivellation verticale entre unité extérieure et intérieure limitée à 50 m.
- Une dénivellation entre 2 unités intérieures limitée à 15 m (soit 5 étages).

Fluide réfrigérant :

Ces systèmes sont aujourd'hui disponibles avec **le nouveau gaz réfrigérant R407C**. Les différents composants ont alors été dimensionnés pour l'utilisation de ce nouveau gaz.

Le coeur du système reste une machine frigorifique et les critères applicables à ce type d'installation restent d'actualité. Par exemple, le carter doit être chauffé durant 48 heures avant le démarrage pour la mise en condition de l'huile.

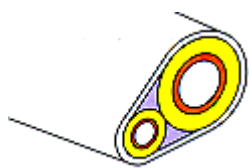
Unité extérieure :



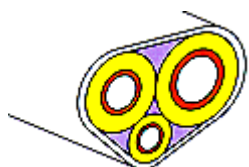
L'unité extérieure est généralement placée en toiture (pas de local technique spécifique). Ceci permet au condenseur d'être facilement refroidit par l'air extérieur.

Réseau de distribution :

Les tuyauteries en cuivre utilisées sont de très faible diamètre. Cela permet un gain de place par rapport aux systèmes traditionnels et de faibles pertes dues au transport de la chaleur.



Pour les installations réversibles, un réseau "deux tubes" sera créé. En fonctionnement "froid", un tube transportera le fluide frigorigène liquide et ramènera le fluide à l'état vapeur. En fonctionnement "chaud", le premier tube véhiculera les "gaz chauds" issus du compresseur et ramènera le fluide refroidi et condensé.



Pour les installations avec récupération d'énergie, un réseau "trois tubes" transportera les "gaz chauds" (ou vapeur haute pression), le fluide liquide et la vapeur basse pression.

Ils seront sélectionnés en fonction de la demande par un module de répartition à l'entrée de chaque local ou de chaque zone de locaux régulés en commun.

Remarque : Certains fabricants réalisent un système avec récupération d'énergie avec seulement "deux tubes".

Dans ce cas là, le chaud et froid simultané sera réalisé en créant un flux diphasique dans un seul tube (une phase gaz pour le chauffage et une phase liquide pour le rafraîchissement).

Ce flux diphasique à haute pression sera séparé dans la boîte de répartition.

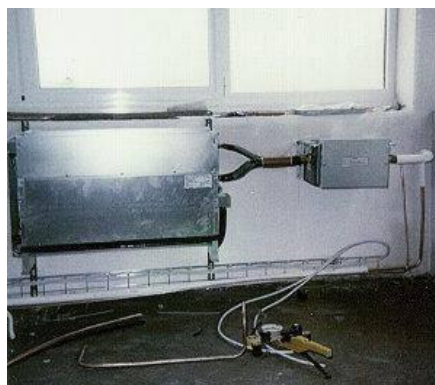
Cette boîte de répartition contient aussi un jeu de vannes pour amener gaz et liquide vers les unités en chaud et en froid.

Unités intérieures :



L'unité intérieure est parcourue par le fluide frigorigène. Un ventilateur hélicoïdal force l'air du local au travers de l'échangeur. Elle peut fonctionner soit en rafraîchissement, soit en chauffage, soit en brassage d'air, soit en déshumidification. Un détendeur électronique règle en permanence le débit de réfrigérant en fonction de la charge intérieure.

Unité intérieure et son module de régulation avant la pose de l'habillage



Un tel produit n'a pu être conçu que moyennant l'intégration d'une régulation numérique sophistiquée. Il n'est pas étonnant que les Japonais soient dès lors les premiers à mettre ce type de climatiseur sur le marché. Chaque équipement dispose de son "adresse" spécifique sur le bus de communication et une régulation "intelligente" est possible.

Au niveau de l'utilisateur, une action par télécommande est possible. Au niveau du personnel de maintenance, de nombreuses fonction d'auto-diagnostic sont intégrées pour aider à détecter l'origine d'une panne éventuelle.



Boîtier de répartition (avec l'arrivée des 3 tubes)

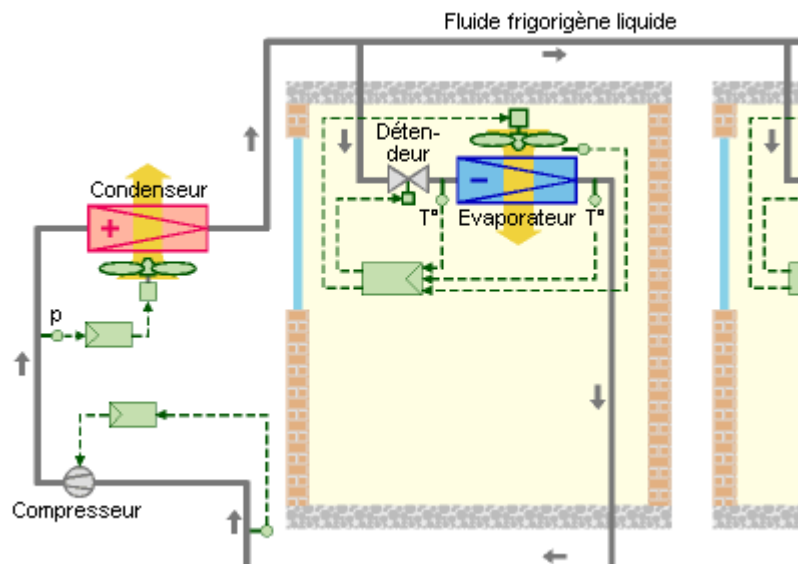


Régulation intégrée dans la face avant du boîtier

"Froid seul" : les unités intérieures assurent le refroidissement uniquement :

La régulation de la température ambiante est assurée :

- par la régulation de vitesse du ventilateur de l'évaporateur,
- par un **détendeur électronique** qui module le débit de fluide en contrôlant la différence de température entrée-sortie du fluide dans l'évaporateur (similaire au réglage de la surchauffe).



Dans l'unité extérieure se trouve un compresseur hermétique à vitesse variable (**compresseur scroll ou compresseur rotatif**), avec **une régulation "INVERTER"**, c'est à dire à vitesse variable par réglage de la fréquence d'alimentation.

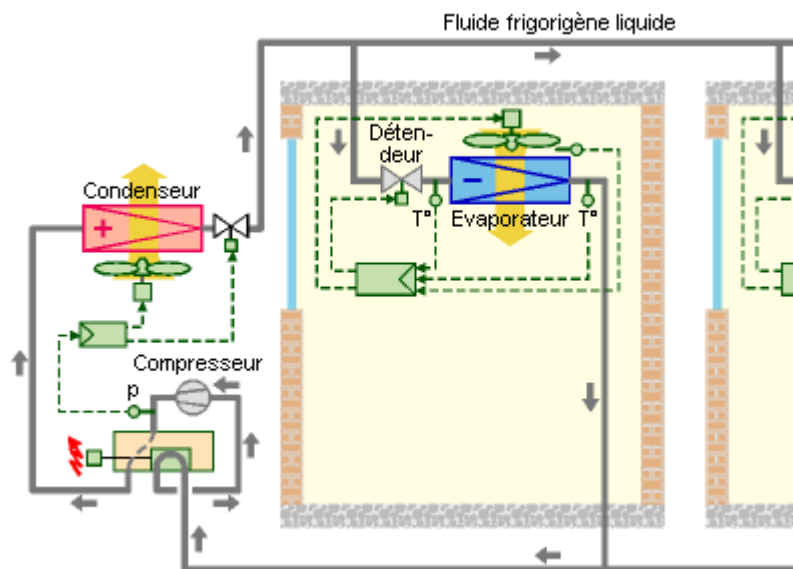
En pratique, une sonde est placée sur la pression d'aspiration du compresseur. Cette pression est maintenue constante par action sur la vitesse du compresseur. Automatiquement, la température d'évaporation est maintenue constante. Ainsi, si la charge thermique du bâtiment augmente, la vitesse du compresseur augmente et le débit de fluide réfrigérant est augmenté !

Si la puissance frigorifique est importante, une cascade de deux (ou trois) compresseurs est réalisée. Mais un seul travaille à vitesse variable. Le deuxième est régulé en "tout ou rien". Au démarrage, seul le compresseur INVERTER travaille. Dès que la charge dépasse la limite de puissance de ce compresseur, le 2ème compresseur est enclenché pour reprendre la charge et le compresseur INVERTER recommence à moduler à partir de 0 %.

"Froid ou chaud" : les unités intérieures sont réversibles :

Dans ce cas, c'est tout le réseau qui travaille soit en froid, soit en chaud. Cette réversibilité est réalisée via une vanne d'inversion de cycle, dans l'unité extérieure. En passant d'un mode à l'autre, on inverse le sens de circulation du fluide dans les conduites. L'échangeur dans le local passe d'évaporateur à condenseur, et vice versa.

Bien sûr, une fois le mode général décidé, chaque local garde sa propre régulation interne : un détendeur électronique compare l'air de reprise par rapport à la consigne et adapte le débit de fluide frigorigène en conséquence.



En mode froid, la température d'entrée de l'évaporateur est égale à la température d'évaporation du fluide; la température de sortie est cette même température augmentée de **la surchauffe**. Celle-ci est classiquement réglée sur 6...7°. La vanne du détendeur sera donc réglée pour maintenir ces 7 degrés : si la charge thermique augmente, le débit de fluide augmentera dans l'évaporateur en fonction de la charge.

Simultanément, la mesure de la température à l'évaporateur permet de détecter la présence éventuelle de givre sur la batterie (si la batterie est givrée, l'échange avec l'ambiance se fait moins bien); dans ce cas, le détendeur se ferme, le débit de fluide s'annule et l'air de l'ambiance (qui continue à être brassé par le ventilateur) permet le dégivrage

"Froid et chaud" : les unités intérieures travaillent à la demande, avec récupération d'énergie :

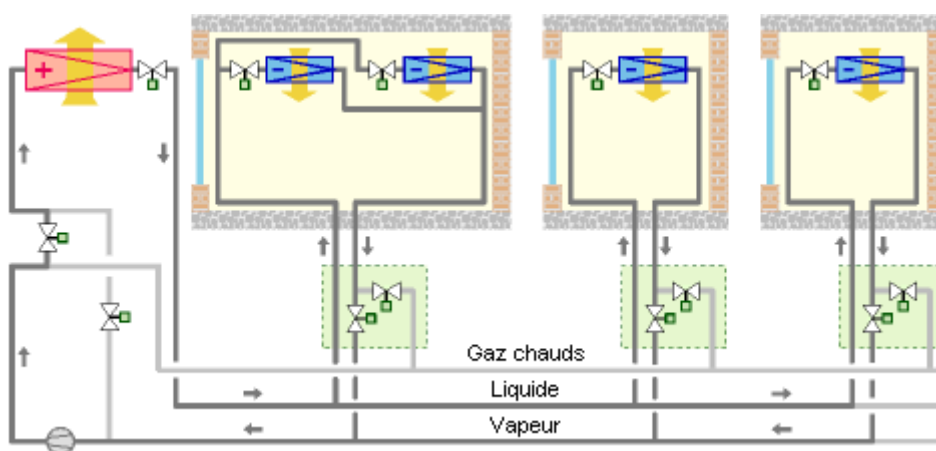
Ici, le système permet une production simultanée de froid dans un local et de chaud dans le local voisin. Avec transfert de la chaleur d'un local vers l'autre !

L'idée de base est que 3 conduites sont extraites de l'unité extérieure :

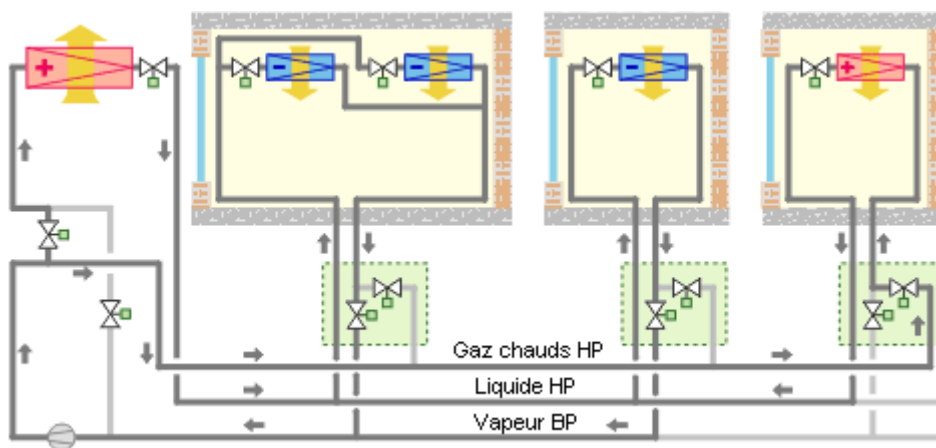
- une conduite liquide,
- une conduite vapeur basse pression,
- une conduite vapeur haute pression, c'ad des "gaz chauds".

Ces 3 conduites alimentent des modules de répartition (rectangles en pointillé sur le graphe). Ceux-ci sont informés de la température ambiante et de la température de consigne souhaitée, et vont sélectionner le type de fonctionnement adéquat. De ces modules partent alors deux tubes pour alimenter les échangeurs du local (dont le mode de fonctionnement -froid ou chaud- sera identique).

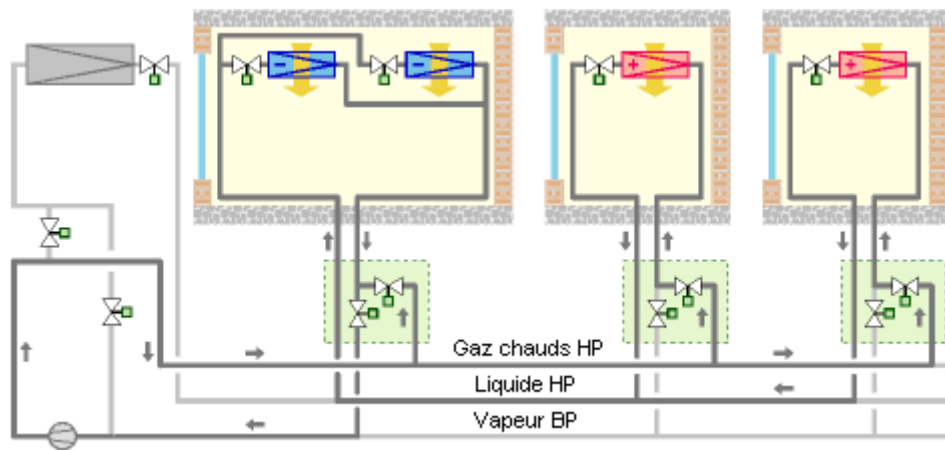
Des clapets anti-retour (non représentés) complètent l'installation afin d'empêcher certains sens de passage.



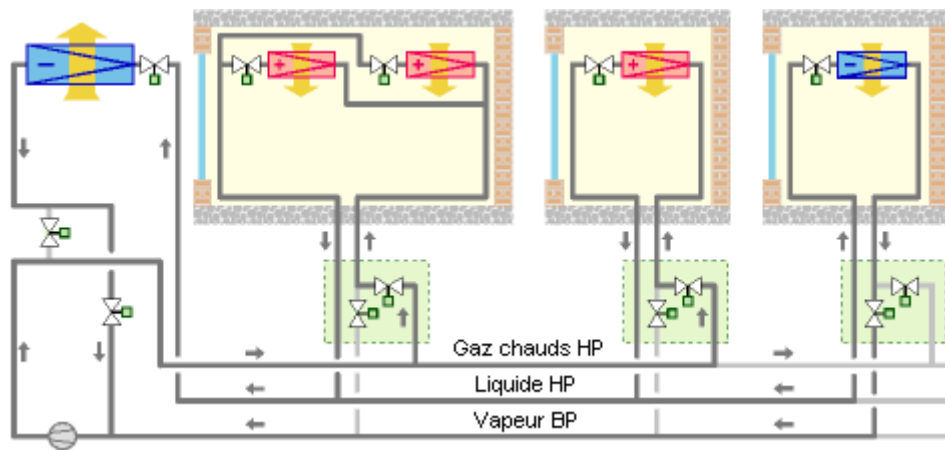
Fonctionnement en "froid seul"



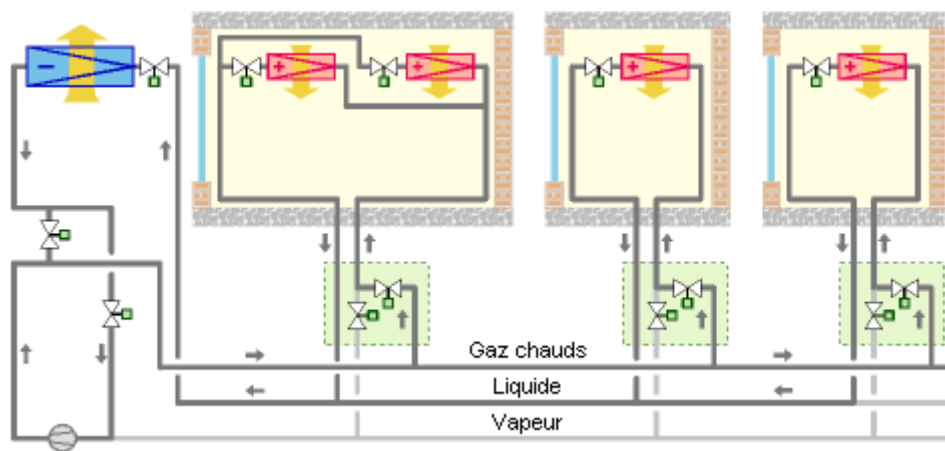
Fonctionnement en "froid majoritaire"



Fonctionnement en "équilibré"



Fonctionnement en "chaud majoritaire"



Fonctionnement en "chaud seul"