

Retour d'expérience, free-cooling au LPSC

Que risque-t-on à consommer moins?

Avant le free-cooling

Description de la solution

Calcul des puissances

Retour d'expérience, mise en œuvre du free-cooling

Risques : qualité de l'environnement d'exploitation en termes de filtration, température et hygrométrie

Bénéfices : niveau de service et disponibilité, coûts de fonctionnement

Avant le free-cooling

Fin 2007 : toujours plus... jusqu'à l'impasse



La demande en ressources locales de calcul augmente avec les nouveaux besoins

Calcul LHC (Large Hadron Collider au Cern) pour ATLAS et ALICE
Physique des réacteurs et la physique théorique (*Lattice QCD*)

Les limites des climatisations utilisées ont été atteintes, pour augmenter encore il faut repenser toute l'installation.

Explosion des coûts électriques

8 baies 42U \Leftrightarrow 100kW \Leftrightarrow 60 000€/an

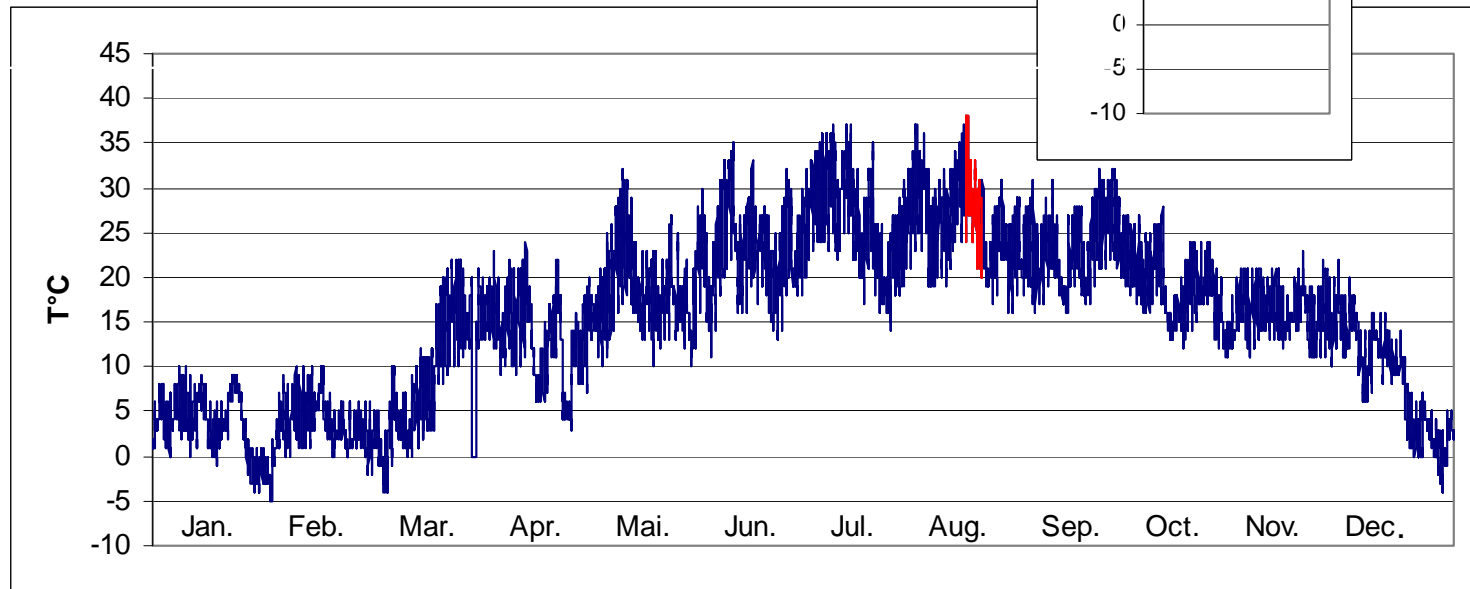
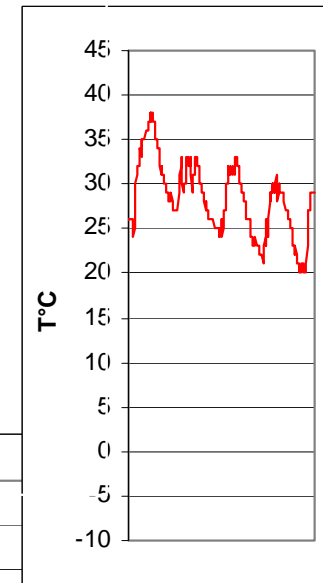
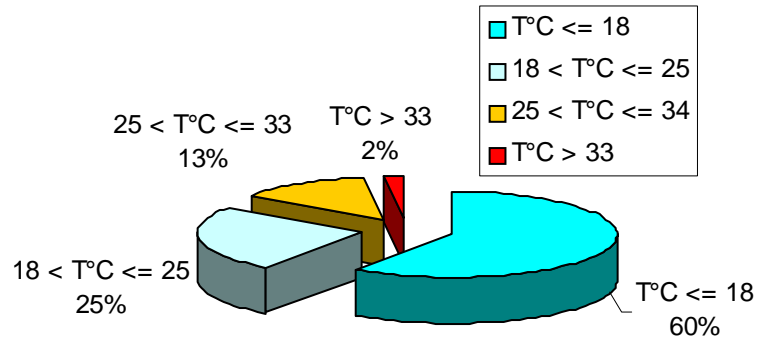
300W / U

1 kWh coute 0,07€

365 x 24 = 8760 heures dans une année

Le coût de refroidissement représente 30 à 50% de la facture électrique

Contexte météorologique



Avant le free-cooling

Description de la solution

Free-cooling à air direct

85 % du temps quand la température est $\leq 25^{\circ}\text{C}$

L'air extérieur est utilisé pour refroidir les serveurs

Il est ensuite rejeté à l'extérieur

Couloir froid : les flux d'alimentation en air et de reprise sont parfaitement séparés



Joseph Piarulli

Free-cooling eau-air

15% du temps quand la température est $> 25^{\circ}\text{C}$

L'air extérieur est préalablement refroidi par un simple échangeur eau-air avant d'alimenter les serveurs

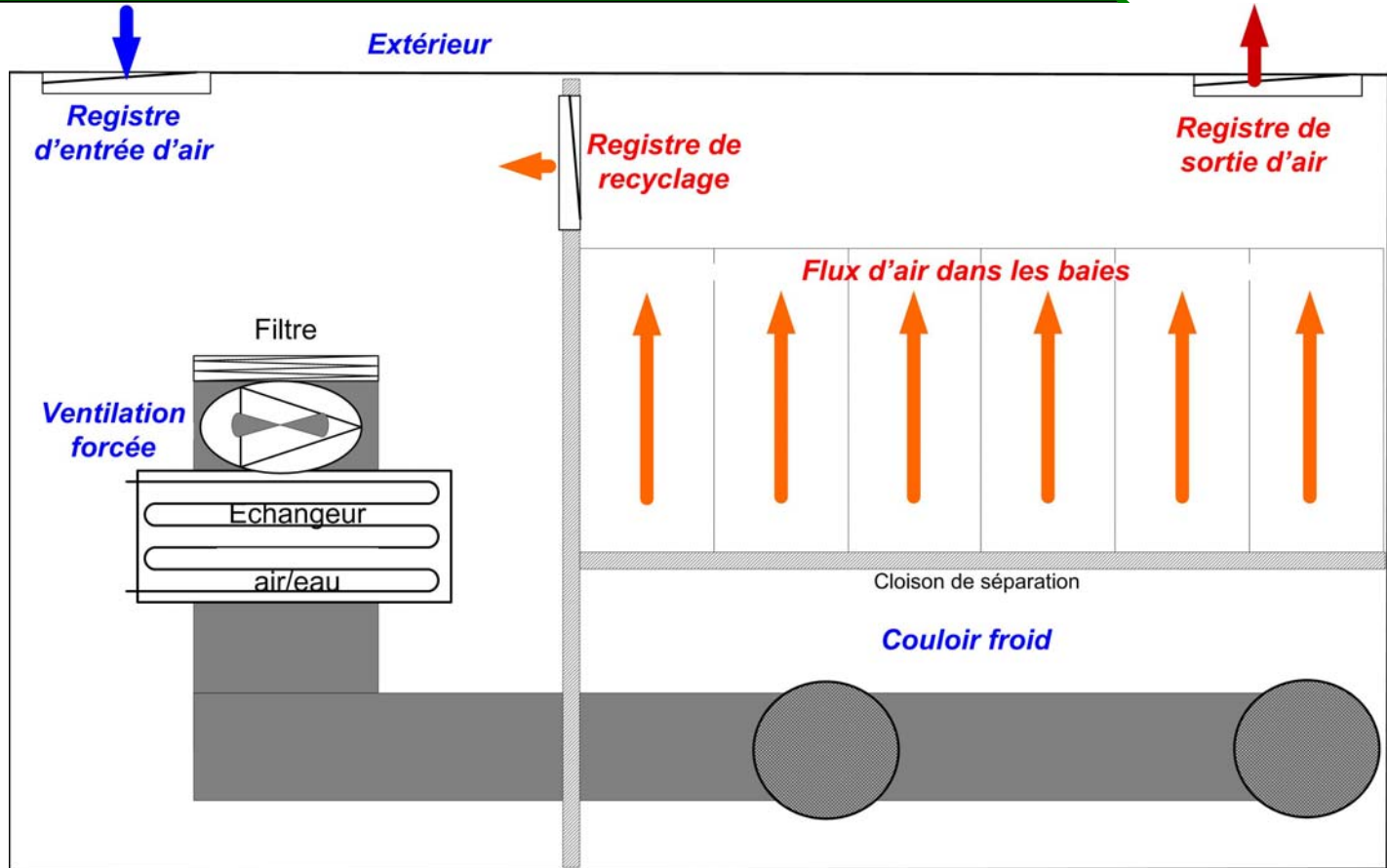
Pour des raisons historiques le laboratoire dispose d'eau industrielle à 16° (eau pompée dans la nappe phréatique). Elle est utilisée comme source froide dans un simple échangeur eau-air.

Le système n'utilise PAS de compresseur

=> PAS DE LIQUIDE FRIGORIGENE

Principe de fonctionnement

Description de la solution



Régimes de fonctionnement

Régime canicule $T^{\circ}ext > T^{\circ}arrière$
 $\ll 1\%$ du temps (ne s'est pas produit)
Consigne de température 25°C

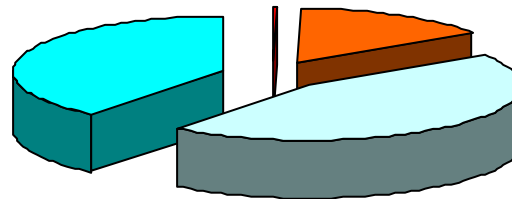
Echangeur en fonction

$T^{\circ}consigne = 25^{\circ}C$ régulation par débit d'eau
Registre-recyclage ouvert = 1
Registre-in fermé = 0
Registre-out fermé = 0

Régime chaud $25^{\circ} < T^{\circ}ext < T^{\circ}arrière$ 15% du temps
Consigne de température 25°C

Echangeur en fonction

$T^{\circ}consigne = 25^{\circ}C$ régulation par débit d'eau
Registre-recyclage fermé = 0
Registre-in ouvert = 1
Registre-out ouvert = 1



Régime froid $T^{\circ}ext \leq 13^{\circ}C$ 40% du temps
Consigne de température 13°C

Echangeur non utilisé

$T^{\circ}consigne = 13^{\circ}C$ régulation par vanne recyclage
Registre-recyclage ouvert = $(13^{\circ} - t^{\circ}ext) \times K1$
Registre-in ouvert = 1 – Registre-recyclage
Registre-out ouvert = Registre-in

Régime normal $13^{\circ} < T^{\circ}ext \leq 25^{\circ}C$ 45% du temps
Consigne de température = température extérieure

Echangeur non utilisé

$T^{\circ}consigne = T^{\circ}ext$
Registre-recyclage fermé = 0
Registre-in ouvert = 1
Registre-out ouvert = 1

Calcul des puissances

Constantes

$C_{calAir} = 1 \text{ J / g / } ^\circ \text{C}$ Il faut 1J pour élever 1g d'air de 1°C

1 litre d'air pèse 1.19 g

$C_{calEau} = 4,18 \text{ J / g / } ^\circ \text{C}$ Il faut une calorie pour élever 1g d'eau de 1°C

1 litre d'eau pèse 1000g

Puissance dissipée en free cooling à air direct

Le débit d'air maximum est de 23 000 m³ /heure

L'élévation de température dans les machines est de 13°C

Quelle est la puissance maximum que peut dissiper notre installation?

Puissance dissipée en free cooling Eau-Air

Le débit maximum de la pompe d'eau de nappe est de 20 m³ / heure

L'eau de nappe est à 16°C , elle est rejetée à 21°C

Quelle est la puissance maximum que l'on peut évacuer dans ce mode?

Puissance évacuée en fonction du débit d'air

$$P (W) = W (J) / t (s)$$

$$W (J) = C_{calAir} (J / g / ^\circ C) \cdot m (g) \cdot \Delta T_{air} (^\circ C)$$

$$m (g) = V_{air} (m^3 / h) \cdot 1190 (g/m^3) / 3600 (s / h) \cdot t (s)$$

$$P = C_{calAir} (J/g / ^\circ C) \cdot V_{air} (m^3/h) \cdot 1190 (g/m^3) / 3600 (s/h) \cdot \Delta T_{air} (^\circ C)$$

$$P (W) = V_{air} (m^3 / h) \times 0,33 \times \Delta T_{air} (^\circ C)$$

Pour l'installation du LPSC

DeltaTair 13°C (moyenne sur 6 mois)

Débit de ventilation maximum 23 000 m³/h d'air

Puissance évacuée en air direct : **P = 98 kW**

Puissance évacuée en fonction du débit d'eau :

$$P = C_{calEau} (J / g / ^\circ C) \cdot \Delta T_{eau} (^\circ C) \cdot m(g) / t(s)$$

$$m(g) = V_{eau} (m^3/h) \cdot 10^6(g/m^3) / 3600(s/h) \cdot t(s)$$

$$P(W) = V_{eau} (m^3 / h) \cdot 1161 \cdot \Delta T_{eau} (^\circ C)$$

Pour l'installation du LPSC

Le débit maximum de pompage 20 m³/h d'eau
deltaT sur l'eau 5 à 6 °C, (considérons 5 °C)

Puissance maximum évacuée échangeur eau - air

$$P = 116 \text{ kW}$$

Appel d'offre de base 40K€

- Centrale de traitement d'air

- Réseau aéraulique

- Réseau hydraulique

- Divers raccordements et mise en service

Travaux annexes 20K€

- Dépose des climatiseurs existants

- Réaménagement, transferts des baies informatique

- Menuiserie, planchers techniques

- Maçonnerie

- Plomberie

Retour d'expérience de la mise en œuvre du free-cooling, risques et bénéfices



*Risques sur la qualité de l'environnement d'exploitation des
serveurs*

Filtration, température et hygrométrie

Retour d'expérience Maitriser les flux

Evacuer le maximum de chaleur à l'extérieur

Ne pas mélanger d'air chaud à l'air qui alimente les serveurs

Ne pas avoir de point chaud en face avant des machines

Points chaud +7°C au dessus de l'ambiance

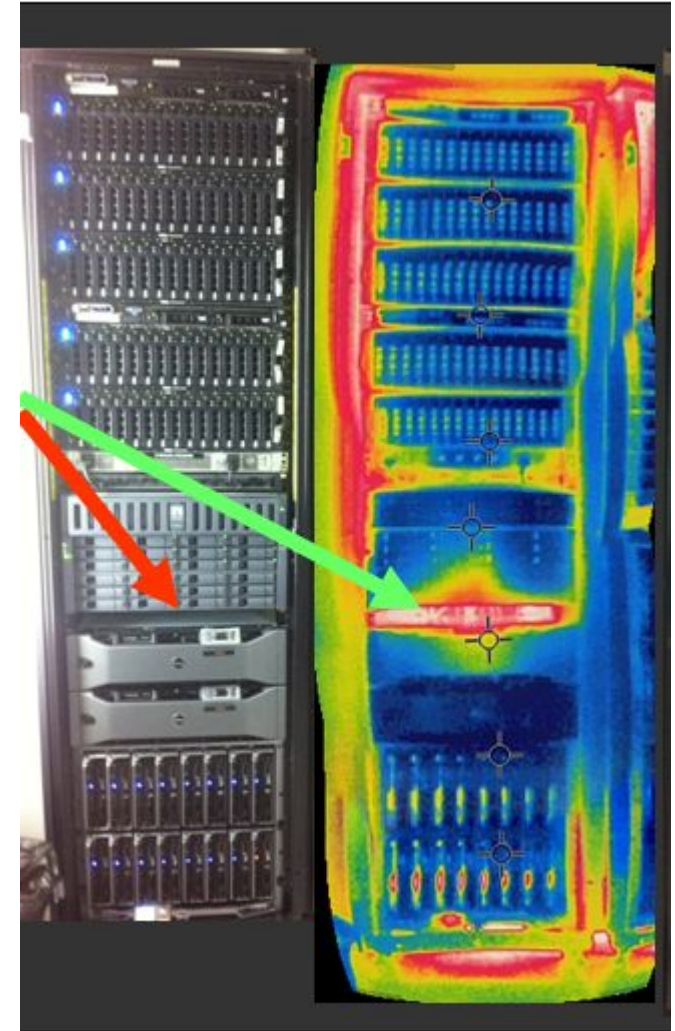
=> consigne passe de 25°C à 18°C

=> le mode air direct n'est utilisable que 60% du temps au lieu de 85%

=> Maitriser les flux

Panneau de séparation quand un serveur est absent

Bande de mousse isolante entre les baies pour éviter le recyclage parasite de l'air chaud produit par les machines



Caractéristiques de la filtration

Choix de filtres G4 plutôt que F7

F7

Perte de charge plus importante,
coût de ventilation multiplié par deux
beaucoup plus cher que G4 et doit être
remplacé plus souvent

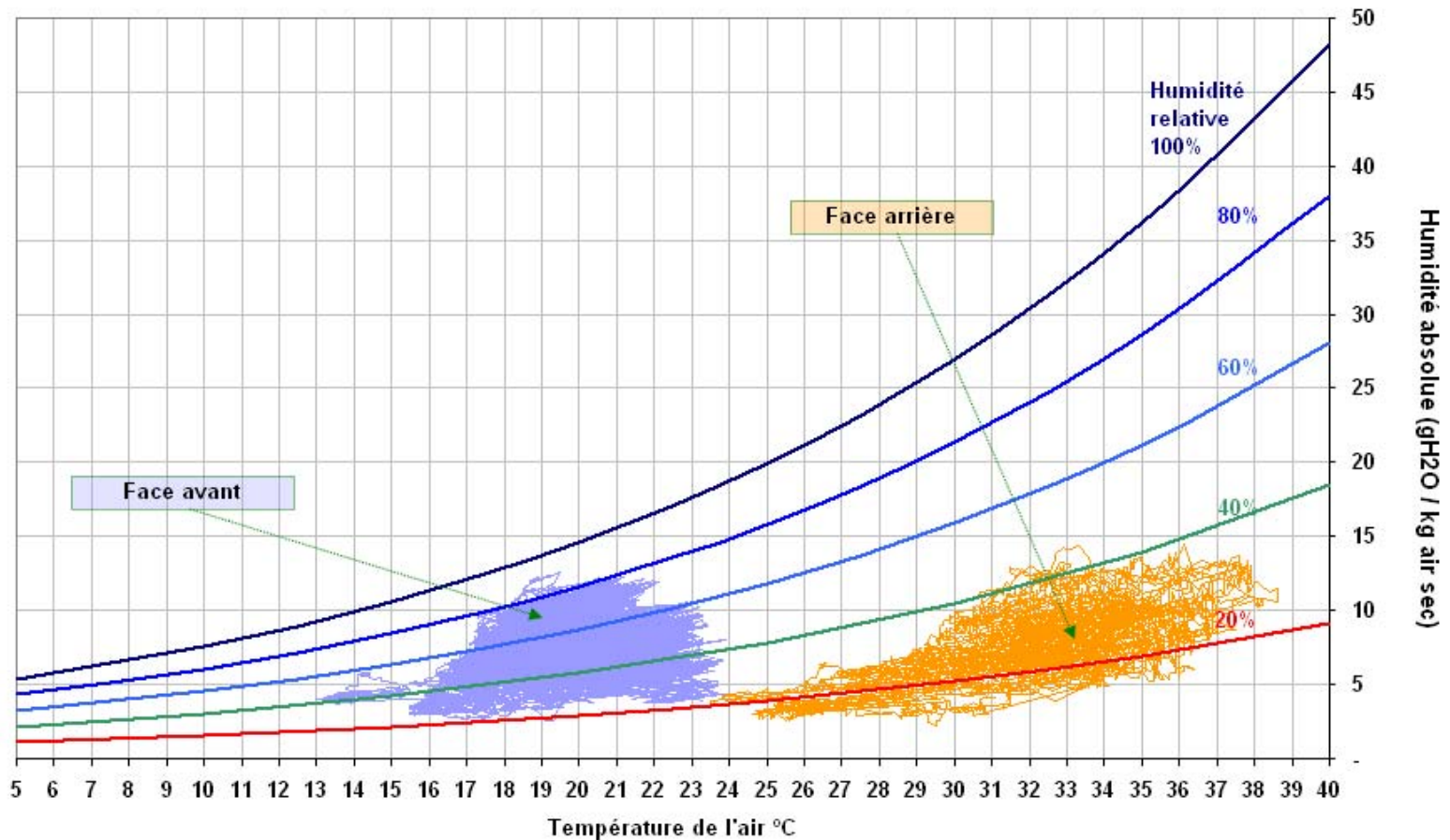
G4

remplacé 4 fois par an => 1 000€/an



Risque / Température, hygrométrie

Diagramme psychrométrique



Dans quel contexte l'hygrométrie est forte?

En été l'air peut être chaud et chargé d'humidité
Quand on le refroidit son hygrométrie relative augmente
Elle peut atteindre la saturation au niveau de l'échangeur.

Quelles conséquences?

- Quand l'air traverse les serveurs sa température s'élève et son hygrométrie baisse
⇒ *il n'y a pas de risque de condensation dans les machines*
- La forte hygrométrie entraîne un risque d'oxydation des matériels



Quelles actions?

- ⇒ Obligatoirement récupérer les condensats sur l'échangeur

Risque / Hygrométrie

Dans quel contexte l'hygrométrie est-elle basse?

En période hivernale l'air extérieur est froid et sec
Quand il traverse les serveurs sa température s'élève et son hygrométrie diminue.

Son hygrométrie baisse également sous l'effet du recyclage d'une partie de l'air chaud.

Quels problèmes pose une faible hygrométrie?

Risque électrostatique

Peut provoquer des reboots intempestifs, la détérioration du matériel par décharge électrostatique

Aucun problème de ce type durant 3 ans d'exploitation

Actions possibles

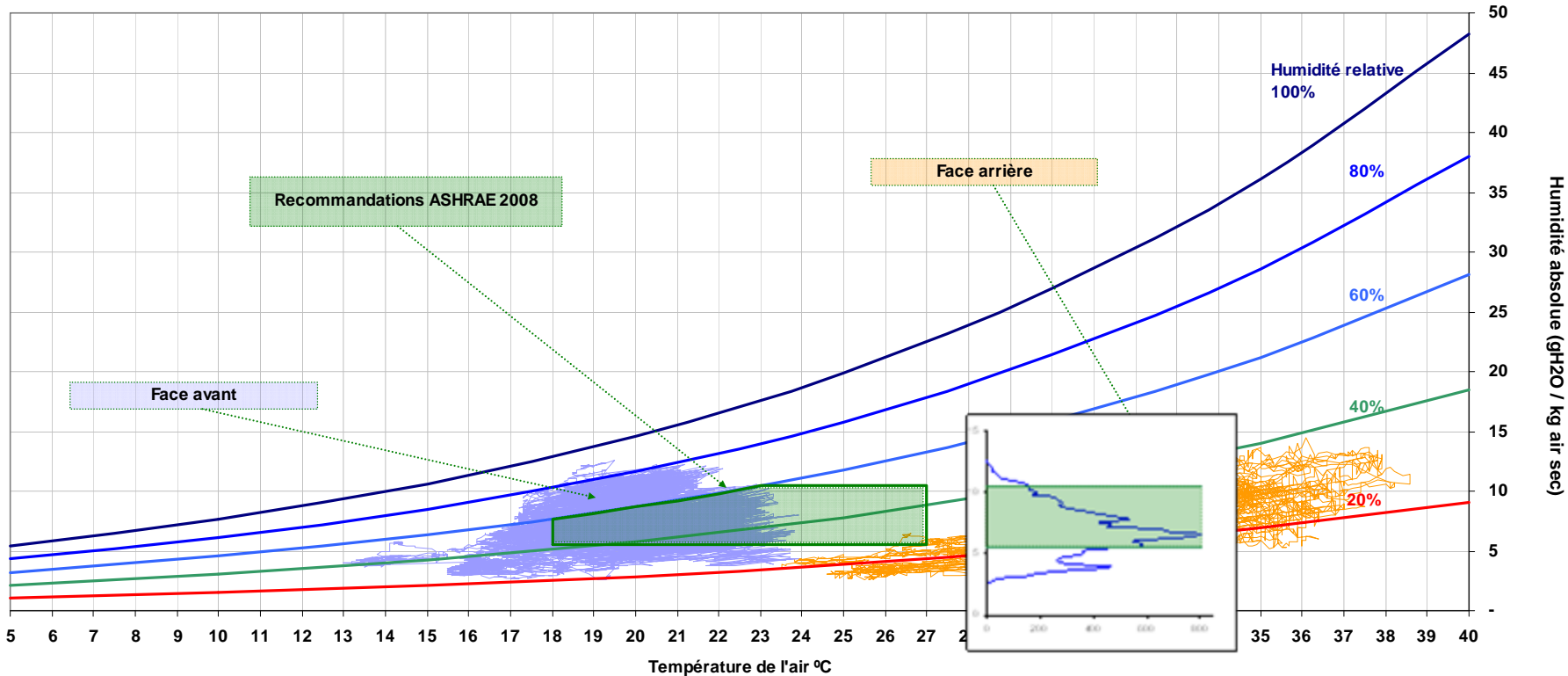
Mise à la terre soignée des baies et des serveurs
Plancher électrostatique mis à la terre



Température, hygrométrie

Valeurs mesurées / recommandations ASHRAE

Hygrométrie, données mesurées et recommandations ASHRAE



ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

29% des points hors des limites fixées par ASHRAE

26% du temps trop sec, 3% du temps trop humide

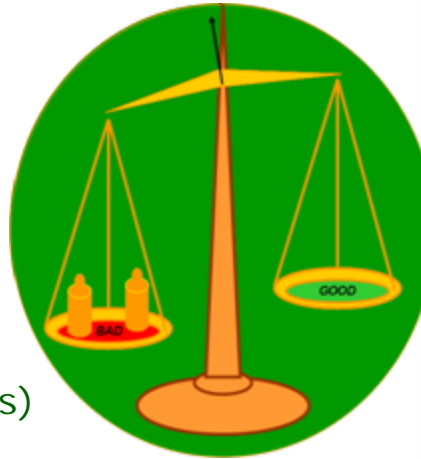
Si on veut respecter les recommandations ASHRAE

=> Surcoût pour humidifier ou assécher : environ 6KW pour 100KW installés

Constats

Serveurs plus *solides*
Renouvelés avant usure

Plus de support magnétique
(tels que des LTO sensibles
aux variations hygrométriques)



Recommandations constructeur

10° à 35°C
10° variation par heure
20 à 80% hygrométrie
10% variation par heure

Le livre blanc 2011 (*) de l'ASHRAE donne des recommandations beaucoup plus souples en fonction des classes de matériels opérés

Physical

Height	8.68 cm (3.41 inches)
Width	44.63 cm (17.57 inches)
Depth	60.20 cm (23.70 inches)
Weight (maximum configuration)	28.39 kg (62.6 lb)
Weight (empty)	8.84 kg (19.5 lb)

Environmental

NOTE: For additional information about environmental measurements for specific system configurations, see www.dell.com/environmental_datasheets.

Temperature

Operating 10° to 35°C (50° to 95°F) with a maximum temperature gradation of 10°C per hour

NOTE: For altitudes above 2950 feet, the maximum operating temperature is derated 1°F/550 ft.

Storage -40° to 65°C (-40° to 149°F) with a maximum temperature gradation of 20°C per hour

Relative humidity

Operating 20% to 80% (noncondensing) with a maximum humidity gradation of 10% per hour

Storage 5% to 95% (noncondensing)

Maximum vibration

Operating 0.25 G at 3–200 Hz for 15 min

Storage 0.5 G at 3–200 Hz for 15 min

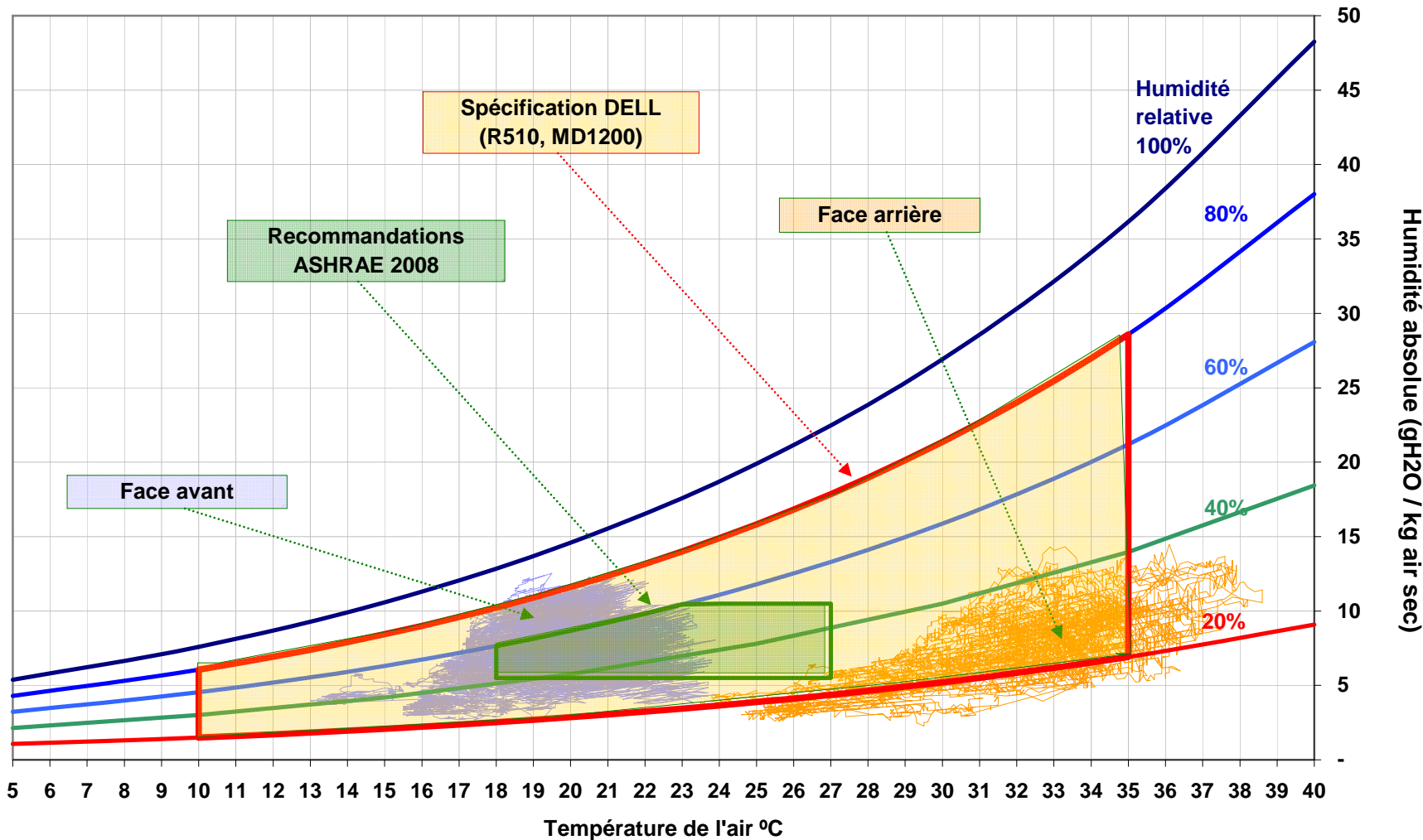
Maximum shock

Operating One shock pulse in the positive z axis (one pulse on each side of the system) of 31 G for 2.6 ms in the operational orientation

(*) ASRHAE Whitepaper – 2011 Thermal Guidelines for data processing Environments

Température, hygrométrie valeurs mesurées / recommandations constructeur

RISQUE / Qualité de l'environnement d'exploitation



Retour d'expérience de la mise en œuvre du free-cooling, risques et bénéfices



Bénéfices de la solution
Niveau de service et disponibilité
Coût de fonctionnement et impact écologique

En trois ans zéro arrêt de production lié à un problème de climatisation!

Ce n'est pas un hasard mais c'est directement lié à la robustesse du système

Au début du projet 2 mois (mars avril) sans ventilation ni groupe froid

Aout 2011 canalisation eau de nappe coupée par une pelleteuse

= > Pas d'impact sur la production!



Impact d'un problème sur le refroidissement

Température extérieure $\leq 25^{\circ}\text{C}$,
pas d'impact;

85% du temps

Température extérieure entre 25°C et
 35°C , impact faible

*À la limite des spécifications du
constructeur*

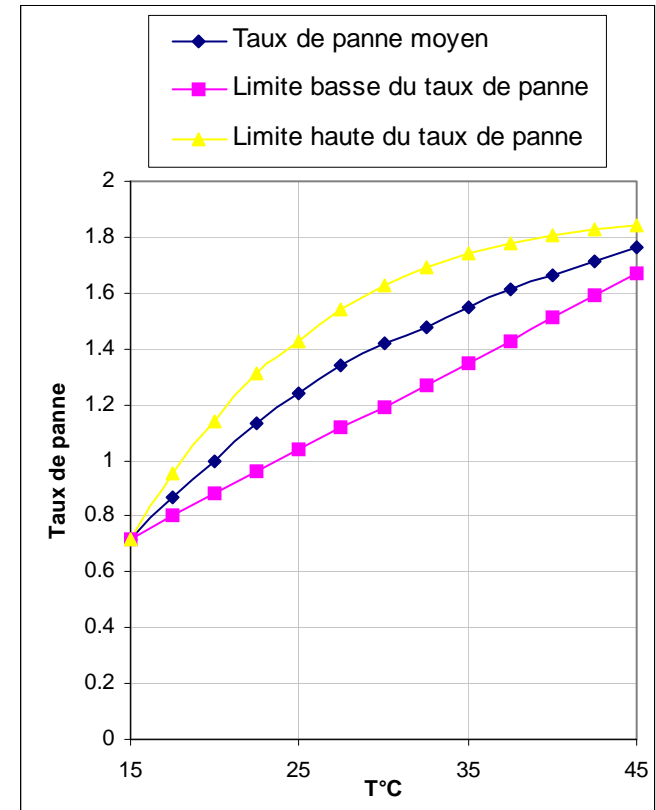
>14% du temps

Température extérieure $>35^{\circ}\text{C}$,
impact important

Hors spécification du constructeur

*Augmentation sensible du taux de
panne*

<1% du temps



Taux de panne moyen en fonction de la température
de fonctionnement des serveurs

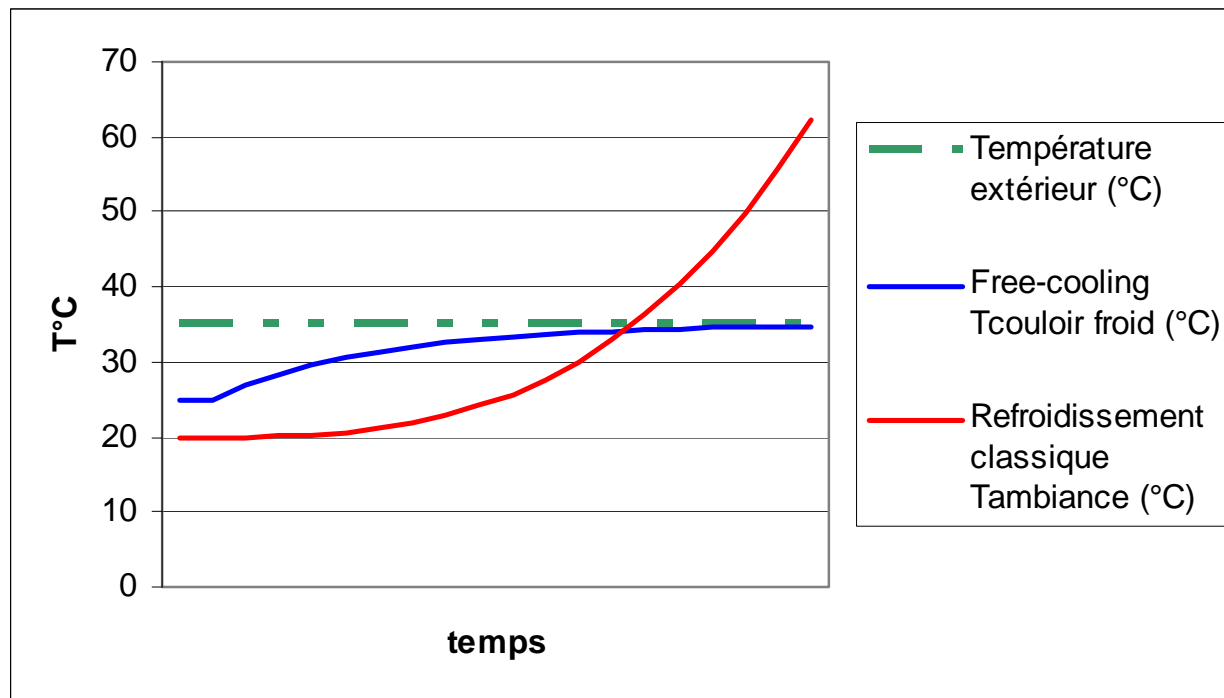
Source ASRHAE Whitepaper –
2011 Thermal Guidelines for data processing Environments

Bénéfice en disponibilité

Impacts comparés d'un incident free-cooling et classique

Circuit ouvert (free-cooling à air direct) la température du couloir froid monte jusqu'à atteindre la température extérieure

Circuit fermé (refroidissement classique) la température monte de façon exponentielle



Free-cooling/climatisation classique : Evolution comparée de la température en cas d'arrêt de la climatisation

Bénéfice en disponibilité

Ventilation

100 % du temps

2 kW (débit 16 000 m³/h pour 60kW installés)

Pompage

Nécessaire en mode free-cooling Eau – Air

15% du temps

3kW (débit 20m³/h en pointe, 10m³/h en moyenne)

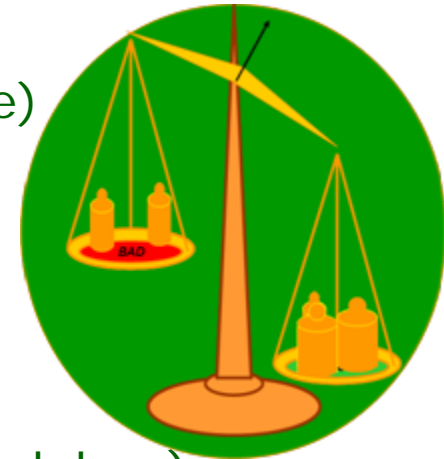
Consommation moyenne

2 kW x 100% + 3 kW x 15% = 2.45 kW

Consommation actuelle des serveurs 60kW

Impact sur le PUE (*Power Usage Effectiveness*)

$PUE = (60 + 2.45) / 60 = 1.04$ (hors rendement onduleur)



Le refroidissement représente seulement 4% de la consommation des serveurs!

Spécifications constructeur beaucoup moins contraignantes que dans le passé

- => utilisation systématique de composants grand public
- => tendance irréversible car liée au coût d'investissement amortissable sur des très grandes séries

Fiabilité du free-cooling à air direct

simplicité des composants

réduction de la fenêtre temporelle ou les pannes ont un impact

Bénéfices en termes économiques et éco-responsable. baisse de 90% de la consommation de la climatisation,

Les risques liés à l'utilisation du free-cooling sont maîtrisables et méritent d'être assumés au regard des enjeux

La durée de vie d'un datacenter est importante, dans 10 ans les choix faits aujourd'hui doivent pouvoir être assumés