

**En quoi
le refroidissement de
l'air des systèmes
critiques
diffère-t-il de
la climatisation
courante ?**

Livre blanc n° 56

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Résumé de l'étude

Les salles technologiques actuelles ont besoin d'un environnement contrôlé et stable pour assurer un fonctionnement fiable des équipements électroniques sensibles qu'elles abritent. L'air conditionné des systèmes de climatisation ordinaires est inadéquat pour ce type d'applications, ce qui se traduit par des pannes d'équipement et des défaillances de composants. La climatisation de précision maintient la température et l'humidité dans des plages très étroites, assurant la stabilité environnementale requise par les matériels électroniques sensibles et évitant des temps d'arrêt coûteux.

Aujourd'hui, les salles technologiques ne sont plus seulement des salles d'ordinateurs

Les besoins d'atmosphère climatisée de précision dépassent largement ceux des salles d'ordinateurs ou des salles informatiques traditionnelles, et l'on parle maintenant de « salles technologiques » regroupant des applications très diverses. Ce terme couvre, entre autres choses, les installations électroniques suivantes :

1. Équipements médicaux (IRM, scanners)
2. Salles blanches
3. Laboratoires
4. Pièces abritant des imprimantes, des photocopieurs, des systèmes CAO
5. Salles de serveurs
6. Installations hospitalières (blocs opératoires, chambres d'isolement)
7. Télécommunications (centraux téléphoniques, réseaux, téléphonie mobile)

Pourquoi installer une climatisation de précision ?

L'informatique constitue le système nerveux de toutes les installations critiques. On peut affirmer sans exagération que l'existence commerciale d'une entreprise dépend étroitement de la fiabilité de ses installations technologiques. Le matériel informatique comporte des sources de chaleur concentrées, tout en étant extrêmement sensible aux variations de température et d'humidité. Les fluctuations de température ou d'humidité peuvent causer divers problèmes dont la gravité va d'une simple erreur de traitement à l'arrêt complet du traitement. Et ce genre de panne peut entraîner des pertes considérables pour l'entreprise, selon la durée de l'indisponibilité, la valeur des heures et des données perdues. La climatisation traditionnelle, dite de confort, n'est pas prévue pour évacuer des concentrations de chaleur, ni pour le profil de charge thermique des salles technologiques. Elle n'est donc pas capable de maintenir des points de consigne précis de température et d'humidité dans de telles applications. Au contraire, les systèmes de climatisation de précision sont conçus pour une régulation très serrée de la température et de l'humidité. Leurs autres caractéristiques sont une haute fiabilité en fonctionnement ininterrompu, un entretien simplifié, une grande souplesse et la redondance nécessaire pour permettre à l'équipement technologique de tourner 24 heures sur 24 à longueur d'année.

Niveaux nominaux de température et d'humidité

Le respect des niveaux de consigne pour la température et l'humidité est une condition essentielle au bon fonctionnement des équipements technologiques. Les paramètres de calcul devraient être une température de 22 à 24 °C et une humidité relative (HR) entre 35 et 50 %. Hors de ces plages, la fiabilité du matériel souffre, mais les rapides variations de température ont des effets encore plus dommageables. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'équipement électronique est laissé sous tension, même quand il ne travaille pas. Un système AC de précision est conçu pour maintenir une température constante à 0,5 °C près et un degré d'humidité stable à $\pm 3 - 5$ %, 24 heures par jour, 8 760 heures par an. Au contraire, les systèmes de climatisation de confort sont prévus pour maintenir environ 27 °C et une HR de 50 % en été seulement, et à condition que la température extérieure ne dépasse pas les 35 °C ou une humidité de 48 %. Ils n'ont généralement pas de régulateur d'humidité séparé et se contentent de thermostats simples et imprécis, incapables de maintenir une température de consigne précise ; les fluctuations de température et d'humidité qu'ils permettent sont préjudiciables aux équipements sensibles.

Problèmes liés à une atmosphère mal contrôlée

Une salle technologique dont l'environnement est mal contrôlé aura des effets négatifs sur les activités de traitement de l'information et sur les mémoires et les disques. Les conséquences peuvent aller des données corrompues à des pannes et à l'arrêt complet du système.

1- Température trop haute ou trop basse

Une température ambiante trop haute ou trop basse et des fluctuations rapides peuvent entraîner des erreurs de traitement et même l'arrêt complet d'un système. Les variations de température peuvent altérer les propriétés électriques et physiques des circuits intégrés et des autres composants des cartes électroniques, entraînant des défauts de fonctionnement ou des pannes. Ces problèmes peuvent être transitoires, mais peuvent aussi persister pendant des jours. Les défauts transitoires peuvent être très difficiles à diagnostiquer et à réparer.

2- Humidité excessive

Une humidité excessive peut causer la détérioration des bandes et autres surfaces magnétiques, des crash de disques, de la condensation et de la corrosion, des bourrages de papier, et enfin la migration d'or et d'argent pouvant aller jusqu'à des défaillances de composants et de cartes à circuit imprimé.

3- Humidité trop faible

Une atmosphère trop sèche accroît considérablement les risques liés aux décharges d'électricité statique. Ces décharges peuvent corrompre des données et endommager les équipements.

Différences entre la climatisation de précision et l'air conditionné de confort

1- Coefficient de chaleur sensible

Une charge thermique possède deux composantes distinctes : la chaleur sensible et la chaleur latente. L'augmentation ou la diminution de la chaleur sensible se traduit par des variations correspondantes de la température de l'air lue au thermomètre sec. La chaleur latente est associée à une augmentation ou à une diminution de la teneur de l'air en vapeur d'eau. La puissance frigorifique totale d'un appareil de climatisation est la somme de la chaleur sensible et de la chaleur latente qu'il extrait de l'air.

$$\text{Puissance frigorifique totale} = \text{Chaleur sensible} + \text{Chaleur latente extraites}$$

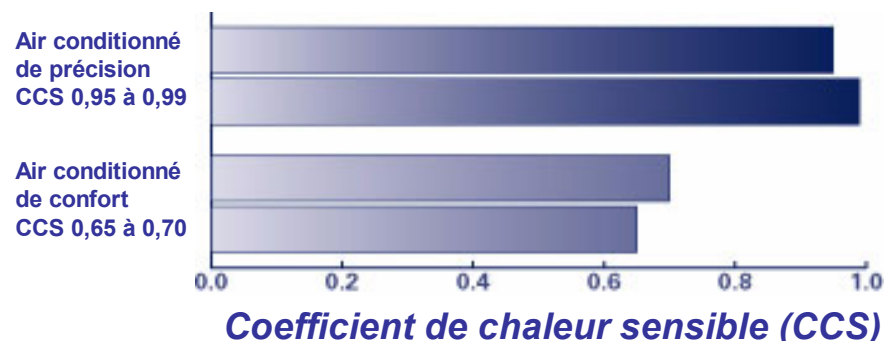
Le coefficient de chaleur sensible représente la fraction de la chaleur totale extraite sous forme sensible.

$$\text{Coefficient de chaleur sensible (CCS)} = \frac{\text{Chaleur sensible extraite}}{\text{Chaleur totale extraite}}$$

Dans une salle technologique, la quasi-totalité de la charge de réfrigération est constituée par la chaleur sensible dégagée par le matériel informatique, les éclairages, l'équipement de servitude et les moteurs. La charge latente est très faible car il y a peu de personnel, peu d'entrées d'air extérieur et, en général, un écran pare-vapeur. Pour répondre à ce profil de charge thermique, le climatiseur doit avoir un CCS très élevé, entre 0,95 et 0,99. Les climatiseurs de précision sont spécifiquement conçus pour avoir des coefficients de chaleur sensible très élevés.

Ce n'est pas le cas des climatiseurs de confort, dont le CCS se situe entre 0,65 et 0,70, qui ont trop peu de capacité de réfrigération sensible trop de capacité de réfrigération latente. Cet excès de capacité de réfrigération latente extrait continuellement l'humidité de l'air. Et, pour maintenir un degré d'humidité idéal de 35 à 50 %, il faut une humidification continue qui, par définition, consomme de grandes quantités d'énergie pour la vaporisation de l'eau.

Figure 1 – Coefficient de chaleur sensible (CCS)



2- Contrôle précis de la température et de l'humidité

Les climatiseurs de précision possèdent des circuits de commande à microprocesseur capables de réagir très rapidement aux changements de température et d'humidité de façon à maintenir une atmosphère stable dans des tolérances très étroites. Ces systèmes utilisent généralement des étages multiples de refroidissement et de réchauffement, un humidificateur et un cycle de déshumidification séparé, ce qui leur permet de répondre à toutes sortes de demandes de régulation de la température et de l'humidité.

À l'inverse, les climatiseurs de confort n'ont que des circuits de commande très limités qui sont incapables de réagir assez vite pour maintenir les tolérances voulues. De plus, ils ne comportent généralement pas les fonctions de réchauffage ni les cycles d'humidification/déshumidification nécessaires pour maintenir un environnement technologique stable. Ces éléments, lorsqu'ils existent, sont le plus souvent des rajouts et ne font pas partie d'un système intégré.

3- Qualité de l'air

Les climatiseurs de précision fonctionnent avec un grand débit d'air par unité de chaleur extraite, en général, au moins 76 litres/seconde par kW. Ces grands volumes d'air assurent une bonne répartition spatiale pour réduire les risques de points chauds localisés. La consommation d'air conditionné des équipements de technologie moderne est généralement de 76 l/s par kW de consommation électrique et il est important d'avoir au moins ce débit à l'entrée d'air. Si le débit est insuffisant, l'équipement complètera en partie avec de l'air ambiant de la salle dont la température d'entrée est souvent dangereusement élevée. Un grand débit par kW assure également une circulation accrue de l'air dans les filtres et une atmosphère plus propre. Les climatiseurs de précision comportent souvent des batteries de filtres à plis profonds, à haute ou moyenne efficacité, pour mieux retenir les particules de poussière en suspension.

Par comparaison, les climatiseurs de confort fonctionnent à des débits beaucoup plus réduits de 40 à 54 l/s par kW. Un débit faible se traduit par une moins bonne distribution de l'air et par plus de contaminants en suspension. Les filtres des climatiseurs de confort utilisent généralement des éléments plats à faible efficacité, qui ne retiennent qu'une proportion réduite des particules.

4- Heures de fonctionnement

Les climatiseurs de précision sont conçus pour fonctionner sans interruption 8 760 heures par an. Ces systèmes sont étudiés – avec des composants sélectionnés et des mesures de redondance – pour minimiser les périodes d'indisponibilité. Leurs systèmes de commande maintiennent des paramètres stables pour toutes les conditions ambiantes extérieures, été comme hiver.

Au contraire, les climatiseurs de confort ne sont faits que pour l'été et ne tournent normalement pas plus de 1 200 heures par an. Ils ne sont pas conçus pour un fonctionnement continu toute l'année. Ni les circuits de commande, ni le système de réfrigération ne sont prévus pour fonctionner en hiver et pour une disponibilité totale.

Critères de conception

1- Densité de charge

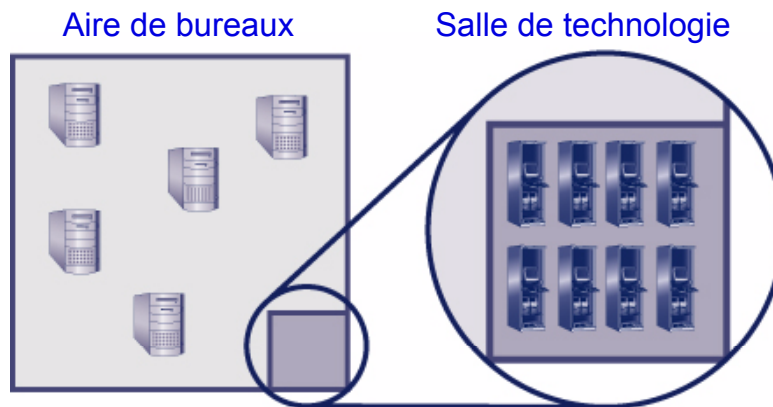
En raison de la concentration des équipements électroniques, la densité de charge dans une salle technologique peut atteindre cinq fois celle d'un bureau type. Les systèmes de climatisation doivent donc être spécialement étudiés pour ce genre d'application. La capacité d'absorption de la chaleur sensible et la distribution de l'air sont également des critères très importants.

Densité de charge

Environnement de bureau : 54 à 161 W/m²

Salle technologique : 538 à 2153 W/m²

Figure 2 – Densité de charge



2- Température et humidité

Les paramètres de calcul devraient être une température de 22 à 24 °C et une HR entre 35 et 50 %.

3 - Qualité de l'air

Le grand débit par kW inhérent aux systèmes de précision contribue au coefficient de chaleur sensible élevé, améliore la distribution de l'air et accroît les taux de filtration. Ce débit élevé ne cause pas d'inconfort pour le personnel car il est acheminé sous le faux-plancher et aspiré à travers les équipements pour se disperser dans l'espace libre autour de la pièce.

4 - Propreté de l'air

Sans filtres, la poussière en suspension risque d'endommager les équipements. Il faut utiliser des filtres à plis profonds d'efficacité moyenne à élevée. La dimension des filtres est également importante pour qu'ils travaillent avec des vitesses frontales suffisamment basses pour assurer une bonne efficacité. Les filtres doivent être remplacés à intervalle régulier.

5 - Pare-vapeur

Comme la plupart des matériaux de construction laissent passer l'humidité, une salle technologique bien conçue devrait comporter un pare-vapeur. Sans pare-vapeur, la salle perdra de l'humidité en hiver et en gagnera en été. Ces échanges de vapeur compliquent grandement la régulation de l'humidité et augmentent les temps de fonctionnement des compresseurs et des humidificateurs, qui sont gourmands en énergie.

Pour s'opposer efficacement aux échanges de vapeur, les plafonds doivent être recouverts d'une feuille étanche de polyéthylène, les murs de béton doivent être peints avec une peinture à base de caoutchouc ou de plastique, les portes doivent bien fermer et toutes les traversées de tuyaux et de câbles doivent être étanchées.

6 - Apport d'air extérieur

Comme très peu de monde travaille dans les salles technologiques, il n'y a pas besoin d'admettre beaucoup d'air extérieur pour le personnel. Moins on introduit d'air extérieur dans la salle, moins il y a de chaleur latente à évacuer. Un apport de 20 pi³/min (9,4 l/s) par personne est suffisant pour respecter la norme américaine de qualité de l'air intérieur.

7- Redondance

La redondance est obtenue en ajoutant des unités de climatisation excédentaires de façon à maintenir 100 % de la capacité de refroidissement nécessaire, même avec une ou plusieurs unités en panne. L'investissement en redondance doit être proportionnel aux coûts prévisibles de l'indisponibilité de l'équipement protégé.

Figure 3 – Redondance



À noter qu'il y a une différence entre redondance et surcapacité. Une charge de 70 kW constituée de 3 systèmes de 52 kW ou de 4 systèmes de 35 kW assure la redondance. Pour que l'équipement soit qualifié de redondant, il faut effectuer des permutations périodiques des unités en fonction de leur temps de fonctionnement et ajouter une interface de commande assurant le démarrage automatique des équipements de secours.

9 - Sécurité

La sécurité des équipements de climatisation est aussi importante que celle de l'équipement qui se trouve dans la salle technologique, car ce dernier ne peut pas fonctionner sans air conditionné. Les unités intérieures doivent être installées dans la salle technologique et leur accès doit être protégé par les mêmes mesures que pour le matériel informatique. L'équipement extérieur d'évacuation de la chaleur doit être installé sur un toit ou dans une autre zone d'accès contrôlé de l'établissement.

Facteurs de sélection du système

1- Calculs de charge

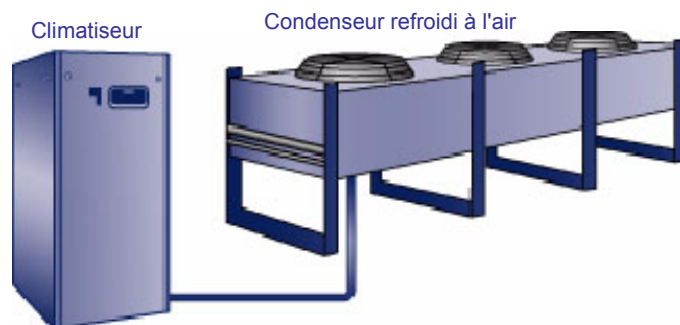
Dans une salle de technologie, la chaleur provient du matériel électronique, de l'éclairage, du personnel, de l'air extérieur, des charges de transmission, du soleil et de l'équipement de servitude (unités de distribution d'énergie, onduleurs, etc.).

- La règle empirique pour les calculs de charge est de compter 1 kW pour environ 1,4 mètre carré. Pour un calcul de charge détaillé, veuillez consulter le livre blanc APC n° 25 – Calculer la totalité des besoins en refroidissement des centres de données.

2 - Systèmes individuels

a- Refroidis à l'air

Figure 5 – Système refroidi à l'air

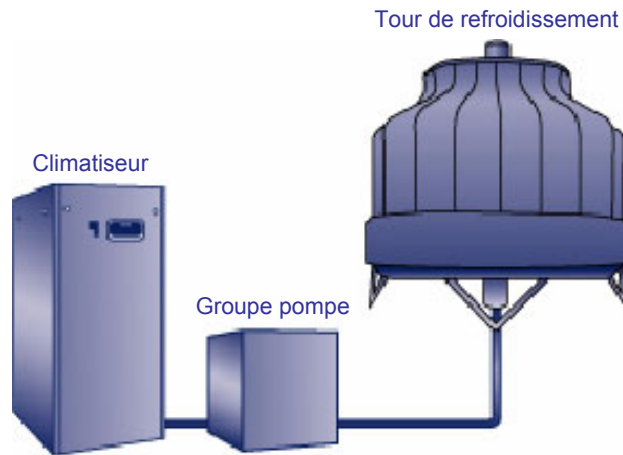


Configuration de l'équipement

- Le système de réfrigération est divisé en deux : un climatiseur intérieur et une unité d'évacuation de chaleur montée à l'extérieur et refroidie à l'air.
- Les compresseurs peuvent être installés avec l'une ou l'autre de ces deux unités. Pour la sécurité et pour faciliter l'entretien, les compresseurs sont généralement installés avec l'unité intérieure.
- Des tuyauteries de fluide frigorigène (deux par compresseur) relient les deux moitiés du système.
- Le calcul de ces tuyauteries est un aspect critique. Il doit tenir compte des pertes de charge, des vitesses d'écoulement, du retour d'huile et des séparateurs.
- L'unité de service devrait être installée par un entrepreneur qualifié.
- C'est une excellente solution pour les unités multiples et l'extension des installations. Chaque système est un module monobloc autonome.

b- Refroidis à l'eau

Figure 6 – Système refroidi à l'eau

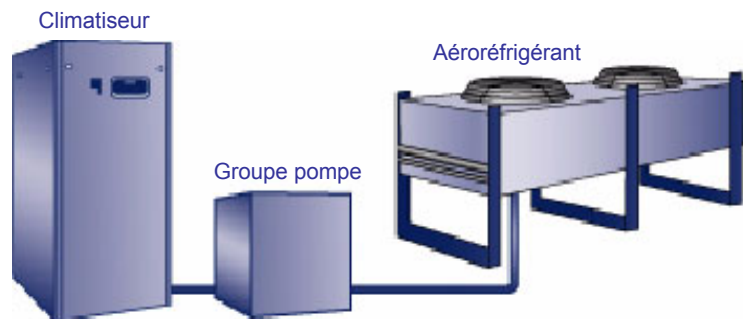


Configuration de l'équipement

- Le bloc climatiseur intérieur est un système de réfrigération complet et autonome.
- La chaleur est évacuée dans de l'eau qui circule dans un échangeur situé dans le module intérieur. L'eau est généralement pompée vers une tour de refroidissement, puis renvoyée au circuit. On peut aussi utiliser d'autres sources d'eau, comme un puits.
- Dans les climats froids et tempérés, la tour de refroidissement doit être protégée contre le gel en hiver.
- La tour doit être conçue avec une redondance appropriée, à moins que l'on ne dispose d'une source d'eau de secours.
- Avec une tour de refroidissement, il faut prévoir un traitement de l'eau.
- Le calcul des tuyauteries est bien moins important et plus facile que dans le cas d'un système à fluide frigorigène.
- Le système de réfrigération est livré avec sa charge de fluide et testé à l'avance.

c- Refroidis au glycol

Figure 7 – Système refroidi au glycol



Configuration de l'équipement

- Le module intérieur est semblable à celui d'un système refroidi à l'eau.
- L'eau est remplacée par une solution de glycol qui est refroidie dans un échangeur à air extérieur appelé « aéroréfrigérant ».
- Les refroidisseurs secs exigent moins de maintenance que les tours de refroidissement.
- Ils offrent d'excellentes possibilités pour des applications de récupération de chaleur.
- Le rendement énergétique de ce système est le plus bas des trois types d'unités.
- Plusieurs unités peuvent être reliées à un même ensemble aéroréfrigérant et pompes de grande capacité. Dans ce cas, il ne faut pas perdre de vue l'aspect redondance.

d- Glycol et refroidissement libre

Configuration de l'équipement

- Cet équipement est identique à un climatiseur refroidi au glycol, mais comporte en plus un serpentin de refroidissement libre qui permet des économies d'énergie.
- Quand la température extérieure baisse, la solution de glycol froide est dirigée vers le serpentin supplémentaire qui produit un effet réfrigérant sans avoir à faire tourner les compresseurs.
- Cette solution offre de substantielles réductions des frais d'exploitation dans les climats qui s'y prêtent.
- Le serpentin supplémentaire exige plus de puissance du moteur de la soufflante.
- Les systèmes avec les plus grands serpentins de refroidissement libre offrent les meilleures possibilités d'économies. Les serpentins de refroidissement libre doivent être placés en amont du serpentin à échange direct pour accroître la capacité lorsque les températures ambiantes sont douces.

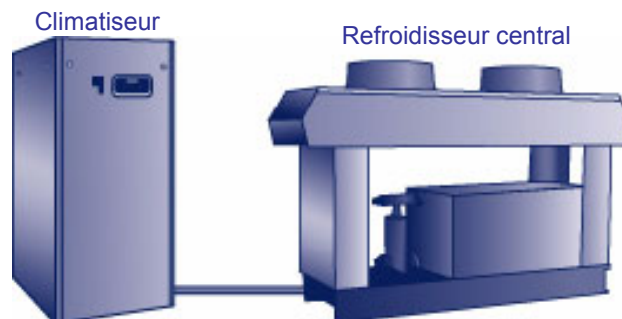
e- Serpentin supplémentaire d'eau réfrigérée

Configuration de l'équipement

- On peut ajouter un serpentin supplémentaire d'eau réfrigérée dans un système à échange direct pour offrir une redondance complète dans une seule unité.
- L'unité peut alors fonctionner comme un système à eau réfrigérée avec une capacité d'échange direct modulaire de 100 %, capable de prendre la relève en cas d'urgence.
- L'unité peut aussi fonctionner en mode échange direct avec un système central de distribution d'eau réfrigérée comme secours.
- L'unité peut fonctionner à l'eau réfrigérée tant que celle-ci est disponible. Par exemple, si le générateur d'eau réfrigérée fonctionne principalement pour les besoins d'un procédé de fabrication dans une usine ou pour la climatisation en été, il est possible de revenir au mode échange direct durant les périodes où l'eau réfrigérée n'est pas disponible.

f- Eau réfrigérée

Figure 8 – Système à eau réfrigérée



Configuration de l'équipement

- L'eau réfrigérée est fournie par un générateur central à des modules de climatisation installés dans la salle technologique. Le système de réfrigération est incorporé dans le module climatiseur.
- Les climatiseurs intérieurs sont équipés de leurs commandes, et regroupent le serpentin d'eau froide, la vanne de dosage d'eau froide, les ventilateurs, les filtres, les humidificateurs et le réchauffeur.
- La température de l'eau froide devrait être aussi haute que possible (8 °C ou plus), afin de maintenir un coefficient élevé de chaleur sensible.
- La redondance devrait s'étendre au générateur central d'eau réfrigérée et aux groupes de pompes.
- Le réfrigérateur central doit être protégé contre le gel pour pouvoir fonctionner toute l'année.
- Dans certaines villes, du personnel d'exploitation peut être obligatoire.
- Évitez de combiner les réfrigérateurs d'eau de confort avec ceux des salles de technologie, car les températures différentes (5,6 °C pour le confort, 8,3 °C+ pour les équipements).

Coût de possession

1- Frais d'exploitation

En première approximation, la climatisation d'une salle de technologie coûte environ dix fois plus par mètre carré que la climatisation d'un bureau ou de confort. C'est dû au fait que l'évacuation de la chaleur se fait sur toute l'année et que les charges thermiques sont beaucoup plus importantes. Cependant, pour une salle de technologie, l'exploitation d'un système de climatisation de précision sera bien moins coûteuse que celle d'un système de climatisation de confort.

Les coûts de la climatisation de précision sont moindres, pour une utilisation comparable, que ceux de la climatisation de confort, pour les raisons suivantes :

- a- Système à alimentation par le faux-plancher - Un coefficient de chaleur sensible élevé élimine le problème de la déshumidification excessive et la nécessité de réhumidifier l'air.
- b- Un rendement énergétique élevé. Avec de grands serpentins, des débits élevés et des compresseurs robustes, conçus pour les pompes à chaleur, les systèmes de climatisation pour matériel informatique ont un meilleur rendement énergétique de chaleur sensible que les climatiseurs de confort courants.
- c- L'équipement de précision utilise des composants à haut rendement, optimisés pour un fonctionnement à longueur d'année.

Principaux points à prendre en considération :

- Serpentins surdimensionnés et de faible épaisseur
- Moteurs de ventilation à haut rendement
- Humidificateurs à chambre de vapeur
- Compresseur robuste, conçu pour les pompes à chaleur
- Coefficient de chaleur sensible élevé
- Cycle de déshumidification séparé
- Faible consommation électrique à pleine charge
- Roulements garantis 100 000 heures
- Garanties prolongées

2- Frais d'entretien

Les coûts les plus importants sur le plan de l'entretien et des réparations sont ceux liés à l'interruption des opérations de la salle technologique. C'est la raison pour laquelle la redondance devrait toujours être un facteur prioritaire. Cependant, pour minimiser encore les risques, on peut choisir des équipements dont les caractéristiques permettent de réduire considérablement les temps d'entretien et de réparation. Principaux points à prendre en considération :

- a- Éléments du système de réfrigération boulonnés ensemble. Le compresseur et le filtre assécheur devraient être démontables sans découpage au chalumeau.
- b- Cuvettes collectrices primaires et secondaires.
- c- Humidificateur à vapeur facilement remplaçable.
- d- Les éléments devraient être montés hors du flux d'air, dans une enceinte mécanique séparée.
- e- Support des soufflantes démontable.
- f- Câblage électrique repéré par couleurs et code numérique.
- g- Protecteurs de démarrage des moteurs plutôt que fusibles.
- h- Panneaux d'accès facilement démontables ou à charnières.
- i- Interventions de maintenance basées sur le temps de fonctionnement.

Conclusions

Vos salles technologiques contiennent des circuits électroniques délicats dont le bon fonctionnement dépend d'un environnement contrôlé avec précision. En assurant les conditions ambiantes stables dont le matériel informatique et électronique a besoin, la climatisation de précision évitera à votre entreprise des panes de composants et des arrêts de traitement qui peuvent s'avérer extrêmement coûteux.