

3 Refroidissement



Check-list

Page

Amélioration du rendement de la production frigorifique

Condenseur

- 3.1. Abaisser la température de condensation 71
- 3.2. Améliorer la régulation du détendeur 75
- 3.3. Diminuer la consommation des ventilateurs de la tour de refroidissement 77

Evaporateur

- 3.4. Rehausser la température d'évaporation 79

Compresseur

- 3.5. Adapter la puissance de la machine frigo aux besoins réels 81
- 3.6. Supprimer la régulation par injection des gaz chauds 83
- 3.7. Augmenter le seuil de pression de déclenchement du compresseur 85
- 3.8. Améliorer la régulation de la machine frigorifique 87

Remplacement

- 3.9. Préparer le remplacement futur de la machine frigorifique 89

Amélioration du réseau

- 3.10. Réduire le débit d'eau glacée de l'installation 91
- 3.11. Équilibrer le réseau hydraulique 95

Régulation des circuits

- 3.12. Améliorer la gestion de la circulation d'eau glacée 97
- 3.13. Augmenter la température du réseau d'eau glacée 99

Emission

- 3.14. Améliorer l'efficacité ventilo-convecteurs. 101
- 3.15. Améliorer la gestion des plafonds froids 103
- 3.16. Améliorer la gestion des climatiseurs de locaux 105



3 Refroidissement

3 Refroidissement

1 Abaisser la température de condensation

LA MESURE

Abaisser la température de condensation :

- Nettoyer les condenseurs à air
- Décaleriser les condenseurs à eau
- Améliorer l'environnement du condenseur

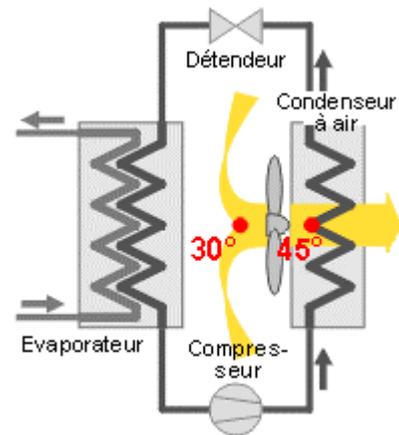
LA RENTABILITE

- Nettoyer les condenseurs à air diminue la consommation de la machine frigorifique, de l'ordre de - 10% si l'encrassement est faible (nettoyage annuel),
- 30% si le nettoyage n'a jamais été réalisé.
- Nettoyer les condenseurs à eau économise de 15 à 25 % de la consommation de la machine frigorifique.
- Si l'amélioration de l'environnement du condenseur permet d'abaisser la température de condensation de 1°C, cela génère environ 3% d'économie.

LA MISE EN OEUVRE

La mesure de l'écart entre la T°condensation et la T°air à l'entrée du condenseur permet de détecter l'encrassement des condenseurs. Il doit être de l'ordre de 15 à 20 K à pleine charge (et proportionnel à charge réduite).

Pour connaître la température de condensation, il ne faut pas prendre la température sur le condenseur : lire la haute pression, et voir la table de correspondance Pression/température du fluide frigorigène. Vous trouverez cette table pour le R22, le R134a et R407c à la fiche [3.4](#) "Rehausser la température d'évaporation".



Nettoyer les condenseurs à air :

Nettoyer régulièrement les ailettes des condenseurs à air, tout particulièrement à la sortie du printemps (encrassement dû aux semences, pollens, etc.).

Le serpentin peut être nettoyé à l'aide d'un compresseur à air ou à eau à basse pression.

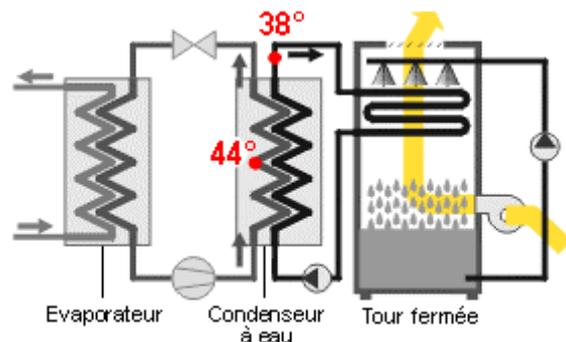
⚠ Effectuer cette opération avec précaution et toujours à contre-courant par rapport au sens de l'air, les ailettes sont peu résistantes mécaniquement !

Si on nettoie à l'eau chaude pour dégraisser éventuellement, la température de l'eau utilisée doit être inférieure à la température de condensation pour éviter de mettre la machine en surpression. Il faut aussi couper l'alimentation électrique des appareils et laisser sécher avant de redémarrer.

Détartrer les condenseurs à eau avec tour ouverte :

La mesure de l'écart entre la T°condensation et la T°eau à la sortie du condenseur est un autre indice d'encrassement du condenseur. Il doit être de l'ordre de 6 à 10 K.

Si le condenseur est encrassé, le détartre par voie chimique. Par la suite, installer un adoucisseur d'eau si le circuit n'en est pas encore équipé, et contrôler régulièrement le fonctionnement de l'installation d'adoucissement.

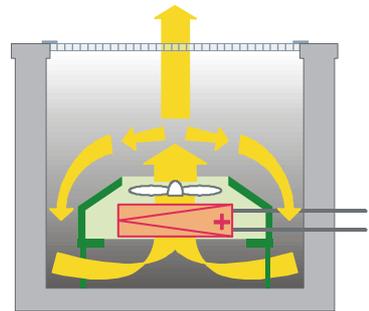


3 Refroidissement

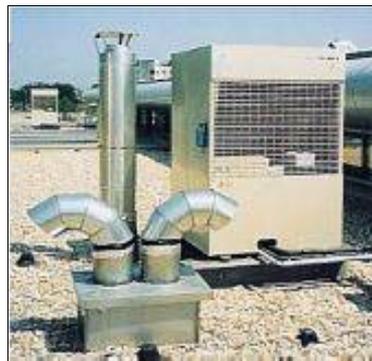
1 Abaisser la température de condensation

Améliorer l'environnement du condenseur :

S'assurer que le condenseur n'est pas placé dans un environnement propice au recyclage de l'air (sous un auvent,...). Cela se vérifie aisément : la température de l'air d'aspiration est alors bien supérieure à la température ambiante.



Si le condenseur est placé sur une toiture couverte de roofing noir, répandre du gravier blanc sur la toiture pour empêcher une surchauffe locale de l'air qui peut atteindre plusieurs degrés en période d'ensoleillement. De même, installer un système d'ombrage du condenseur évitera une surchauffe en période d'ensoleillement.



mp

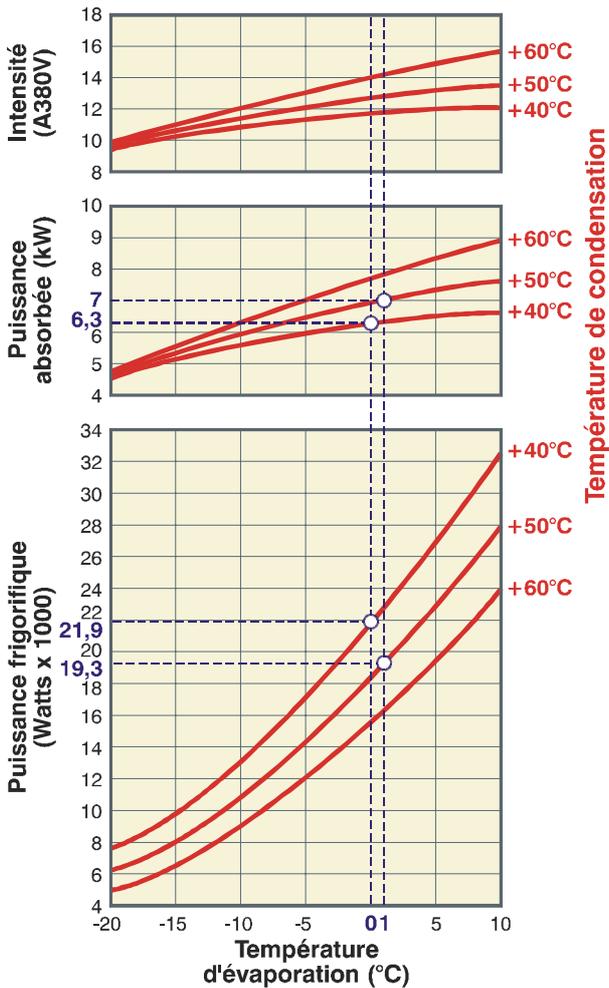
LA JUSTIFICATION

Les mesures proposées engendrent une réduction de la température de condensation, ce qui abaisse le niveau de pression à la sortie du compresseur, et donc diminue le travail de celui-ci et l'énergie qu'il consomme.

Pour s'en convaincre, comparons le comportement d'un compresseur pour des températures de condensation de 40°C et de 50°C sur base des caractéristiques nominales données par le fournisseur.

3 Refroidissement

1 Abaisser la température de condensation



Extrait d'un catalogue de compresseurs

1. Température de condensation de 40°C :

Pour une température d'évaporation de 0°C

- la puissance électrique absorbée par le compresseur sera de 6,3 kW
- la puissance frigorifique donnée à l'évaporateur sera de 21,9 kW

2. Température de condensation de 50°C :

Comme la température du liquide s'élève à l'entrée du détendeur, la température d'évaporation s'élève également de 1 ou 2°.

- la puissance électrique absorbée par le compresseur sera de 7 kW
- la puissance frigorifique donnée à l'évaporateur sera de 19,3 kW

Le "rendement" de la machine (COP) s'est dégradé :

➔ **AVANT** : (21,9 kW produits) / (6,3 kW absorbés) = 3,5

➔ **APRES** : (19,3 kW produits) / (7 kW absorbés) = 2,8

On dira que "l'efficacité énergétique" de la machine frigorifique a diminué de 20 %.

A noter que l'on serait arrivé au même résultat si la température extérieure s'était élevée de 10°



3 Refroidissement

1 Abaisser la température de condensation

3 Refroidissement

2 Améliorer la régulation du détendeur

LA MESURE

Si le détendeur est de type thermostatique :

- le remplacer par un détendeur électronique
- ou, à défaut, travailler avec un ventilateur à vitesse variable ou une cascade de ventilateurs

afin de limiter la température au condenseur.

LA RENTABILITE

Abaisser la température de condensation de 1°C génère environ 3% d'économie.

Le remplacement du détendeur par un détendeur électronique nécessite un budget de l'ordre de 750 € (y compris main d'oeuvre et remplacement du régulateur).

L'installation d'un variateur de vitesse sur les ventilateurs est rapidement rentabilisée.

LA MISE EN OEUVRE

On repère le détendeur au changement de section sur le circuit : d'un côté, le fluide frigorigène est sous forme liquide, de l'autre, il est sous forme gazeuse. Si le détendeur a une connexion électrique, alors, c'est un détendeur électronique. Sinon, c'est un détendeur thermostatique.

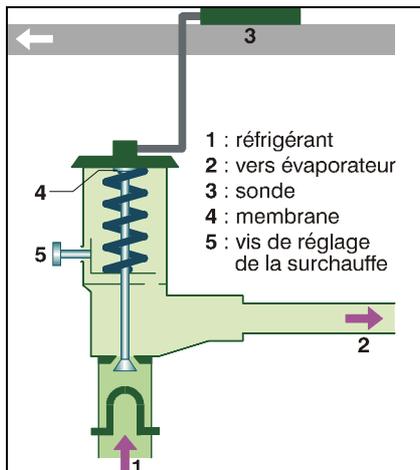


Schéma d'un détendeur



Détendeur électronique



Détendeur électromagnétique

Si le détendeur thermostatique est remplacé par un détendeur électronique, le régulateur de la machine frigorifique doit également être remplacé.

LA JUSTIFICATION

Le détendeur de la machine frigorifique est dimensionné pour laisser passer un certain débit de fluide frigorigène, pour une certaine différence de pression. Si cette différence de pression diminue, le débit de fluide frigorigène diminue également. Le compresseur qui continue à tourner est alors mal refroidi.

C'est pourquoi le constructeur impose une pression minimale à la sortie du condenseur. Cela se traduit par une température minimale au condenseur (le détendeur thermostatique travaille généralement avec une température minimale de condensation de 35°C pour du R22).

Remplacer le détendeur par un détendeur électronique



3 Refroidissement

2 Améliorer la régulation du détendeur

Le détendeur électronique, par contre, assure un débit de fluide frigorigène constant lorsque la différence de pression diminue. Il peut donc travailler avec une haute pression plus basse, et une température minimale de condensation plus basse également (exemple, 20°C pour du R22) ! Il est plus cher à l'investissement, mais ce prix est largement récupéré par l'usage de l'installation. En effet, la présence d'un détendeur électronique permet d'optimiser la température de condensation en fonction de la charge du compresseur.

Optimiser la gestion des ventilateurs

Si on garde le détendeur thermostatique, on peut néanmoins optimiser la gestion des ventilateurs.

Lorsque la machine frigo travaille en hiver, le débit d'air traversant le condenseur doit être diminué. Pour cela, on fait souvent fonctionner les ventilateurs en cycles on/off. Il convient d'éviter ce type de fonctionnement qui entraîne des cycles courts (+/- 2 min.) et, par conséquent, une "fatigue" du moteur.

Utiliser un ventilateur à vitesse variable en installant un régulateur de vitesse de rotation externe permet

- de réduire légèrement la consommation du ventilateur,
- d'optimiser le fonctionnement du compresseur : tant que la charge reste limitée, la vitesse du ventilateur est adaptée pour maintenir la pression minimale requise, lorsque la charge augmente, la pression monte progressivement.

Si le condenseur dispose de plusieurs ventilateurs, on obtient un résultat similaire à partir d'une mise en cascade des ventilateurs, via un pressostat à plusieurs étages.

Remarques :

1 Installer la vitesse variable sur des ventilateurs existants peut parfois entraîner le remplacement du moteur du ventilateur (de moins en moins vrai aujourd'hui), mais l'investissement du variateur est parfois subsidié par le distributeur électrique, et peut permettre d'atténuer le niveau sonore.

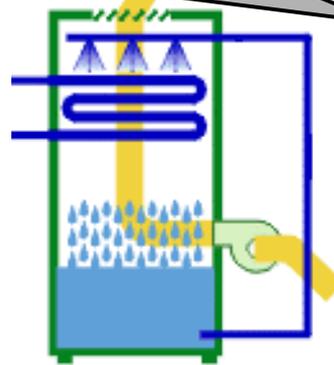
2 S'assurer que le sous-refroidissement après condensation reste suffisant avec la gestion améliorée des ventilateurs. En effet, si le sous-refroidissement est insuffisant, les pertes de charges dans la conduite liquide qui mène au détendeur peuvent conduire à une vaporisation partielle du liquide. Ce phénomène (flash-gas) empêche le détendeur de fonctionner correctement à cause de l'arrivée d'une émulsion en amont.

3 Refroidissement

3 Diminuer la consommation des ventilateurs de la tour de refroidissement

LA MESURE

Modifier la régulation de la tour de refroidissement en arrêtant prioritairement les ventilateurs.



LA RENTABILITE

La puissance d'un ventilateur est proportionnelle au cube de sa vitesse. Aussi, réduire la vitesse du ventilateur de moitié, c'est diviser sa consommation par 8 !



LA MISE EN OEUVRE

Vérifier que la régulation de l'installation fonctionne normalement : elle doit agir

1. en priorité sur le nombre et la vitesse des ventilateurs (si ventilateur à 2 vitesses, par exemple; mais idéalement, choisir un ventilateur à vitesse variable.),
2. pour ensuite affiner en modulant la position de la vanne diviseuse (vanne de recyclage).

LA JUSTIFICATION

Toute l'installation de climatisation, et donc la tour de refroidissement, est dimensionnée pour les jours de canicule (par exemple : 30°C, 50% HR).

- On risque, les autres jours, de trop refroidir le condenseur et d'avoir une pression de condensation trop faible pour un bon fonctionnement du détendeur thermostatique.

Pour éviter ce problème, on rencontre deux types de régulation qui agissent sur :

- Les ventilateurs de la tour de refroidissement,
- La vanne trois voies diviseuse.

Régulation en priorité sur les ventilateurs

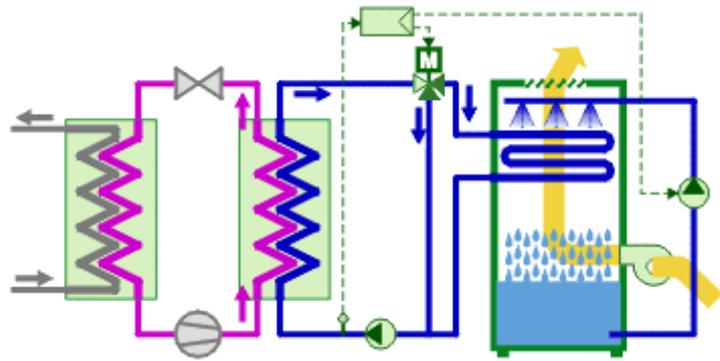
3 Refroidissement

3 Diminuer la consommation des ventilateurs de la tour de refroidissement

La vanne trois voies diviseuse reste toujours ouverte à 100% lorsque les ventilateurs fonctionnent.

Si la température au condenseur est trop basse, les ventilateurs sont arrêtés progressivement, en cascade.

Si les ventilateurs sont arrêtés et que la température au condenseur reste trop basse, la vanne trois voies diviseuse recycle une partie de l'eau provenant directement du condenseur et la mélange avec celle de la tour de refroidissement.



Régulation en priorité sur la vanne trois voies

Cette régulation est à éviter !

La température de l'eau de sortie de la tour est systématiquement mélangée à l'eau venant du condenseur. Ceci est peu efficace : les ventilateurs tournent en permanence quels que soient les besoins de refroidissement. En dehors du gaspillage d'énergie, le coût de fonctionnement des ventilateurs est loin d'être négligeable...

3 Refroidissement

4 Rehausser la température d'évaporation

LA MESURE

Rehausser la température d'évaporation :

- Vérifier la qualité de l'échange thermique au niveau de l'évaporateur
- Utiliser de l'eau glacée moins froide lorsque les besoins du bâtiment le permettent

LA RENTABILITE

Augmenter la température d'évaporation de 1°C génère **en moyenne 3% d'économie** :

- 2 % pour les compresseurs à piston,
- 3 % pour les compresseurs centrifuges,
- 4 % par degré pour les compresseurs à vis.

S'ils sont fortement encrassés, le nettoyage des évaporateurs permet d'économiser jusqu'à 15% de la consommation de la machine frigorifique.

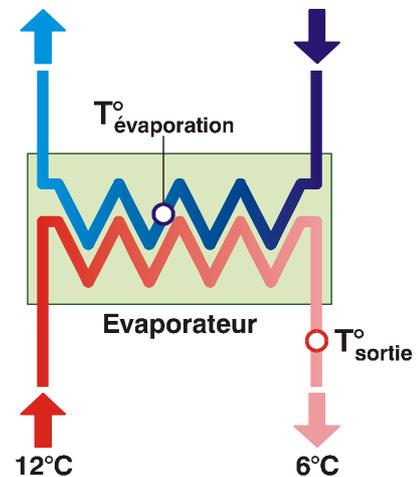
LA MISE EN ŒUVRE

Contrôler les évaporateurs

Il est utile de suivre l'écart entre la T°évaporation et la T°eau glacée en sortie d'évaporateur. En général, l'écart entre les deux doit rester inférieur à 6 à 10°C.

Si ce n'est pas le cas, inspecter l'évaporateur :

- Soit il est encrassé, ce qui entraîne une chute de rendement. Il convient alors de le détartrer chimiquement (acides forts).
- Soit la surface d'échange de l'évaporateur a été réduite (par exemple, en bouchant des tubes qui auraient éclaté sous l'effet du gel, suite à un fonctionnement de la machine frigo avec une irrigation en eau insuffisante).



Pour connaître la température d'évaporation à partir de la mesure de la basse pression, voici une table de correspondance entre la température et la pression relative (par rapport à la pression atmosphérique au moment de la lecture) lue sur le manomètre à l'aspiration de la machine frigorifique pour quelques fluides frigorigènes :

Température [°C]	Pression relative [bar]			Température [°C]	Pression relative [bar]		
	R22	R134A	R407c		R22	R134A	R407c
-20	1,43	0,31	1,79	10	5,78	3,12	6,77
-18	1,62	0,43	2,02	12	6,20	3,40	7,25
-16	1,83	0,56	2,25	14	6,64	3,70	7,75
-14	2,05	0,69	2,50	16	7,10	4,01	8,27
-12	2,28	0,84	2,77	18	7,58	4,34	8,81
-10	2,52	0,99	3,05	20	8,08	4,68	9,38
-8	2,78	1,15	3,34	25	9,42	5,61	10,91
-6	3,05	1,33	3,65	30	10,91	6,66	12,60
-4	3,33	1,51	3,98	35	12,55	7,82	14,46
-2	3,63	1,71	4,32	40	14,35	9,11	16,50
0	3,95	1,91	4,68	45	16,33	10,53	18,75
2	4,28	2,13	5,06	50	18,49	12,10	21,20
4	4,63	2,36	5,46	55	20,84	13,83	23,87
6	5,00	2,60	5,88	60	23,40	15,73	26,78
8	5,38	2,85	6,31	65	26,17	17,80	29,94

Utiliser de l'eau glacée moins froide à certains moments de l'année

3 Refroidissement

4 Rehausser la température d'évaporation

Réaliser une température glissante sur le départ de l'évaporateur.

Par exemple, adopter les températures de départ d'eau suivantes : 6°C en été, 9°C en mi-saison, 12°C en hiver.



Les machines frigorifiques sont commandées par la température de départ de l'eau glacée, mais souvent aussi par la température de retour ! D'où parfois une confusion qui fait que la température de départ de l'eau glacée (la seule importante) est trop haute ou trop basse.

Il est donc important de noter en chaufferie, de façon apparente, si la régulation est faite sur le départ ou sur le retour et la température de consigne adoptée.

Pour que cette solution convienne, il faut :

- Que la consommation en froid du bâtiment soit liée à l'évolution de la température extérieure. C'est le cas lorsque les besoins de réfrigération proviennent du traitement de l'air neuf et de l'ensoleillement de façades orientées à l'est ou à l'ouest, plutôt que des apports internes (informatique, l'éclairage, personnes, etc.) qui sont constants, ou de l'ensoleillement de façades orientées au sud (l'ensoleillement y est plus important en mi-saison qu'en été, et n'est donc pas du tout lié à la température extérieure).

Concrètement, on peut vérifier que c'est le cas en vérifiant que l'écart de température départ /retour de l'eau glacée est plus faible en hiver qu'en été. Exemple : un départ 6°C - retour 8°C en hiver suivi d'un régime 6°C- 11°C en été est signe qu'il est possible de remonter la température de départ en hiver, puisque les besoins sont plus faibles.

- Que la demande de froid sur **tous les circuits** desservis par la machine frigo soit liée à l'évolution de la température extérieure. Si un circuit a des besoins constants (pour un local informatique, par exemple), un fonctionnement avec une température d'eau plus élevée risque d'être insuffisant (sauf si l'échangeur du local informatique est surdimensionné)

Cette régulation peut se faire, soit manuellement (2 ou 3 adaptations par an), soit automatiquement. Dans ce cas, il faudra trouver l'emplacement du capteur qui sera fidèle des besoins de l'installation (sonde extérieure, par exemple).

LA JUSTIFICATION

Encrassement des évaporateurs

Si les évaporateurs s'encrassent, l'échange de chaleur entre la machine frigorifique et le circuit d'eau glacée s'effectue moins bien, la température d'évaporation diminue, le compresseur travaille d'avantage, et...le rendement de la machine frigo diminue.

Diminution de la température moyenne de l'eau glacée

Le bureau d'études a dimensionné l'installation afin d'assurer la puissance nécessaire en période de canicule (+/- 32°C, ciel serein). Par exemple, il a prévu pour la boucle d'eau glacée le régime : départ 7°C - retour 12°C. Or, il n'est pas nécessaire de refroidir l'eau glacée à cette température toute l'année !

Augmenter la température de l'eau glacée lorsque c'est possible permet de diminuer le travail du compresseur et d'augmenter l'efficacité de la machine frigorifique.

3 Refroidissement

5 Adapter la puissance de la machine frigo aux besoins

LA MESURE

Fractionner la puissance installée pour adapter la puissance nominale aux besoins du bâtiment.

L'ECONOMIE POTENTIELLE

Une installation surdimensionnée génère des pertes de fonctionnement supplémentaires au niveau

- de tous les auxiliaires (pompes, ventilateurs,...);
- du rendement de la machine : si la puissance appelée est inférieure à 20 % de la puissance nominale de la machine frigorifique, son rendement de production de froid s'écroule;
- du risque d'endommagement de la machine frigorifique qui augmentation avec le nombre de mises en route.

LA MISE EN OEUVRE

Si la machine frigorifique est largement surdimensionnée, comme c'est souvent le cas, il est possible de limiter le nombre de compresseurs en fonctionnement.

Pour évaluer la situation actuelle, commencer par observer le fonctionnement des machines frigo (le placement de compteurs de démarrages et de compteurs horaires pour suivre les temps de fonctionnement sera utile à cette tâche -voir aussi la fiche 3.9) :

- Y en a-t-il une qui ne fonctionne quasiment jamais ?
- Les différents étages des machines frigo s'enclenchent-ils successivement? Ou s'enclenche-t-ils tous simultanément quelles que soient la période de l'année et les conditions extérieures?

Si c'est le cas, il existe différentes possibilités pour limiter la puissance d'une machine frigorifique à pistons :

- Améliorer la gestion des machines pour éviter qu'une machine se mette en route ponctuellement, pour quelques minutes :

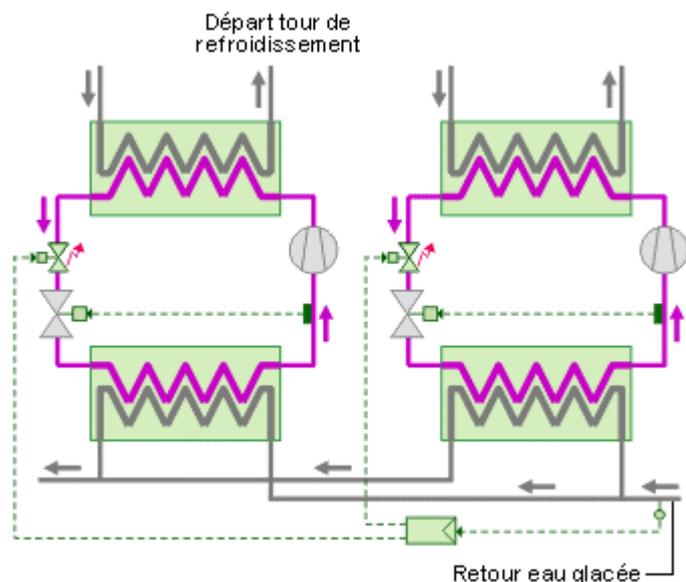
Gérer la dernière machine, par exemple, sur base d'une température extérieure (bonne indication des besoins pour le préchauffage de l'air et les besoins des locaux en façades est et ouest), avec une temporisation, afin qu'elle ne démarre que lorsque les besoins sont suffisamment importants, et persistent pendant un certain temps. Prévoir une priorité au cas où une des autres machines tombe en panne.

- Améliorer la gestion d'étage, ou l'ajouter si elle n'existe pas.

Cette amélioration doit se faire de façon empirique, par essai et erreur, en augmentant progressivement la bande proportionnelle et la temporisation du régulateur.

Remarque : S'il s'agit d'un régulateur proportionnel (P), il agit sur la température de retour de l'eau glacée; s'il s'agit d'un régulateur proportionnel-intégral (PI) il agit sur la température de départ de l'eau glacée.

- On pourrait également installer la vitesse variable sur le compresseur à piston. Il faut alors mettre un temporisateur pour faire fonctionner, périodiquement, le compresseur à sa puissance nominale et entraîner l'huile dans l'ensemble du circuit. En effet, en faisant diminuer la vitesse du compresseur, le débit du fluide frigorigène est diminué, mais également le débit d'huile entraîné par le fluide.



3 Refroidissement

5 Adapter la puissance de la machine frigo aux besoins

LE CALCUL

Comment évaluer les puissances frigorifiques nécessaires ?

Un calcul précis est nécessaire pour additionner les charges des différentes sources (soleil, éclairage, bureautique,...). Mais dans une première évaluation très grossière, on peut se baser sur $(2/3 \times \text{Surface} \times \text{les ratios définis ci-dessous})$. Le coefficient 2/3 permet de prendre en compte de la non-simultanéité des besoins.

On considère généralement qu'une climatisation devient nécessaire dans un local si l'ensemble des apports thermiques dépasse 50 W/m^2 au sol.

Pour refroidir un local (bureau, par ex), on installera une puissance frigorifique par m^2 utile (hors circulations) de

- **60 à 80 W/m^2 lorsque les besoins sont limités :**
 - Soit parce que des mesures particulières ont été prises pour limiter les apports solaires (stores extérieurs) ou les charges internes (éclairage performant, bureautique avec gestion des puissances,...).
 - Soit parce qu'il s'agit d'un bâtiment ancien, à forte inertie, pour lequel on souhaite simplement compenser les charges nouvelles apportées par le développement de la bureautique.
- **80 à 120 W/m^2 lorsque des apports solaires non maîtrisés viennent s'ajouter aux charges internes :**

Un cas critique apparaît dans les locaux d'angle puisque ceux-ci cumulent les apports solaires de 2 orientations différentes de façade (au pire : un local avec des baies vitrées au Sud et à l'Ouest...).
- **plus de 150 W/m^2 lorsque des charges ponctuelles supplémentaires sont placées :**

salle informatique, salle de réunion ou de formation, ...

LA JUSTIFICATION

Les machines frigos sont dimensionnées pour les conditions extrêmes de l'été. Elles ont donc une puissance supérieure à la puissance demandée une grande partie de l'année.

Souvent, elles sont même surdimensionnées en été, et ce pour différentes raisons :

- apports internes surestimés.
- marges de sécurité excessives pour éviter tout inconfort en cas de canicule.

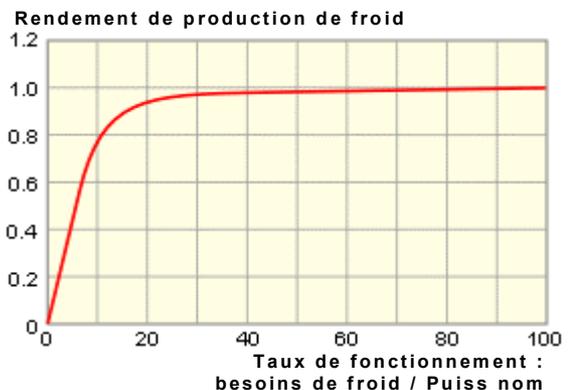
Exemples :

Dans un bâtiment, on a mesuré la pointe de consommation maximale de la machine frigo pendant une semaine d'été particulièrement chaude. Elle était de 120 kW alors que la puissance installée était de 240 kW !

Dans un immeuble bruxellois, une des 3 machines frigorifiques montées en cascade, n'a jamais fonctionné !

Pas besoin d'un camion si une camionnette suffit ! Une installation surdimensionnée génère des pertes de fonctionnement supplémentaires notamment au niveau de tous les auxiliaires (pompes, ventilateurs,...). Et en dessous de 20 % de sa puissance nominale, le rendement de production de froid d'une machine frigorifique s'écroule !

Il convient donc d'essayer, par un fractionnement de la puissance installée, par un entraînement à vitesse variable, ... d'adapter la puissance à la demande



3 Refroidissement

6 Supprimer la régulation du compresseur par injection de gaz chauds

LA MESURE

Améliorer la régulation de puissance du compresseur en supprimant la régulation par injection des gaz chauds

LA RENTABILITE

Investissement très rentable vu le gaspillage généré par la situation initiale.

LA MISE EN OEUVRE

Il est possible d'installer, sur des compresseurs existants semi-hermétiques ou ouverts, une modulation de puissance par l'usage de solénoïdes pour délester certains cylindres (consulter un frigoriste).

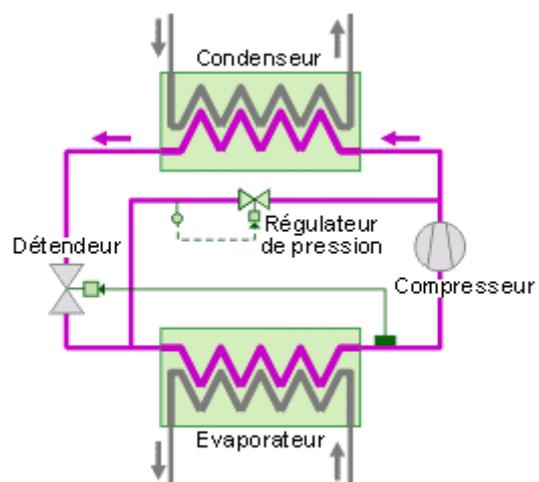
Cette installation doit être complétée par un temporisateur pour faire fonctionner, périodiquement, le compresseur à sa puissance nominale et entraîner l'huile dans l'ensemble du circuit. En effet, en faisant diminuer la vitesse du compresseur, le débit du fluide frigorigène est diminué, mais également le débit d'huile entraîné par le fluide.

Au moment du remplacement du compresseur, choisir un compresseur avec variation de vitesse (INVERTER). L'investissement est plus élevé bien sûr, mais l'économie d'énergie résultante permet d'amortir facilement l'investissement.

LA JUSTIFICATION

La régulation par injection de gaz chauds a pour but de rendre constant le débit de frigorigène qui traverse l'évaporateur pour éviter tout risque de gel dans l'évaporateur.

Le principe consiste à reboucler les gaz chauds sortis du compresseur vers l'entrée de l'évaporateur, juste après le détendeur. Un régulateur de capacité (ou de puissance) maintient la pression d'évaporation à la grandeur préréglée. Tandis que le détendeur régule toujours la surchauffe à la sortie de l'évaporateur, donc la température des vapeurs en sortie de l'évaporateur reste constante.



Lorsque la charge thermique diminue (= lorsque le besoin de refroidir les locaux est faible), le régulateur envoie des vapeurs, chaudes mais détendues dans l'évaporateur, qui constituent une charge thermique complémentaire. Ainsi, même si le besoin de froid diminue, et que le compresseur pourrait "être mis au chômage", on réinjecte de la chaleur pour donner du travail au compresseur !!!

Résultat : la puissance de l'évaporateur peut varier pratiquement de 0 à 100 %, mais la puissance absorbée reste toujours la même !

Comparaison : imaginons une pompe qui vide un réservoir "bas" vers un réservoir "haut". De peur du risque qu'elle se désamorçe si elle n'a plus assez d'eau à pomper, on lui réinjecte de l'eau venant du réservoir "haut". Ainsi elle peut continuer à fonctionner sans problème !



3 Refroidissement

6 Supprimer la régulation du compresseur par injection de gaz chauds

Il faut qualifier cette technique de "pur anéantissement d'énergie". De plus, elle provoque un échauffement du moteur. Elle se rencontre assez souvent car elle met en oeuvre un matériel peu coûteux (sur des groupes avec un compresseur n'ayant pas de système interne de régulation de puissance, sur des petits chillers et des systèmes à détente directe, rooftop, par exemple). **Dans la mesure du possible, il faut mettre ce système hors service dans les installations existantes.**

3 Refroidissement

7 Augmenter le seuil de pression de déclenchement du compresseur

LA MESURE

Si le compresseur déclenche régulièrement par période de forte chaleur, augmenter le seuil de pression de déclenchement du compresseur plutôt que d'augmenter la puissance installée du compresseur

LA RENTABILITE

Cette mesure, sans coût d'investissement, est destinée à éviter de remplacer le compresseur par un autre plus puissant et de créer une surconsommation. Elle est donc très rentable.

LA MISE EN OEUVRE

Si le compresseur déclenche régulièrement lors des rares périodes de forte chaleur, il est intéressant d'augmenter le seuil de pression de déclenchement du compresseur (modifier la valeur du seuil du pressostat HP). La machine frigorifique pourra alors continuer à fonctionner, tout en donnant temporairement une puissance frigorifique plus faible que sa valeur nominale. L'inconfort résultant sera limité.



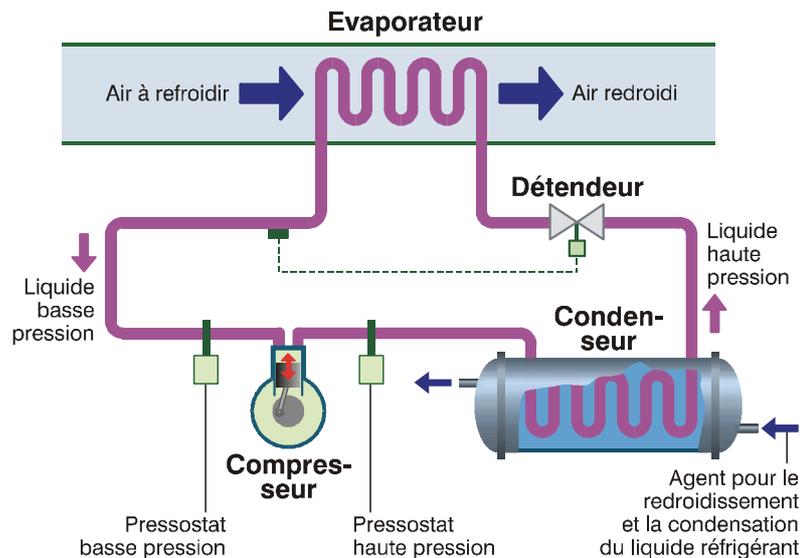
A mettre en place uniquement si le fabricant l'autorise !!

On étudiera également si ce n'est pas le condenseur qui est sous-dimensionné par rapport au compresseur : une augmentation de la surface de condensation améliorera le rendement toute l'année.

LA JUSTIFICATION

Imaginons une période de forte chaleur.

Le refroidissement des gaz chauds dans le condenseur est insuffisant, la température à l'évaporateur va augmenter, la pression à l'entrée du compresseur augmente. Le compresseur pourrait alors développer une pression de sortie supérieure au niveau permis. Afin de protéger l'installation, la régulation déclenche le moteur d'entraînement lorsque la pression dépasse le niveau maximal permis par le constructeur.



Dans une telle situation, le frigoriste risque malheureusement de diagnostiquer une insuffisance de puissance de l'installation (ce qui est exact) et de proposer un remplacement par un compresseur plus puissant. Mais la nouvelle installation sera surpuissante toute l'année... Cela implique un rendement global annuel moins bon. En effet, le rendement de production de froid diminue lorsque la charge de froid diminue. En dessous de 20% de la puissance nominale, le rendement s'écroule littéralement !



3 Refroidissement

8 Améliorer la régulation de la machine frigorifique

LA MESURE

- Limiter les heures de fonctionnement
- N'enclencher le groupe de froid que sous un certain seuil de température extérieure
- Veiller à l'emplacement correct de la sonde extérieure
- Couper l'alimentation du chauffage des carters pendant la période d'arrêt de la réfrigération

LA RENTABILITE

Toutes ces mesures sont directement rentables puisqu'elle ne demande aucun investissement. L'économie qu'elles engendreront dépendra de la situation initiale.

LA MISE EN OEUVRE

- Sauf besoin de froid particulier en-dehors des heures d'occupation, arrêter la production d'eau glacée la nuit et le week-end.

Attention : l'horloge ne doit pas redémarrer l'installation pendant les heures pleines de pointe pour limiter le coût de la pointe quart-horaire. Les heures pleines de pointe couvrent 4 heures par jour ouvrable, du lundi au vendredi, de novembre à février. La période de pointe journalière peut être scindée en plusieurs périodes. Elles sont précisées dans le contrat de fourniture car elles varient suivant le distributeur. Par exemple, pour le Brabant Wallon, c'est de 10 h 30 à 12 h 30 et de 17 h 30 à 19 h 30 ; mais dans la zone de Jodoigne, c'est de 6 h 55 à 7 h 55 et de 16 h 00 à 19 h 00 !,

Si le bâtiment a une certaine inertie thermique, on peut envisager d'anticiper la période de démarrage ("pré-refroidir" le bâtiment avant l'arrivée des occupants) pour profiter du prix du courant de nuit. Cette mesure n'est intéressante que si elle permet de retarder l'enclenchement de la machine frigo en journée

Un moyen pour diminuer les besoins de froid en été est d'organiser un free cooling mécanique ou naturel pendant la nuit (voir les fiches [5.9](#) et [5.10](#)).

- Sauf besoin de froid spécifique non lié à la température extérieure (zones internes, locaux particuliers comme une salle informatique,...), n'enclencher le groupe de froid que pour un seuil de température extérieure minimal suffisant (par exemple 13°C).

Si les besoins de froid d'hiver sont limités à un local ou un ensemble déterminé de locaux et si une installation de refroidissement locale de secours existe (splits, par exemple), utiliser ce système indépendant en hiver afin d'arrêter le système de refroidissement principal, c'est lui qui sera le secours en cas de défaillance des splits.

- Si le groupe de froid n'est enclenché qu'au dessus d'un seuil de température, veiller à l'emplacement correct de la sonde extérieure : pas en plein soleil ni au-dessus d'un appareil dégageant de la chaleur.
- Couper l'alimentation du chauffage des carters pendant la période d'arrêt de la réfrigération (hiver).



Une période de chauffage du carter de 24 h est nécessaire avant le démarrage du compresseur



3 Refroidissement

8 Améliorer la régulation de la machine frigorifique

LA JUSTIFICATION

Limiter les heures de fonctionnement

A l'aide d'une horloge, il est utile de minimiser le temps de marche du système de réfrigération en fonction des périodes d'occupation du bâtiment et de la charge de refroidissement.

En été, l'intérêt d'arrêter ou non l'installation la nuit dépend de l'inertie du bâtiment :

- Si **le bâtiment est très peu inerte** (faux-plafonds, sols recouverts de tapis plain, cloisons internes en plâtre,...), l'installation doit être stoppée la nuit.
- Par contre, **un bâtiment très inerte** (éléments de structure lourds apparents comme plafond en béton, carrelage, cloisons internes en béton ou en briques,...) accumulera dans ses parois une quantité importante de chaleur. Un free cooling de nuit (naturel ou mécanique), ou éventuellement, un fonctionnement nocturne de la climatisation (à bas prix du kWh électrique) permettra de le décharger de la chaleur excédentaire avant le début de la journée suivante. A défaut, la chaleur devra être évacuée au matin, entraînant une puissance appelée supplémentaire.

Si l'on dispose d'un système de régulation numérique, l'horaire de fonctionnement peut être dépendant de la température extérieure. Par période de forte chaleur, on pourra alors laisser fonctionner les équipements 24h/24.

Seuil de fonctionnement selon la température extérieure

Il est possible de n'enclencher le groupe de froid que pour un seuil de température extérieure minimal suffisant. Par exemple, la machine frigorifique ne peut s'enclencher que si la $T^{\circ}\text{ext}$ dépasse 13°C . Ce verrouillage par un thermostat peut bloquer l'enclenchement en période de mi-saison, s'il est remarqué que la surchauffe intérieure est passagère et sera traduite en économie de chauffage une fois le soleil reparti.

Coupure de l'alimentation des carters des compresseurs à pistons

Lorsque le compresseur n'est pas en service, un réchauffage du carter est réalisé. En effet, par faibles températures ambiantes, l'huile absorbe de la vapeur du fluide frigorigène. Comme cette huile se trouve principalement dans la cuvette du carter, il y aura à cet endroit une concentration importante d'agent frigorigène dans l'huile. Lorsque l'installation est mise en service, une très rapide chute de pression apparaît, l'agent frigorigène tente de se vaporiser et de se séparer de l'huile. Celle-ci commence à mousser, ce qui peut provoquer des coups de liquide et un manque d'huile dans le compresseur. Afin d'empêcher l'huile d'absorber du fluide frigorigène, la cuvette du carter est classiquement, lors du déclenchement de l'installation, chauffée en permanence à l'aide d'une résistance électrique.

Malgré que cela ne représente qu'une résistance de 100 à 200 Watts, son fonctionnement permanent justifie l'intérêt de couper l'alimentation du chauffage des carters pendant la période d'arrêt de la réfrigération (hiver).

3 Refroidissement

9 Préparer le remplacement futur de la machine frigorifique

LA MESURE

Placer, sur l'installation existante

- un compteur horaire
- un compteur de démarrages

LA MISE EN OEUVRE



Calculer la période de fonctionnement annuelle moyenne :

$$= \frac{\text{Nbre d'heures de fonctionnement sur l'année}}{\text{Nbre de démarrages sur l'année}}$$

Si cette valeur n'est pas d'au moins 15 à 20 minutes, la machine frigorifique est largement surdimensionnée.



LA JUSTIFICATION

Toutes les installations sont surdimensionnées. Or un camion consomme toujours plus qu'une camionnette... Si l'on sait en plus que le fonctionnement d'un compresseur à faible charge est toujours difficile, il est vraiment utile de mesurer le fonctionnement moyen actuel en prévision du moment où il faudra remplacer la machine frigo.

La mise en place d'une installation de puissance adéquate et d'une régulation performante demande de connaître la puissance effective nécessaire en fonction des saisons. Aussi, on placera un simple compteur horaire sur l'alimentation électrique du compresseur pour connaître le temps de fonctionnement et donc la puissance moyenne demandée. Avec quelques relevés lors des opérations de maintenance, le concepteur pourra mieux choisir la nouvelle machine frigorifique, lors du remplacement de la machine actuelle.

Attention !

Si l'installation doit vaincre les apports d'une machine spécifique à enclenchement discontinu, la puissance moyenne peut être trompeuse : à certains moments, c'est la puissance totale qui est demandée, et zéro le reste du temps... Mais ce problème est surtout rencontré en secteur industriel. Idéalement, on enregistrera la puissance demandée, en relevant en parallèle la source des apports thermiques

3 Refroidissement

9 Préparer le remplacement futur de la machine frigorifique

3 Refroidissement

10 Réduire le débit d'eau glacée dans l'installation

LA MESURE

- Sélectionner une vitesse inférieure sur les pompes avec sélecteur
- Si les unités terminales sont à débit variable, remplacer la pompe de circulation par une pompe à vitesse variable
- Lors du remplacement des pompes, revoir leur dimensionnement

LA RENTABILITE

Si le débit de l'installation est 2x supérieur au débit nécessaire, les pompes consomment environ 6x trop!

LA MISE EN OEUVRE

Comment savoir si le débit est adéquat ?

Premier indice : évaluer le débit à travers la pompe

Si on dispose de la courbe de fonctionnement de la pompe :

- Mesurer la différence de pression aux bornes de la pompe, et en déduire le débit sur la courbe caractéristique de la pompe,
- Vérifier en mesurant le courant absorbé.

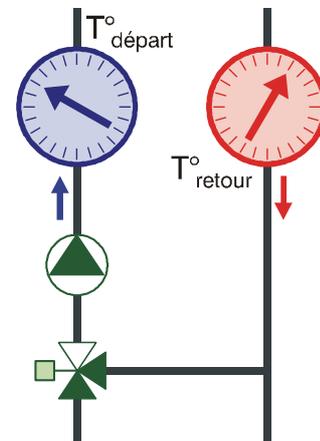
Cette mesure n'a de sens que si on dispose également des schémas techniques reprenant les débits nominaux prévus lors du dimensionnement de l'installation.

Deuxième indice : la température de l'eau de retour

L'installation de refroidissement est généralement dimensionnée pour fonctionner avec un régime d'eau 6°C-12°C, ou 5°C-11°C.

- Mesurer la différence de température entre l'entrée et la sortie de l'évaporateur lorsque la machine frigo fonctionne à pleine charge. Si cette valeur est inférieure à 5 ou 6°C, la pompe du circuit primaire est surdimensionnée
- Par temps très chaud, mesurer la différence de température entre le départ et le retour de chaque circuit secondaire. De la même façon, si une valeur est inférieure à 5 ou 6°C, la pompe de ce circuit est surdimensionnée

Exemple : si en plein été, le régime de fonctionnement du circuit des ventilo-convecteurs est 7°C-9°C, le débit est deux fois trop important, et la consommation, du circulateur 8 fois trop importante .



Comment diminuer un débit trop important ?

1. Sur les circuits à débit constant (circuit primaire ❶ des schémas 1, 2 et 3; circuit de ventilo-convecteurs ❷ des schémas 1 et 2).

- Si les pompes possèdent différentes vitesses commutables (pompes à 2 ou 3 vitesses avec sélecteur ou couvercle de bornier pouvant être monté en diverses positions), réduire la vitesse manuellement, soit de façon permanente, soit en fonction de la saison.

Cette amélioration ne coûte rien et peut être faite à l'essai. Si des plaintes apparaissent la situation d'origine peut facilement être rétablie.



Attention! Sur le circuit primaire, le débit ne peut être réduit en dessous d'un certain seuil. En effet, s'il est trop faible dans l'évaporateur, il y a risque de gel! Il convient donc d'être prudent : connaître le débit nominal de dimensionnement et le débit réel, ou faire appel à la société produisant la machine frigo.



3 Refroidissement

10 Réduire le débit d'eau glacée dans l'installation

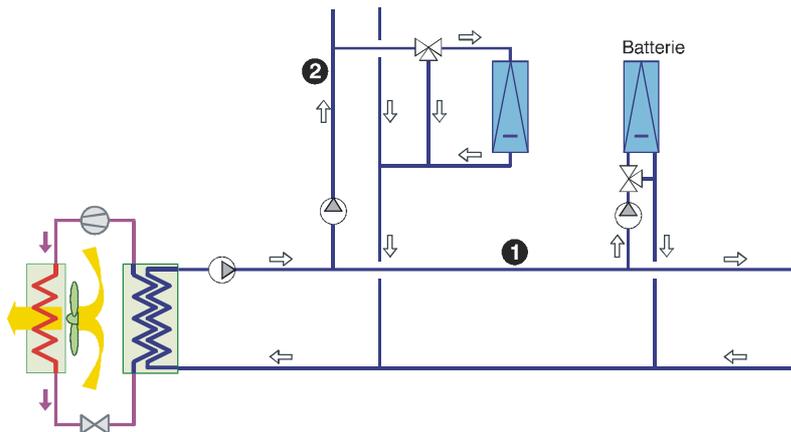


Schéma 1 :

Circuit secondaire avec circulateur à vitesse fixe, et régulation des ventilo-convecteurs par vanne 3 voies

- Si la réduction de vitesse n'est pas possible, on peut envisager de remplacer le circulateur surdimensionné. Si le circulateur n'est pas remplacé dans l'immédiat, éviter à tout prix que, lors du remplacement forcé, la sélection du nouvel équipement se limite à choisir un circulateur présentant les mêmes dimensions afin de pouvoir s'insérer sans difficulté dans l'emplacement libéré par l'appareil défectueux. Idéalement, on choisira un circulateur avec variateur de vitesse : en le plaçant, il sera possible de diminuer progressivement la vitesse (sans modifier la température de l'eau), jusqu'à atteindre celle qui assurera une distribution uniforme, sans pénaliser le dernier ventilo-convecteur (juste avant que les premières plaintes n'apparaissent).

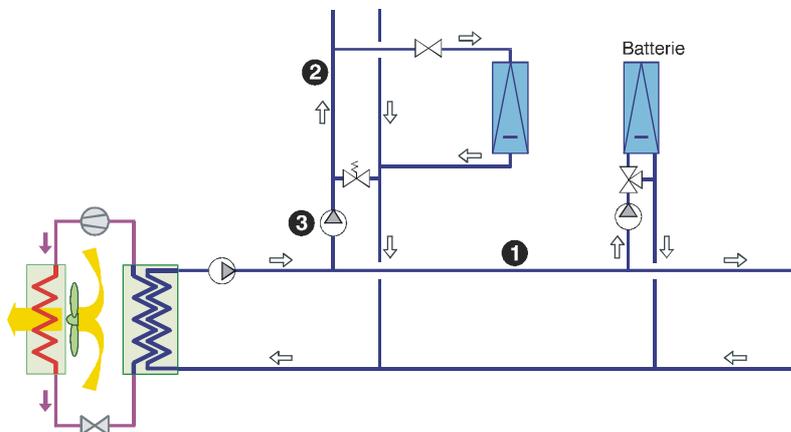


Schéma 2 :

Circuit secondaire avec circulateur à vitesse fixe, et régulation des ventilo-convecteurs par vanne 2 voies

- Sur les circuits avec des unités terminales à débit variable, on remplacera certainement la pompe à vitesse fixe (3) du schéma 2 par un circulateur à vitesse variable (4) comme au schéma 3

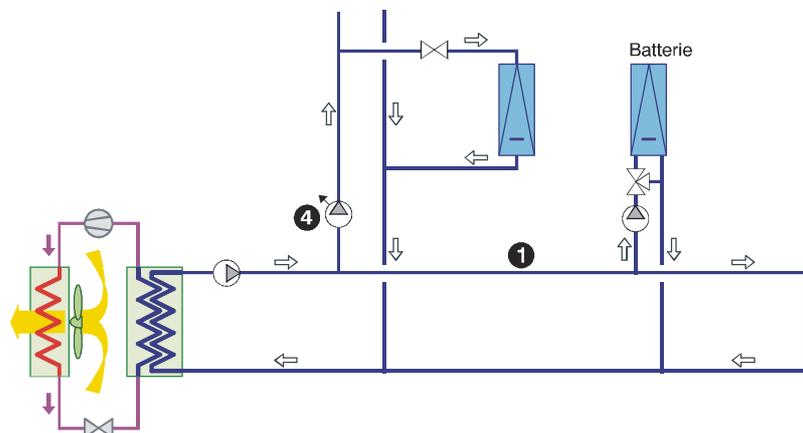


Schéma 3 : Régulation des ventilo-convecteurs par vanne 2 voies et circulateur du circuit secondaire à vitesse variable

3 Refroidissement

10 Réduire le débit d'eau glacée dans l'installation

Attention! On restera attentif à ne pas remplacer un circulateur manifestement surdimensionné par un circulateur à vitesse variable de la même puissance.

En effet, lorsque le nouveau circulateur tourne à une vitesse trop faible, cela entraîne une chute de rendement importante. De plus, on ferait un investissement inutilement élevé.

Même un nouveau circulateur à vitesse variable doit donc faire l'objet d'un dimensionnement.

LA JUSTIFICATION

Les pompes de circulation des groupes froids sont souvent surdimensionnées.

En mi-saison, quand la demande de froid est faible, le régime 7°C -12°C tourne, par exemple, en 7°C - 9°C. Ceci signifie que le débit est plus important que nécessaire. Il en résulte :

- o une diminution du rendement du circulateur
- o une surconsommation électrique
- o une transmission de chaleur vers l'eau glacée plus importante que nécessaire
- o parfois des problèmes hydrauliques et de l'inconfort



3 Refroidissement

10 Réduire le débit d'eau glacée dans l'installation

3 Refroidissement

11 Equilibrer le réseau hydraulique

LA MESURE

Equilibrer le réseau hydraulique :

- Installer des vannes d'équilibrage,
- Régler les vannes d'équilibrage existantes.

LA RENTABILITE

Equilibrer le réseau évite de sur-refroidir certaines zones pour refroidir correctement les zones mal irriguées.

Exemple : risque de climatiser à 22°C dans un local pour assurer 25°C dans le dernier local au fond du couloir.

La surconsommation due à ce phénomène peut être de l'ordre de 10 à 20%!

LA MISE EN OEUVRE

La question de l'équilibrage du réseau d'eau glacée ne se pose que s'il y a un problème de confort : un local ou une zone où les occupants se plaignent d'avoir trop chaud, ou trop froid.

Si l'installation n'est pas équipée de vannes d'équilibrage sur les émetteurs et/ou sur les circuits (au pieds des colonnes et retour de chaque branche), et que des problèmes d'inconfort sont rencontrés, il est conseillé d'équiper l'installation.

L'équipement : les vannes d'équilibrage

Voir la fiche **2.15** "Equilibrer le réseau hydraulique".

L'équilibrage

- Si le problème de confort est ponctuel (plainte dans l'un ou l'autre local), améliorer la situation, par tâtonnement, en agissant sur les tés de réglage des ventilo-convecteurs : refermer ceux-ci dans les locaux favorisés et ouvrir ceux des locaux à problème.



Bien repérer la position de départ, et compter le nombre de tours effectués pour éventuellement revenir à la position de départ en cas d'insatisfaction

- Si le problème de confort est plus global il convient de répartir les débits entre les différents circuits.

Voir la méthode d'équilibrage proposée à la fiche **2.15** "Equilibrer le réseau hydraulique". et la mettre en oeuvre une journée ensoleillée et chaude, en plein été.

LA JUSTIFICATION

Un manque de débit dans certains locaux est souvent le résultat d'un déséquilibre de l'installation : certains circuits ou unités terminales présentant moins de pertes de charge (les plus proche de la machine frigorifique) court-circuitent une partie du débit destiné à d'autre zone.

Equilibrer une installation consiste alors à freiner l'eau dans les circuits favorisés, afin qu'elle ne privilégie aucun chemin: la difficulté de passage est alors la même dans chacune des boucles de distribution.

Outre une amélioration du confort, l'équilibrage du réseau permet d'éviter certaines actions sur la régulation ou les circulateurs qui peuvent entraîner des surconsommations inutiles, comme :

- Diminuer la température de consigne dans l'ensemble des locaux pour avoir 24°C dans les locaux défavorisés, quitte à avoir 22°C dans les autres locaux.



3 Refroidissement

11 Equilibrer le réseau hydraulique

Cette solution est très consommatrice : diminuer de 1°C la température moyenne du bâtiment en refroidissement, c'est de 7% à 20% de surconsommation en froid (selon l'orientation, les charges internes, etc.)!

- Augmenter le débit du circulateur commun :

Cela se traduira par une augmentation du débit dans tous les circuits dans le même pourcentage. Autrement dit, les circuits défavorisés se rapprocheront de leur débit correct, mais les circuits favorisés passeront en surdébit, avec une surconsommation du circulateur et des problèmes acoustiques (bruits de circulation dans les tuyaux, sifflements, etc...)!

- Augmenter le débit du circulateur du circuit défavorisé ou placer une pompe relais :

C'est la solution la plus dangereuse qui risque de priver un autre circuit jusqu'alors sans problème.

Placer et régler des vannes d'équilibrages est le seul moyen de réaliser un véritable équilibrage.

3 Refroidissement

12 Améliorer la gestion de la circulation d'eau glacée

LA MESURE

- Arrêter la circulation d'eau glacée en-dehors des heures d'occupation
- Arrêter la circulation d'eau glacée en fin de période de refroidissement
- En hiver, stopper la circulation d'eau glacée dans les circuits non demandeurs

LA RENTABILITE

La commande de l'arrêt des pompes par un horloge nécessite un investissement de l'ordre de 125 ... 250 €. Il se justifie pour une puissance des circulateurs supérieure à 500 W.

Arrêter manuellement la circulation d'eau glacée en fin de période de refroidissement ne demande pas d'investissement et permet d'économiser du refroidissement, mais aussi du chauffage!

LA MISE EN OEUVRE

- Arrêter la circulation d'eau glacée en-dehors des heures d'occupation en installant une horloge pour réguler le fonctionnement des pompes.

Prévoir une temporisation avant l'arrêt des pompes pour éviter le gel dans l'évaporateur.



- Arrêter les circulateurs manuellement les lorsque la machine frigo est mise à l'arrêt en hiver. Cette action peut se faire automatiquement, sur base d'un seuil de température extérieure minimal par exemple. Les régulations modernes intègrent cette fonction, en prévoyant une brève remise en route régulière pour éviter que le circulateur ne reste bloqué à la relance de la saison de refroidissement (fonction de "dégommage").
- Stopper la circulation d'eau glacée dans les circuits non demandeurs en hiver, dans les bâtiments où une partie du réseau doit fonctionner toute l'année, par exemple en plaçant des vannes 2 voies sur le départ des circuits.

LA JUSTIFICATION

L'arrêt de la circulation de l'eau glacée permet

- d'économiser une partie de l'énergie nécessaire au fonctionnement des pompes de circulation,
- de limiter les pertes thermiques sur le réseau, ce qui permet d'économiser de l'énergie sur le poste de production de froid mais également, en hiver, sur le poste de chauffage qui compense cet apport des tuyauteries. Le gain est donc doublé!



3 Refroidissement

12 Améliorer la gestion de la circulation d'eau glacée

3 Refroidissement : Réseau / émission

13 Augmenter la température du réseau d'eau glacée

LA MESURE

Utiliser de l'eau glacée moins froide

- Lorsque les besoins du bâtiment diminuent, en mi-saison et en hiver,
- Toute l'année si les unités terminales sont surdimensionnées.

LA RENTABILITE

La diminution des pertes du réseau peut être diminuée de 40% si la température moyenne de l'eau passe de 8°C à 14°C, dans une ambiance à 22°C.

Au niveau des ventilo-convecteurs, l'augmentation de la température de l'eau glacée permet d'économiser de l'ordre de 30% en limitant la déshumidification.

LA MISE EN ŒUVRE

3 possibilités pour diminuer la température de l'eau glacée :

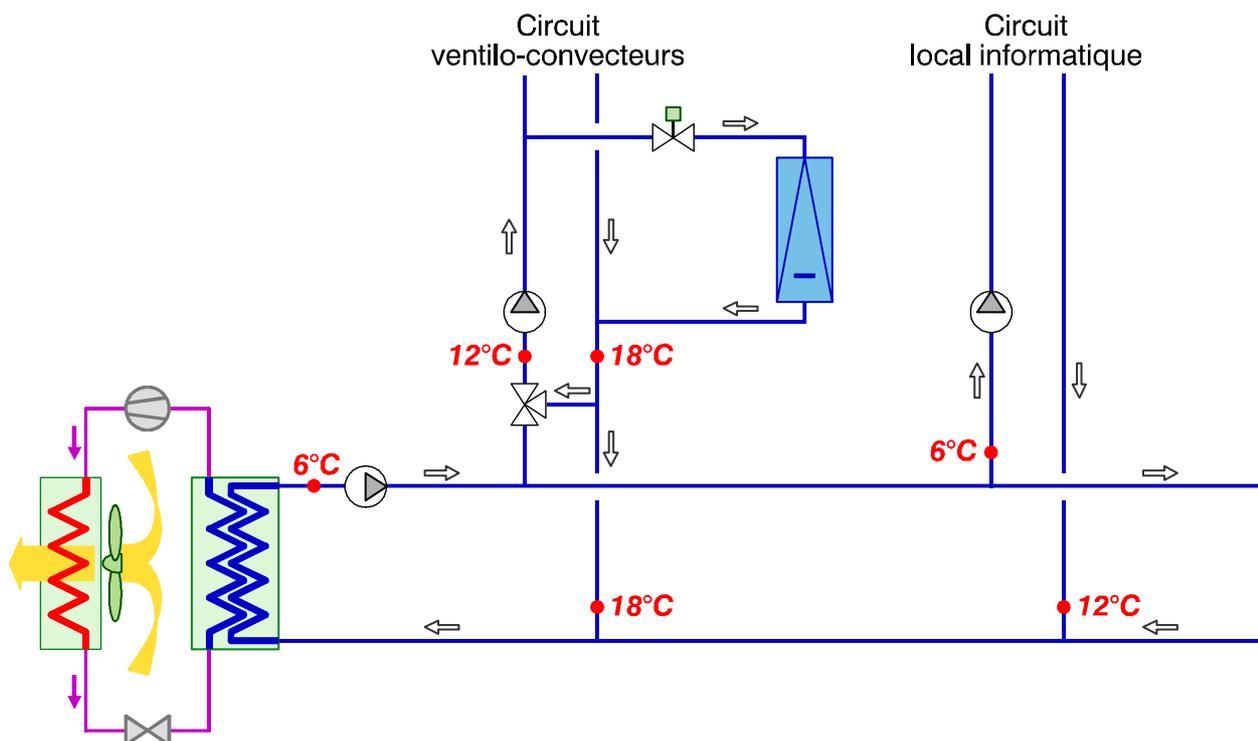
1. réguler la température de départ d'eau
2. moduler la température d'eau des circuits
3. limiter le débit d'eau utilisé

1 ➔ réaliser une température glissante sur le départ de l'évaporateur

Voir la fiche [3.4](#) "Rehausser la température d'évaporation".

2 ➔ moduler la température de chaque circuit par vanne 3 voies

Si l'installation comporte plusieurs types de locaux dont les besoins sont différents, on peut moduler la température d'eau sur certains circuits uniquement.



3 Refroidissement : Réseau / émission

13 Augmenter la température du réseau d'eau glacée

Par exemple, garder une température de 6°C pour le refroidissement du local informatique dont les besoins sont constants toute l'année et moduler la température de l'eau circulant dans les ventilo-convecteurs des bureaux dont la demande de froid diminue en hiver (Installer une vanne mélangeuse commandée par une sonde de température d'eau).

Remarque: si les unités terminales sont surdimensionnées (si elles ont été largement surdimensionnée au départ, ou si les charges internes ont diminué suite au remplacement des écrans d'ordinateurs traditionnels par des écrans à cristaux liquide, par exemple), il est possible que la régulation de la température d'eau de la mi-saison soit encore suffisante en été. Attendre donc les premières plaintes de manque de refroidissement pour modifier la température de consigne sur un circuit...

LA JUSTIFICATION

Le bureau d'études a dimensionné l'installation afin d'assurer la puissance nécessaire en cas de canicule (+/- 30 ou 32°C, 50% HR, ciel serein). Par exemple, il a prévu pour la boucle d'eau glacée le régime : départ 6° - retour 12°. Il n'est pas nécessaire de maintenir l'eau glacée à cette température toute l'année !

Augmenter la température de l'eau glacée lorsque c'est possible permet de

- Diminuer les pertes de la boucle d'eau glacée

Les pertes dépendent de la différence de température entre le bâtiment (22°...24°C) et la température de l'eau. En rehaussant la température de départ de l'eau, on diminue ce Delta T° et donc les pertes.

- Limiter la déshumidification de l'air

L'air ambiant condense en dessous de 12°C environ. De l'ordre de 25 à 30% de l'énergie du compresseur est donc consacrée à déshumidifier l'air dans les échangeurs, déshumidification qui souvent n'est pas nécessaire. Faire travailler l'eau glacée au régime 12° - 17° est beaucoup plus efficace.

De plus, suite à la condensation sur les ailettes, les poussières adhèrent aux parois et l'échangeur s'encrasse plus rapidement.

Exemple pour un ventilo-convecteur en conditions de fonctionnement nominales, dans une ambiance à 27°C, avec 46% d'humidité relative :

- régime 6/12°C : 27 % de la puissance totale (2,25 W) est utilisée pour déshumidifier. Il reste donc 1,64 W de puissance sensible;
- régime 12/18°C : seulement 2 % de la puissance totale (1,125 W) est utilisée pour déshumidifier. Il reste alors 1,10 W de puissance sensible.

- Augmenter le confort des occupants

Plus la température de l'eau glacée est haute, plus le confort des occupants augmente (température d'air plus haute).

- Diminuer le travail du compresseur (uniquement lorsqu'on rehausse la température d'évaporation).

3 Refroidissement

14 Améliorer l'efficacité des ventilo-convecteurs

LA MESURE

- Vérifier l'étanchéité du raccord des ventilo-convecteurs encastrés avec la grille de pulsion
- Nettoyer les filtres tous les 6 mois
- Favoriser le fonctionnement 2 tubes (tout chaud ou tout froid) des ventilo-convecteurs 3 tubes.
- Choisir les ventilo-convecteurs à remplacer avec une option de ventilation à basse vitesse

Voir la fiche [2.18](#)



3 Refroidissement

14 Améliorer l'efficacité des ventilo-convecteurs

3 Refroidissement

15 Améliorer la gestion des plafonds froids

LA MESURE

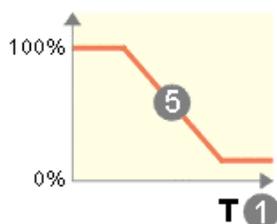
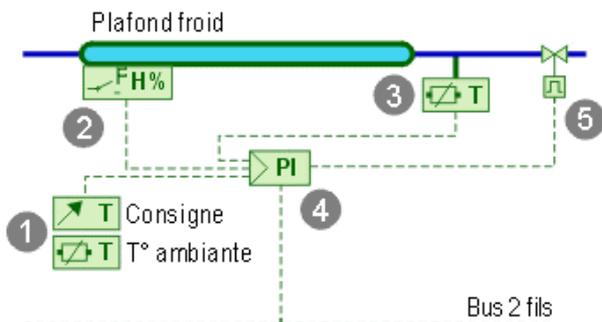
1. Interrompre l'alimentation des plafonds froids lorsque les fenêtres sont ouvertes ou que le chauffage fonctionne.
2. Régler le thermostat d'ambiance sur 26°C.
3. Augmenter la température de départ d'eau en hiver.

LA RENTABILITE

L'économie potentielle de ces mesures est difficile à évaluer. Elle dépend beaucoup de l'utilisation du bâtiment, de ses charges internes,... Ces mesures peuvent être réalisées sans investissement (avec la collaboration des occupants pour la première...) et sont donc directement rentables!

LA MISE EN OEUVRE

Voici un exemple de régulation traditionnelle de plafonds froids :



1. **Boîtier d'ambiance** comprenant la mesure de la température d'ambiance et le réglage de la consigne.
2. **Hygrostat limiteur** pour le contrôle de la condensation, actionnant la vanne 2 voies.
3. **Sonde d'applique** pour le contrôle de la température effective à l'entrée du réseau. Le circuit des panneaux est généralement alimenté au régime aller-retour de 15°C - 17°C
4. **Régulateur numérique** (liaisonnable à la GTC par bus 2 fils), agissant sur le circulateur et sur la vanne deux voies motorisée.
5. **Vanne motorisée** électro-thermique modulant le débit d'eau dans le plafond froid suite au signal chrono-proportionnel reçu du régulateur.

Pour une régulation économe :

1. Dans un bâtiment avec fenêtres ouvrantes, interrompre l'alimentation du plafond en eau par un contact de feuillure relié à la vanne motorisée 5. A défaut, une information efficace des occupants et du personnel d'exploitation sera impérative.
Equiper les corps de chauffe de vannes thermostatiques et régler celles-ci sur 21°C. Ou Lier les régulations du chauffage et des plafonds froids pour éviter un fonctionnement simultané.
2. Habituellement, avec un plafond froid, la température de consigne de l'air peut être fixée à 26°C. Grâce au refroidissement par radiation, cela correspond à un confort équivalent à 24°C.



3 Refroidissement

15 Améliorer la gestion des plafonds froids

3. En mi-saison, si les besoins sont faibles, la consigne de T° de départ peut être fixée à 17°C au lieu de 15°C , ce qui permet
- d'augmenter le rendement de la machine frigorifique
 - de récupérer de la chaleur pour préchauffer l'air neuf.

Il est possible de réguler la température de départ en fonction de la température extérieure, ou mieux, si présence d'une régulation numérique, de la rendre variable en fonction de l'ouverture des vannes.

LA JUSTIFICATION

L'ouverture des fenêtres simultanément avec le fonctionnement des plafonds froids entraîne un gaspillage de l'énergie de refroidissement, mais augmente aussi le risque de condensation.

3 Refroidissement

16 Améliorer la gestion des climatiseurs de locaux

LA MESURE

- Optimiser le fonctionnement du ventilateur du condenseur.
- Lors du remplacement d'un climatiseur, le choisir avec un évaporateur de grande surface.
- Gérer le débit d'air neuf du roof-top.

LA RENTABILITE

Si le fluide frigorigène est à 6°C dans l'évaporateur, de l'ordre de 30% de la puissance disponible est utilisée pour déshumidifier.

Dans un roof-top, pour 1 000 m³ d'air neuf inutiles en hiver, la consommation annuelle en mazout est de l'ordre de 1 000 litres.

LA MISE EN OEUVRE

Optimiser le fonctionnement du ventilateur du condenseur

Dans les locaux à charges internes importantes qui doivent être refroidis pour des températures extérieures inférieures à 17°C, en mi-saison et même en hiver (les salles informatiques, par exemple) :

Le climatiseur sera idéalement équipé d'un ventilateur de condenseur à vitesse variable. La diminution de vitesse du ventilateur est alors commandée par un pressostat ou un thermostat placé sur le condenseur.

A défaut, moduler la vitesse par paliers.

Au minimum, commander le fonctionnement du ventilateur en tout ou rien.



Choix d'un climatiseur lors de son remplacement

Sélectionner un appareil qui, à puissance égale, présente l'évaporateur ayant la plus grande surface. On le repère au débit d'air mentionné par le constructeur : il doit être le plus grand possible.

Cette mesure s'applique plus particulièrement aux locaux où les apports de chaleur à vaincre proviennent principalement d'équipements, et est d'autant plus importante pour des salles informatiques pour lesquelles un air trop sec peut avoir des conséquences néfastes sur le fonctionnement des machines.

Lorsque le maintien d'un degré d'humidité relative doit être maintenu plus précisément dans le local, il existe sur le marché des climatiseurs dont l'évaporateur est surdimensionné et étagé. Le dernier étage de l'évaporateur n'est utilisé automatiquement que pour assécher l'air lorsque l'humidité relative est trop élevée par rapport à la consigne.

Gérer le débit d'air neuf du roof-top

Dans les locaux traditionnels (qui ne doivent pas être refroidis en hiver) :

Limiter le débit d'air neuf traité au débit hygiénique (par exemple, assurer le renouvellement horaire du local traité) :

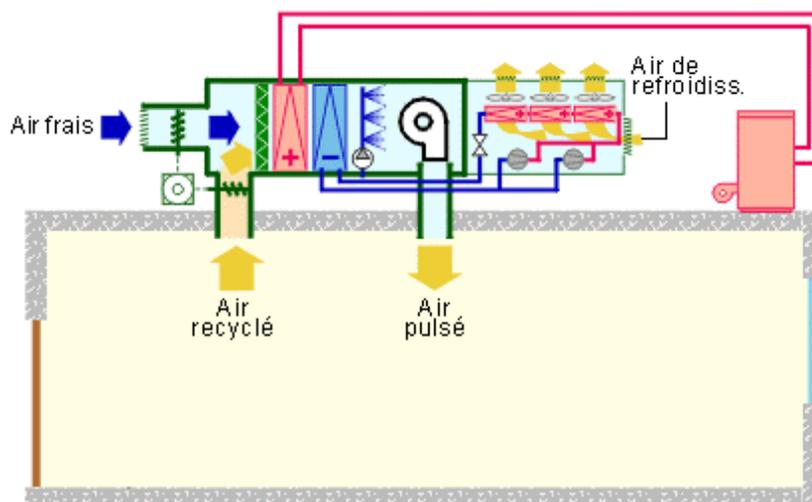
- lorsque le local doit être chauffé,
- lorsque le bâtiment doit être refroidi et que la température extérieure est supérieure à la température ambiante (en plein été)



3 Refroidissement

16 Améliorer la gestion des climatiseurs de locaux

N'augmenter le débit d'air neuf que lorsque le local doit être refroidi et que la température extérieure est inférieure à la température ambiante.



LA JUSTIFICATION

Diminuer le débit d'air dans le condenseur en fonctionnement hivernal

Certains locaux à charges internes importantes (par exemple, les salles informatiques) sont climatisés aussi en mi-saison ou même en hiver. Or, lorsque la température de l'air extérieur diminue, la capacité de refroidissement du condenseur augmente.

Paradoxalement, cette situation perturbe le fonctionnement correct de l'évaporateur et entraîne une perte de puissance de ce dernier. Le confort dans le local n'est alors plus assuré.

Les occupants peuvent alors réagir en diminuant la température de consigne, ou en plaçant un deuxième climatiseur,...

Pour remédier à ce problème, il faut que la puissance du condenseur soit régulée en fonction de la température extérieure. Si la température de l'air diminue, le débit d'air doit aussi diminuer afin de conserver un échange constant.

Largement dimensionner l'évaporateur lors du remplacement de l'appareil

En plus de refroidir l'air ambiant, le climatiseur assèche l'air traité. Ainsi, 80 % environ de la puissance frigorifique du climatiseur sert à éliminer la chaleur sensible de l'air (refroidir) et le reste (+/- 20 %) sert à déshumidifier l'ambiance (on parle d'éliminer la chaleur latente). La présence d'une conduite d'évacuation des condensats en est la conséquence...

Si en été cette déshumidification contribue au confort des occupants, en hiver, elle n'est pas nécessaire, et peut même

- être inconfortable, entraîner par exemple l'irritation de la gorge ou des yeux
- ou poser des problèmes pour le bon fonctionnement des imprimantes et photocopieuses (électricité statique).

Un appareil dont la taille de l'évaporateur a été réduite au maximum, pour diminuer le montant d'investissement, fonctionne avec des températures de fluide frigorigène très basses. Ceci entraîne non seulement une surconsommation électrique mais aussi renforce la déshumidification de l'air.

Diminuer le débit d'air traité par le climatiseur en hiver

Le surplus d'air extérieur apporté par rapport au débit hygiénique doit être amené à la température ambiante (réchauffé en hiver et refroidi en été) et entraîne une augmentation de la consommation de chauffage.

3 Refroidissement

16 Améliorer la gestion des climatiseurs de locaux

