

Projet Ecoclim au LPSC Grenoble

ECOCLIM en quelques mots

Pour subvenir aux besoins de climatisation de ses salles informatiques le LPSC a mis en place un système original de refroidissement ayant les caractéristiques suivantes:

- *Fonctionnement en free-cooling (85% du temps)*
- *Les flux d'air en face avant des machines sont séparés des flux en face arrière (principe du couloir froid)*
- *Refroidissement par simple échangeur air/eau utilisant l'eau industrielle (15% du temps)*

Ce système permet, outre une économie substantielle des consommations électriques, une moindre dépendance à la disponibilité de l'eau industrielle.

Toujours plus de puissance... jusqu'à l'impasse

Au fil des ans la demande en ressources locales de calcul pour le LPSC a augmenté avec l'amplification des demandes existantes et l'arrivée de nouveaux besoins tels que le calcul LHC pour ATLAS et ALICE, la Physique des Réacteurs et de la QCD sur réseau.

Par ailleurs la puissance dissipée par les machines par unité de volume a augmenté avec l'intégration toujours plus forte des machines.

Ainsi aujourd'hui une baie 42U pleine dissipe $42 \times 300W = 12kW$!

Les climatisations utilisées jusque là au laboratoire qui fonctionnaient en mode recyclé ont atteint leur limite et pour augmenter encore il est nécessaire de repenser toute l'installation.

Par ailleurs du fait d'un fonctionnement *aux limites* l'informatique était devenue extrêmement dépendante de la climatisation, la moindre défaillance de cette dernière entraînant une surchauffe et des pannes.

Choix techniques fondamentaux

Plutôt que de se lancer dans une installation classique nous avons cherché une solution qui permette de se rendre le plus indépendant de la climatisation.

Le bon sens (💡 *merci à Joseph Piarulli*) nous a conduit à utiliser l'air frais du dehors chaque fois que cela était possible.

Couloir froid

On sépare les flux d'alimentation d'air des baies en face avant des flux de reprise en face arrière.

Free-cooling

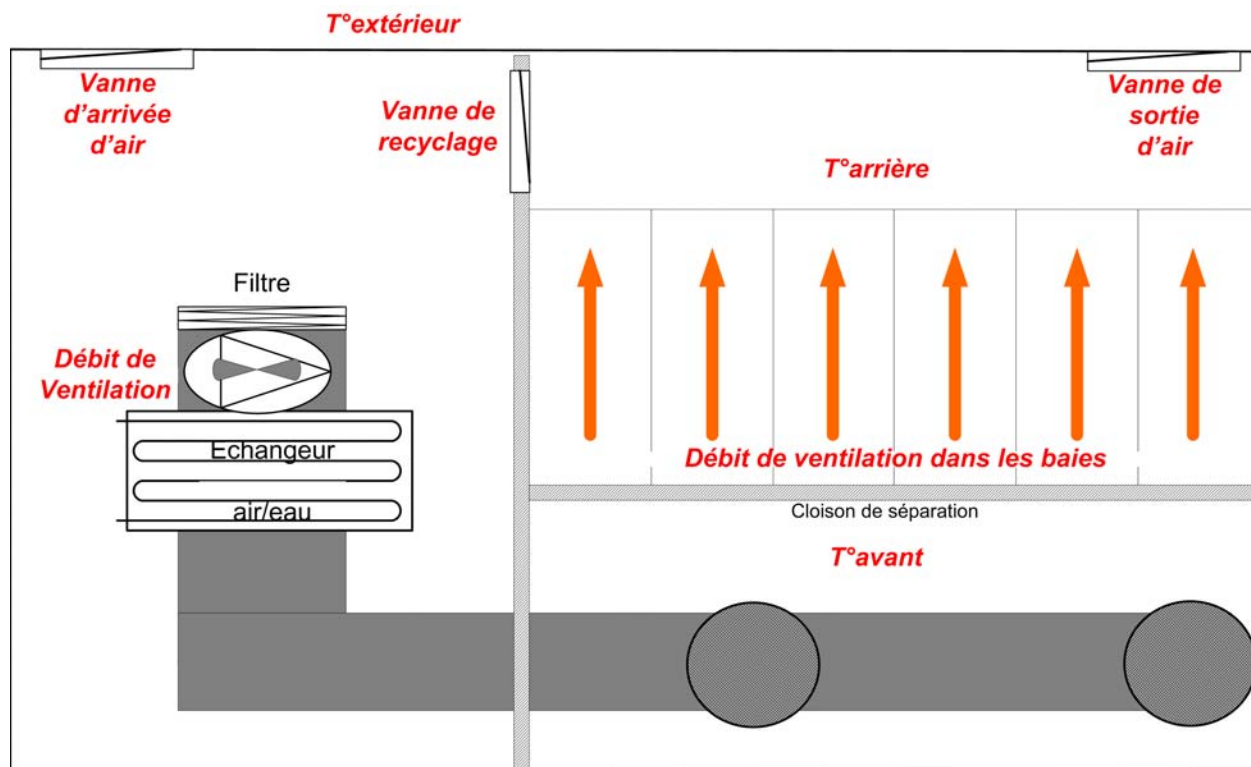
Quand la température de l'air extérieur est suffisamment fraîche (85% du temps) on utilise cet air pour refroidir les machines.

Tant que la température extérieure est inférieure à la température de l'air rejeté par les machines - 98% du temps - on alimente les machines en air neuf filtré plutôt qu'en air recyclé.

Simple échangeur air eau

Pour des raisons historiques (liées à l'exploitation de l'accélérateur SARA jusqu'en 1998) le laboratoire dispose d'eau industrielle à 16°. Pour refroidir l'air quand c'est nécessaire on utilisera cette eau industrielle comme source froide sur un simple échangeur air eau. Le système n'utilise donc pas de compresseur.

Schéma de principe



La figure ci-dessus montre une vue de dessus de nos deux pièces informatiques.

La pièce de droite contient les baies informatiques qui aspirent l'air en face avant (en bas sur le schéma) et le rejettent en face arrière (en haut sur le schéma). Noter que la face avant est séparée de la face arrière par une cloison pour éviter un recyclage intempestif. Les baies informatiques qui ne sont pas - encore- remplies de machines sont fermées par des plaques amovibles pour la même raison.

La pièce de gauche contient l'échangeur et le système de ventilation et de filtrage.

L'air est aspiré à l'extérieur du bâtiment par la vanne d'arrivée d'air et soufflé à l'extérieur par la vanne de sortie d'air.

Le débit de ventilation d'air dépend de la puissance installée et est légèrement supérieure au débit de ventilation dans les baies produit par les unités centrales. Ce débit de ventilation d'air est au maximum de 24 000 m³/h à pleine puissance ce qui correspond à 80 kW évacués !

Régimes de fonctionnement

Le schéma ci-dessous montre les différents régimes de fonctionnement de notre système avec une température de consigne imposée en face avant.

Régime canicule $t^{\circ}\text{ext} > 33^{\circ}\text{C}$ 2% du temps

La consigne de température sera 25°C

Echangeur en fonction

$T^{\circ}\text{consigne} = 25^{\circ}\text{C}$ régulation par débit d'eau

Vanne-recyclage ouverte = 1

Vanne-entrée fermée = 0

Vanne-sortie fermée = 0

Régime chaud $25^{\circ} < T^{\circ}\text{ext} \leq 33^{\circ}\text{C}$ 14% du temps

La consigne de température sera 25°C

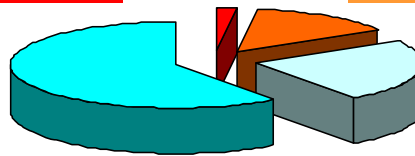
Echangeur en fonction

$T^{\circ}\text{consigne} = 25^{\circ}\text{C}$ régulation par débit d'eau

Vanne-recyclage fermée = 0

Vanne-entrée ouverte = 1

Vanne-sortie ouverte = 1



Régime froid $T^{\circ}\text{ext} \leq 18^{\circ}\text{C}$ 60% du temps

La consigne de température sera la consigne minimale soit 18°C ,

Echangeur non utilisé

$T^{\circ}\text{consigne} = 18^{\circ}\text{C}$ régulation par vanne recyclage

Vanne-recyclage partiellement ouverte

Vanne-entrée ouverte = 1 – Vanne-recyclage

Vanne-sortie ouverte = Vanne-in

Régime normal $18^{\circ} < T^{\circ}\text{ext} \leq 25^{\circ}\text{C}$ 24% du temps

La consigne de température sera la température extérieure $t^{\circ}\text{ext}$,

Echangeur non utilisé

$T^{\circ}\text{consigne} = T^{\circ}\text{ext}$ pas de régulation

Vanne-recyclage fermée = 0

Vanne-entrée ouverte = 1

Coûts de l'opération

Le budget total de l'opération a été de 60 k€ répartis de la façon suivante

40 k€ pour le système de refroidissement :

- La centrale de traitement d'air
- Le réseau aéraulique
- Le réseau hydraulique
- Les divers raccords et mise en service

20 k€ pour les travaux annexes

- Dépose des climatiseurs existants
- Réaménagement, transferts des baies informatique
- Menuiserie, planchers techniques
- Maçonnerie
- Plomberie

Ces coûts sont comparables à ceux de l'installation d'une climatisation traditionnelle de même puissance.

Filtration et hydrométrie

Pour un fonctionnement en air neuf (par opposition à un mode recyclé) le choix des filtres utilisés est important car on peut vite atteindre un coût de fonctionnement important lié au remplacement de ces derniers.

Sur les conseils de notre installateur nous avons choisi des filtres G4 plutôt que F7, qui offrent pourtant une filtration plus fine, pour les raisons suivantes :

La perte de charge est plus importante avec les filtres F7, le coût de ventilation passe de 7kW à 11kW pour 80kW refroidi.

Le filtre F7 est à remplacer 2 fois par an pour un coût de l'ordre de 4 000 €/an !

Le filtre G4 peut être lavé et remplacé au bout de 2 à 3 lavages, il est vendu en rouleau, pour un coût modique.

Une autre caractéristique importante de notre système est que l'hydrométrie n'est pas contrôlée. En face avant des machines l'air peut donc être saturé en humidité !

Une simple récupération des condensats est faite sur l'échangeur. Etant donné que les machines chauffent il n'y a malgré tout pas de risque de condensation dans celles-ci.

Ces choix sont possibles aujourd'hui pour deux raisons

- Les serveurs sont sensiblement plus *solides* qu'avant et ils seront renouvelés avant d'avoir vieilli. Ils supportent un environnement non parfaitement propre et une hydrométrie variable.
- Nous n'avons plus de bande magnétique en salle informatique grâce à la mise en place il y a deux ans de la sauvegarde déportée au Centre de Calcul de l'IN2P3 via le réseau RENATER.

Mise en sécurité

Incendie

A pleine puissance 24 000 m³/h d'air sont injecté en face avant des machines ce qui pourrait attiser un éventuel incendie!

Le système de détection d'incendie déclenche la fermeture immédiate de tous les registres : alimentation en air, évacuation et recyclage.

Coupure électrique

En cas de coupure électrique il faut au contraire éviter la fermeture des registres pour éviter d'asphyxier les machines qui sont sur onduleur!

La partie automatisme de l'armoire de climatisation est donc sur onduleur pour garder les registres ouverts en cas de coupure électrique.

Mise en œuvre et difficultés rencontrées

Gags à la mise en service

À la livraison notre installateur a dû démolir une cloison pour faire tourner la centrale de traitement d'air dans la salle prévue !



Petite frayeur aussi à la première mise en service ou un mauvais branchement a provoqué un phénomène de cavitation des ventilateurs. Le bruit généré pouvait s'apparenter à la mise en route d'un réacteur de Boeing dans la salle informatique. Le temps de faire pâlir puis verdir l'auteur de ces lignes et le problème était déjà réglé, ouf !

A pleine puissance (24 000 m³/h) le bruit généré est sensiblement inférieur au bruit de ventilation des machines elles-mêmes.

Problèmes de régulation

La mise au point de la régulation du système s'est avérée assez délicate.

Les paramètres de régulation PID (Proportionnel Intégrale Dérivé) étaient au départ adaptés à un système en mode recyclé.

Par ailleurs notre installateur a fait le choix de réguler sur la température de reprise et le positionnement de la sonde de reprise s'est avéré délicat du fait d'un régime assez turbulent en face arrière des machines. L'ouverture de la vanne de recyclage provoque des variations de température importante au niveau de la sonde.

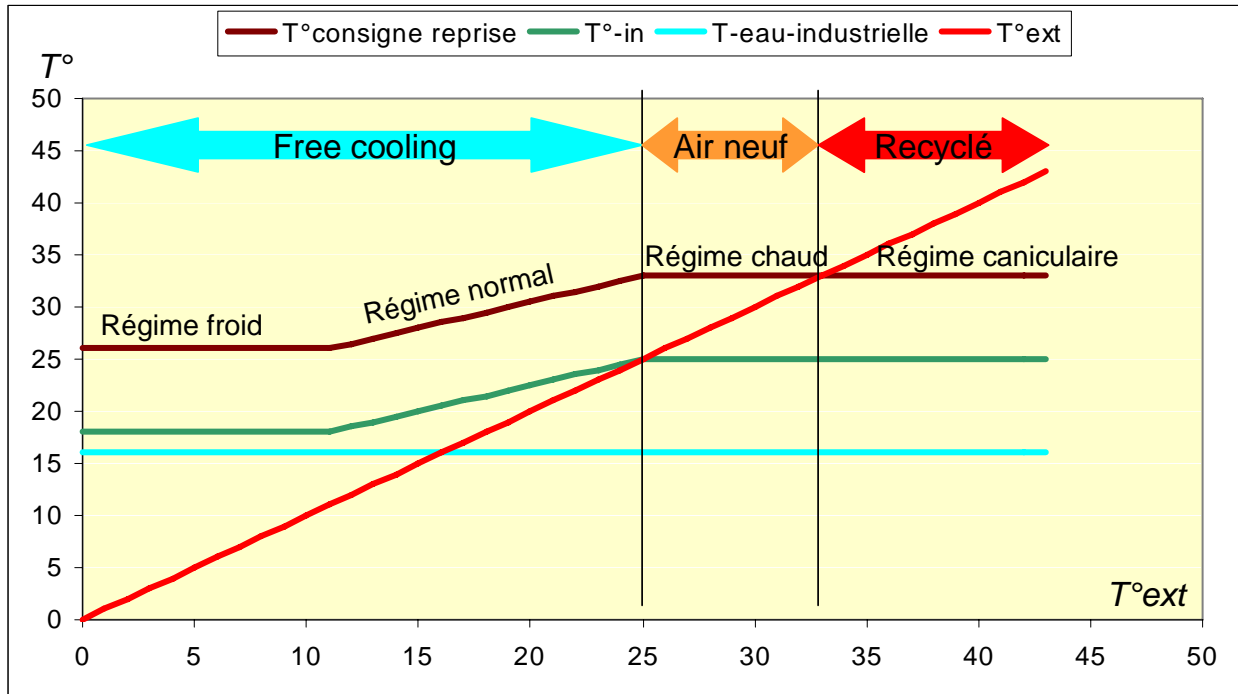
Le temps de réponse du système est long. Une baisse de température de 5° en face avant des machines met plusieurs minutes à avoir un impact mesurable en face arrière. En conséquence le système avait tendance à osciller à la mise en route de l'eau industrielle.

Ces réglages – effectués par notre installateur - ont finalement abouti mais la mise au point s'est étalée sur plusieurs mois du fait de la nécessité de tester les différents régimes de fonctionnement.

Noter que ces défauts de régulation n'ont pas provoqué de dysfonctionnement de l'informatique les machines acceptant assez bien de consommer de l'air tantôt à 18° tantôt à 28° !

Ajustement des consignes

La détermination des différents seuils, judicieux pour passer d'un régime à l'autre de façon à être en *free cooling* le plus souvent possible, a également été délicate. En effet en période froide on dispose d'air froid permettant d'avoir une consigne basse de 26° en reprise soit 18° en face avant. En période chaude on peut remonter la consigne jusqu'à 33° en reprise soit 25° en face avant.



Variations de la consigne de température de reprise en fonction de la température extérieure.

Conclusion

Economie d'énergie

Le premier intérêt de cette solution est l'économie d'énergie.

En effet la puissance électrique de ventilation nécessaire que nous avons mesuré correspond à environ 8 à 9 % de la puissance installée au lieu de 33% de la puissance installée (COP de 3 pour une pompe à chaleur).

En mode *free cooling* - 84% du temps à Grenoble - on économise 75% de la puissance de refroidissement !

Notre installation est prévue pour une puissance de 80kW (nous avons 8 baies informatique 42U). A pleine puissance l'économie sera de **160 000 kWh/an** ce qui permet de **rembourser** cette opération en 5 ans !

Indépendance par rapport aux incidents liés à la climatisation

Le deuxième avantage de cette solution est d'être moins dépendant de la climatisation¹. En effet usuellement une panne de climatisation entraîne un arrêt de l'informatique.

Dans notre cas ce type de problème n'a d'impact que si la température extérieure est supérieure à 30° soit moins de 5% du temps

Réduction de 95% des incidents informatiques dus à la climatisation !

Toutefois il est plus conforme de mettre la ventilation sur onduleur vu qu'elle ne représente que 8 à 9 % de la puissance installée.

Ce projet a été porté par

Bernard Bouterin, Daniel Heuer, Pascal Meyrand et Joseph Piarulli

et il a bénéficié d'une contribution importante de Patrick Roisin des services généraux du LPSC.

¹ Pendant 2 mois, en mars et avril 2008, suite à un retard dans la livraison de la centrale de traitement d'air, nous avons fonctionné sans les climatisations - qui étaient déjà démontées - et sans la ventilation – pas encore livrée -. En effet la puissance de ventilation des machines seules suffisait à aspirer l'air extérieur, le cloisonnement avant/arrière étant déjà présent et les amenés d'air étant en place.