Datacentre pas « green », quelques pistes pour faire mieux

Green Computing, Montpellier, juillet 2013
boutherin@lpsc.in2p3.fr

Les enjeux

Un datacentre c'est quoi?

- Une baie = 40 à 80 serveurs, ou 240 disques
- Une baie, deux baies… 100 baies, 10 000 baies!

⇒ **Une puissance de traitement/stockage qui donne le vertige !**

Et ça consomme combien?

- Une (petite) baie = 12kW
- x 24 h x 365 j (8760)

Emissions globales des datacentres

- 2% des GES à l'échelle mondiale ⇔ aviation civile.
- En 2010 Google consommait à peu près 300MW(*)

⇔Soit une ville comme Marseille,
⇔Soit 150M€/an
⇔Soit aussi une tranche de réacteur nucléaire

⇒ **Une consommation électrique qui donne le vertige !**

(*) Etude de Jonathan Koomey spécialiste efficacité énergétique Sandford

Les enjeux suite

... et

- Google ne représente que 1% de la consommation électrique des datacentres dans le monde !

... et

- les datacentres ne représentent qu'un tiers de l'énergie nécessaire pour « le Web »,
- un autre tiers pour alimenter les réseaux
- un troisième pour les ordinateurs des internautes

... et

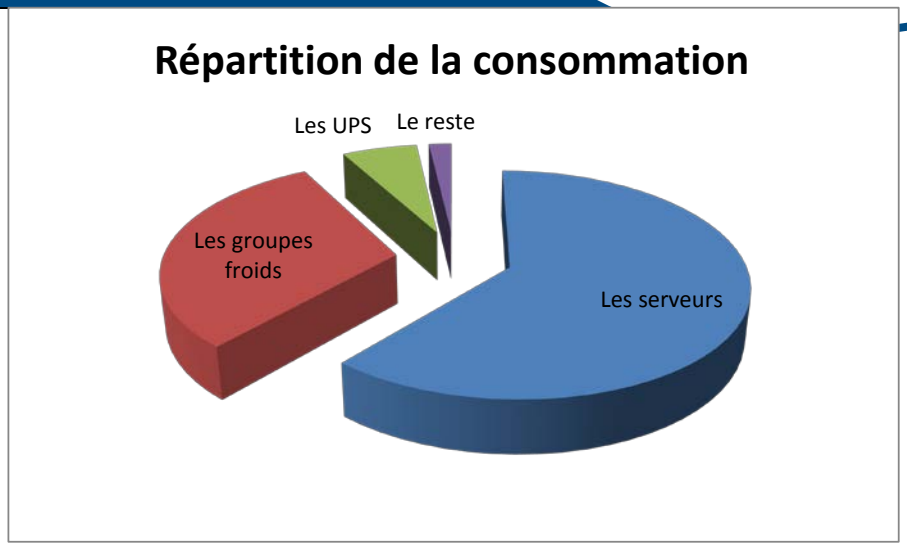
- un ordinateur de bureau nécessite 80 fois plus de CO_2 pour le fabriquer que pendant un an d'usage !

- Plus d'info sur ces aspects consulter le site d'écoinfo :
- http://www.ecoinfo.cnrs.fr

Qu'est-ce qui chauffe

Où va l'énergie

- Les serveurs
- Les groupes froids ☺
- Les UPS
- Le reste



Toute l'énergie est transformée en chaleur

Le PUE

- ratio entre l'énergie qui rentre dans le datacentre sur l'énergie qui va dans les serveurs
- Pour les très gros datacentres (Google, FAI) c'est un enjeu pour diminuer les couts d'exploitation
- Le PUE est mauvais quand l'installation est surdimensionnée.

  préférer la modularité pour permettre la croissance

Economiser sur la consommation des serveurs

Alimentations à haut rendement

- utilisées à la puissance nominale
- non surdimensionnées
- double alimentations?

=> Labellisation *Energy Star* qui englobe *80plus*

Paramètres	Charge à	80plus	Bronze	Argent	Or	Platinium	Titanium
Efficacité	10%	-	-	-	-	-	90%
	20%	80%	82%	85%	87%	90%	94%
	50%	80%	85%	88%	90%	94%	96%
	100%	80%	82%	85%	87%	91%	91%

Processeurs faible consommation

- Poste très important
- Utiliser le processeur à fond et en permanence
- Tendances d'évolution consommation des processeurs
  - Matériels la tendance suit celle du grand public, GPU puis ARM
  - Cloud

Modularité

L'efficience des systèmes de froid et UPS est meilleure à puissance nominale

- Ne pas sur dimensionner l'installation (même si on espère une forte croissance)
- Un groupe froid calculé pour refroidir 200kW sera médiocre pour refroidir 20kW (PUE>2), idem pour un UPS.

Préférer une installation modulaire

- Meilleure efficacité énergétique
- Permettra de suivre les évolutions
- Investissements échelonnés
- Redondance n+1
- Zonage par niveau de service, adaptation à minima au besoin « rightsizing »
- Pour les services qui l'exigent (et seulement pour eux)
  - UPS et redondances multiples
  - Températures régulée (batterie d'onduleurs)
  - Hygrométrie et températures maitrisées (supports magnétiques)

Onduleurs à accumulateur cinétique

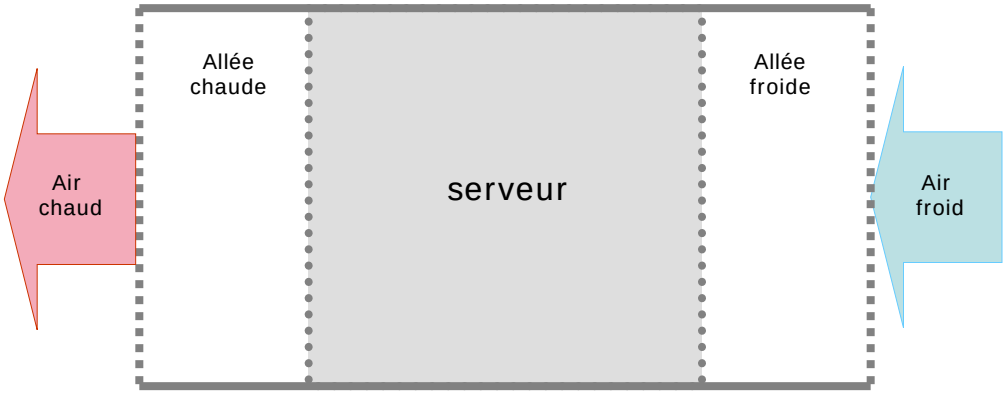
Principe

- l'énergie est stockée sous forme d'énergie cinétique dans une machine tournante
- $E = ½ J \omega^2$ avec pour un disque $J = ½ M r^2$
- A.N. un disque de 275kg lancé à 7000 t/mn stocke 5 MJ
- En pratique il pourra assurer une charge de 250kW pendant une quinzaine de secondes; le temps de démarrer un groupe électrogène.

Les avantages, les inconvénients

- Pas de batteries : au niveau éco responsabilité c'est un gros plus, pas non plus de recyclage des batteries
- Pas de contrainte de température en exploitation
- Meilleure disponibilité, meilleur rendement
- Plus cher (à l'achat), ne permet pas les autonomies longues

Cloisonner pour refroidir plus efficacement



Principe

- Le cloisonnement permet de séparer le couloir chaud et le couloir froid.
- L'air froid est aspiré en face avant dans le couloir froid
- L'air chaud est rejeté à l'arrière dans le couloir chaud

Energie évacuée dans les serveurs

- Q = M x C x DeltaT => P(W) = 0,34 . D(m^3/h) . DeltaT
- A débit d'air équivalent plus DeltaT augmente plus la puissance dissipée augmente

Cloisonnement

Augmenter le deltaT pour

- Améliorer l'efficacité du système de froid
- Brasser moins d'air
- Fonctionner dans de meilleures conditions (température plus basse en en face avant) avec la même puissance de froid

Maitriser les flux d'air pour

- Avoir une température homogène dans le couloir froid et éviter les points chauds

Techniques pour refroidir

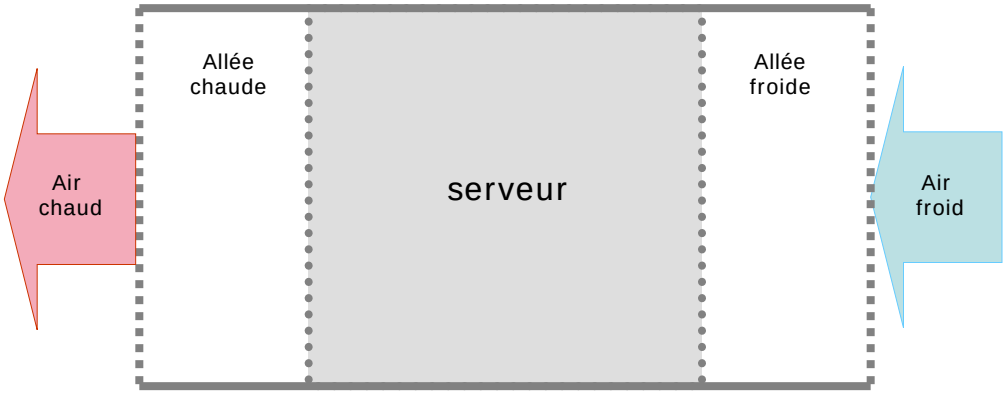
Refroidissement direct à air

Refroidissement direct à eau

Refroidissement par évaporation

Refroidissement par pompe à chaleur

Refroidissement direct à air



Principe

- L'air froid est aspiré à l'extérieur
- L'air chaud est rejeté à l'extérieur

Débit d'air nécessaire

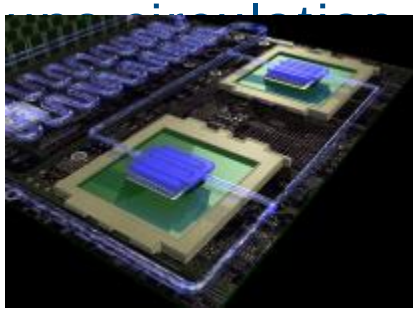
- Q = M x C x DeltaT => **AIR : P(W) = 0,34 . D(m^3/h) . DeltaT**
- Pour P = 100kW et DeltaT = 13°C, D = 23 000 m3/h

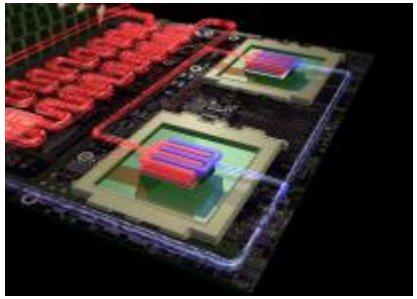
L'air direct permet d'atteindre des PUE << 1.1 (1.05 au LPSC)

Refroidissement direct à eau

Principe

- Les composants électroniques sont refroidis par une circulation d'eau.
- Plus besoin de ventilateur sur les cartes mère





Micro watercooling IBM

Intérêts

- Refroidissement plus efficace au plus près des sources
- Baisse des consommations -40%
- Fourniture d'eau chaude à une température exploitable pour chauffer ou pouvant être refroidie par simple échange avec de l'air extérieur (régime 55°C/65°C)

Débit d'eau nécessaire

- Débit (en m3/h) eau pour refroidir une puissance IT de 100kW?
- Q=M.C.DeltaT Eau : P(W) = 1161 . D(m^3/h) . DeltaT
- Pour P = 100kW et DeltaT=10°C, D = 10 m3/h

Refroidissement adiabatique (par évaporation d'eau)

Mélange eau plus glace et chaleur latente de fusion

- Température 0°C
- On chauffe : la glace fond mais la température reste à 0°C
  - L'énergie fournie est utilisée pour faire changer l'eau d'état (solide vers liquide) pas pour élever sa température
  - L'énergie nécessaire pour faire changer d'état est appelée chaleur latente
    - Chaleur latente de fusion de la glace : $L_{F\text{-}eau}$ = 352 10^3 J/kg à 0°C
    - Chaleur latente de vaporisation de l'eau : $L_{V\text{-}eau}$ =2256 10^3 J/kg à 100°C

Débit pour refroidir 100kW par évaporation

- Q = LVeau * M

=> P(W) = 626 000 x D (m3/h)

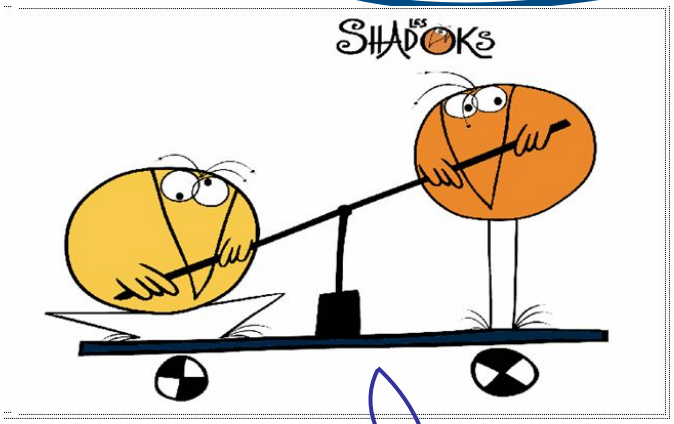
- Pour 100kW il suffit d'un débit de

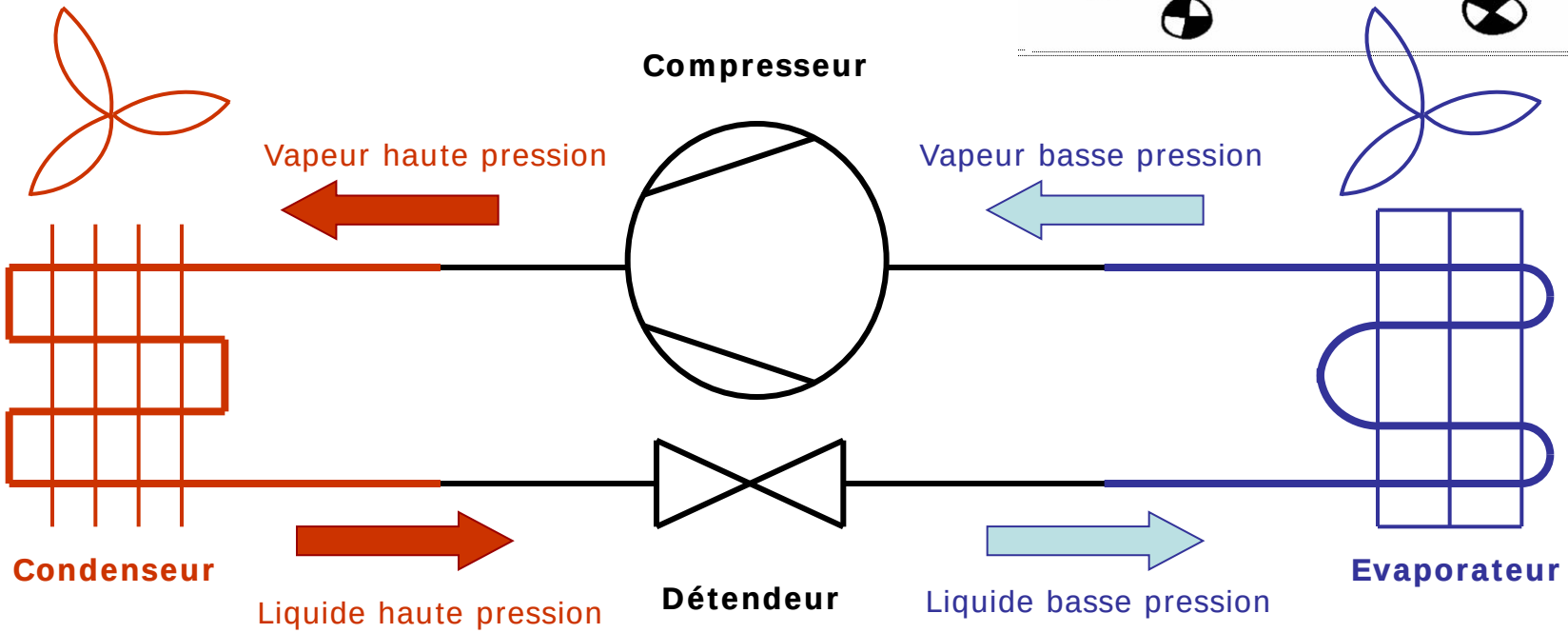
D = 160 litres/h!

Climatisation par pompe à chaleur

Principes de base

- L'évaporation produit du froid
- La condensation produit de la chaleur





Pompe à chaleur

Rendement COP

- La pompe à chaleur pompe des calories dans la salle informatique pour les restituer à l'extérieur.
- La puissance électrique du compresseur et des ventilateurs est en principe inférieure à la puissance thermique évacuée.
- Le « rendement » d'une pompe à chaleur est supérieur à 1
- On parle de coefficient de performance COP au lieu de rendement

- COP pratiques
  - Une étude sur les COP_chauffage donne des valeurs entre 1,5 et 4 avec une moyenne à 2,5!
  - Pour le chauffage les pertes d'énergie contribuent au chauffage, c'est moins favorable en refroidissement
  - Même s'il fait beaucoup plus froid dehors que dans votre salle info le compresseur consomme de l'énergie. Sauf si…

Pompe à chaleur

Mode free-cooling sur un groupe froid classique

- Eau glacée comme liquide caloporteur, possibilité de free-cooling en hiver si le régime d'eau glacée est bien choisi.

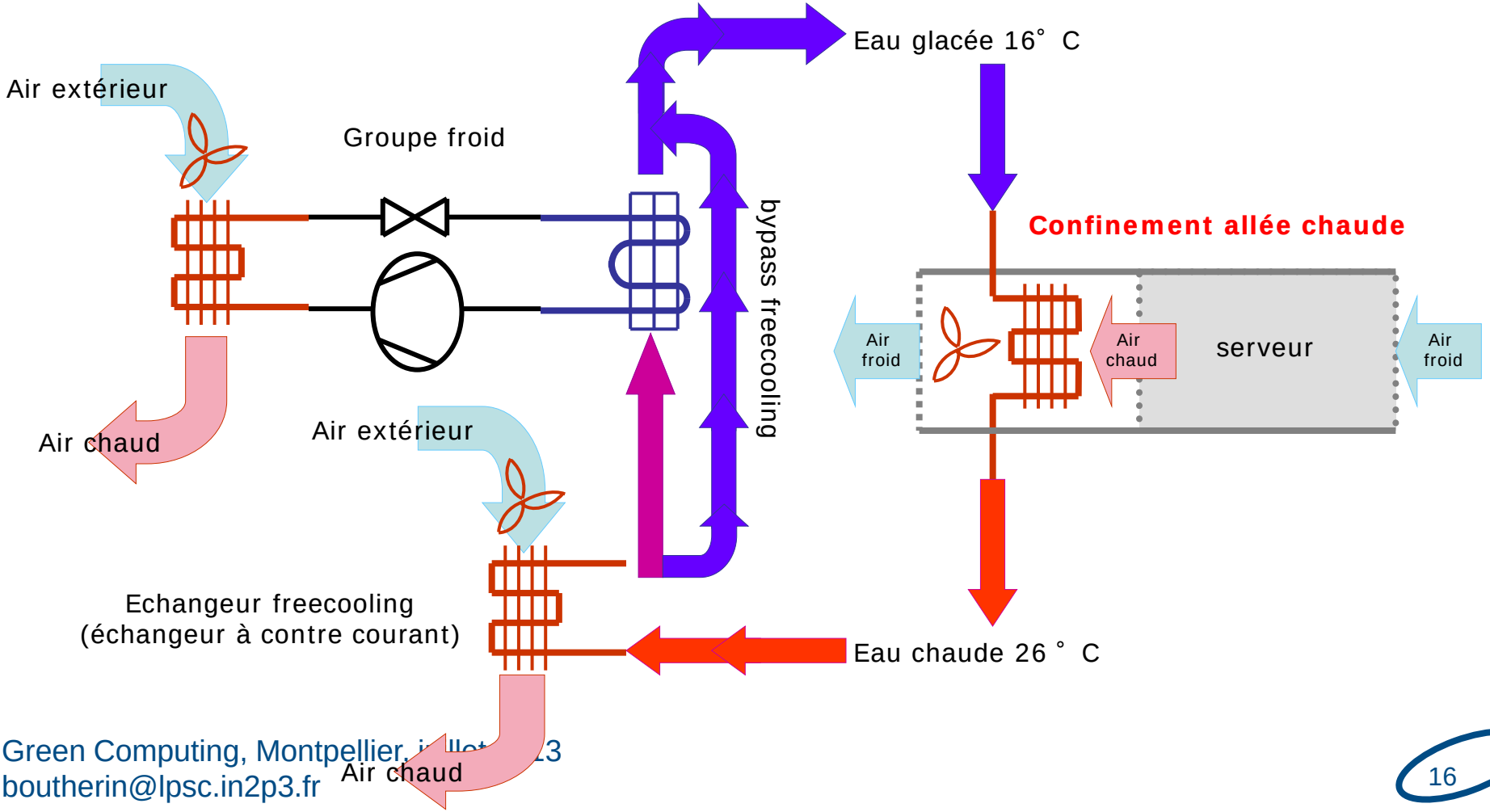


Diagramme psychrométrique

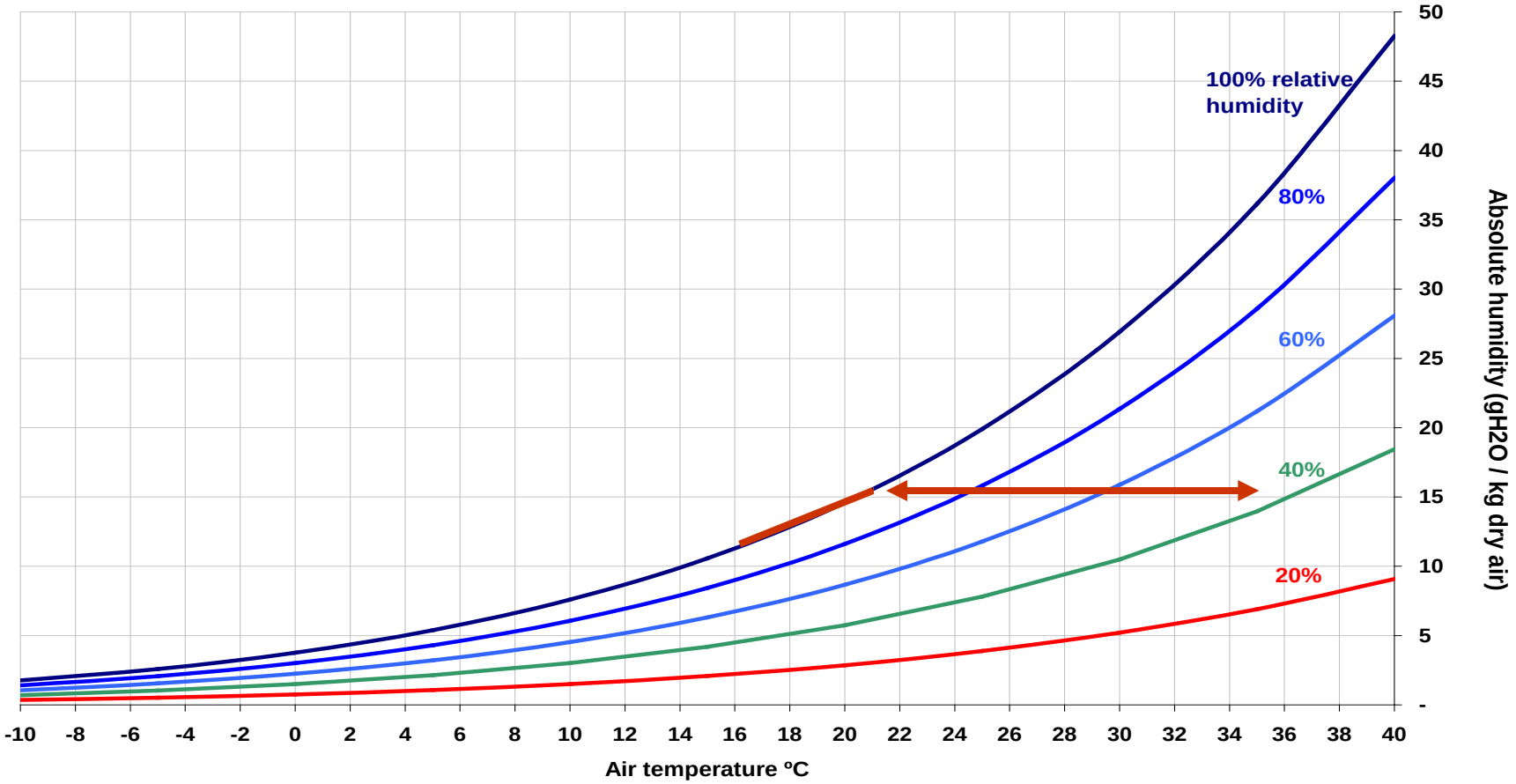


Diagramme psychrométrique et recommandation ASHRAE

American society of heating refrigerating and air conditioning engineer

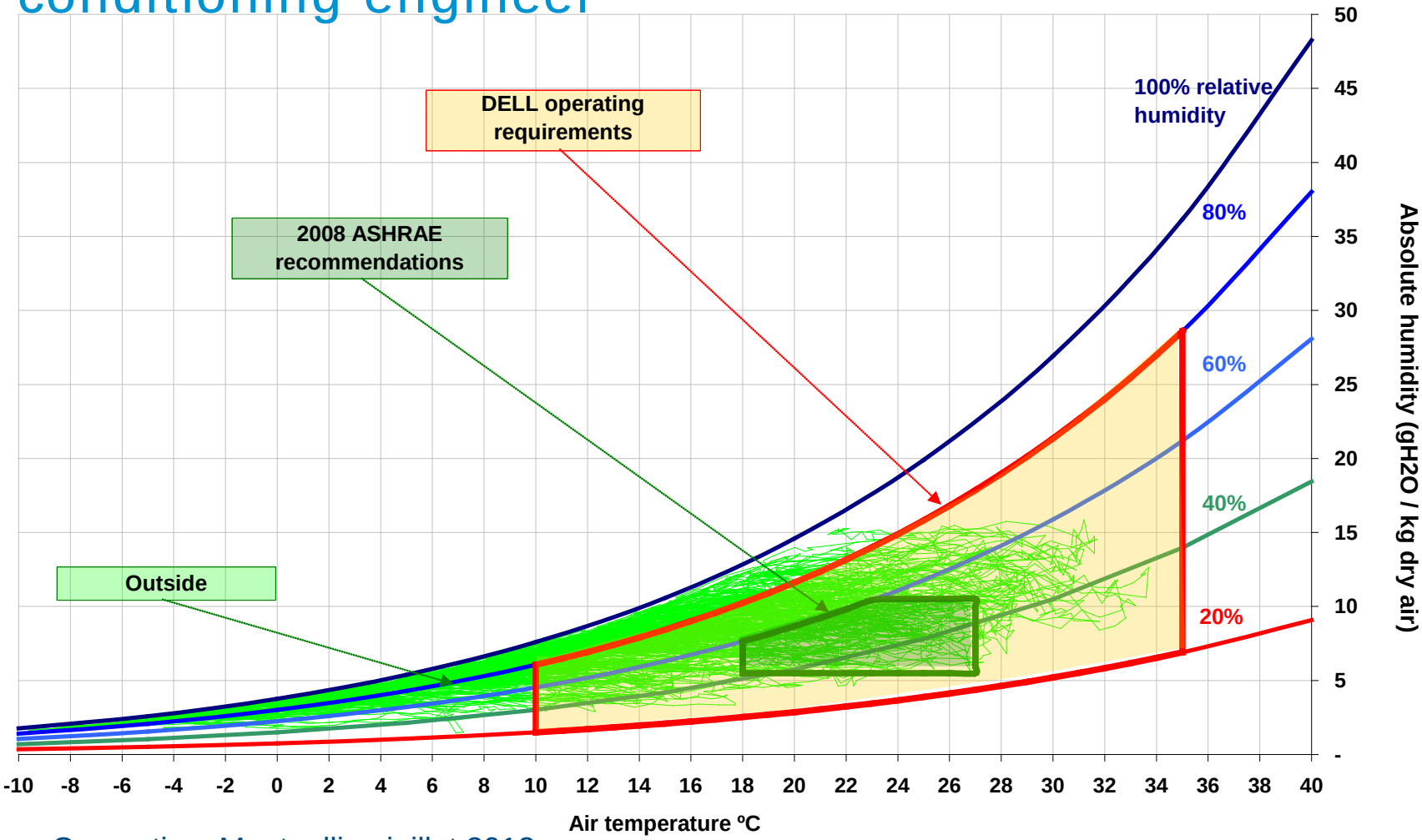
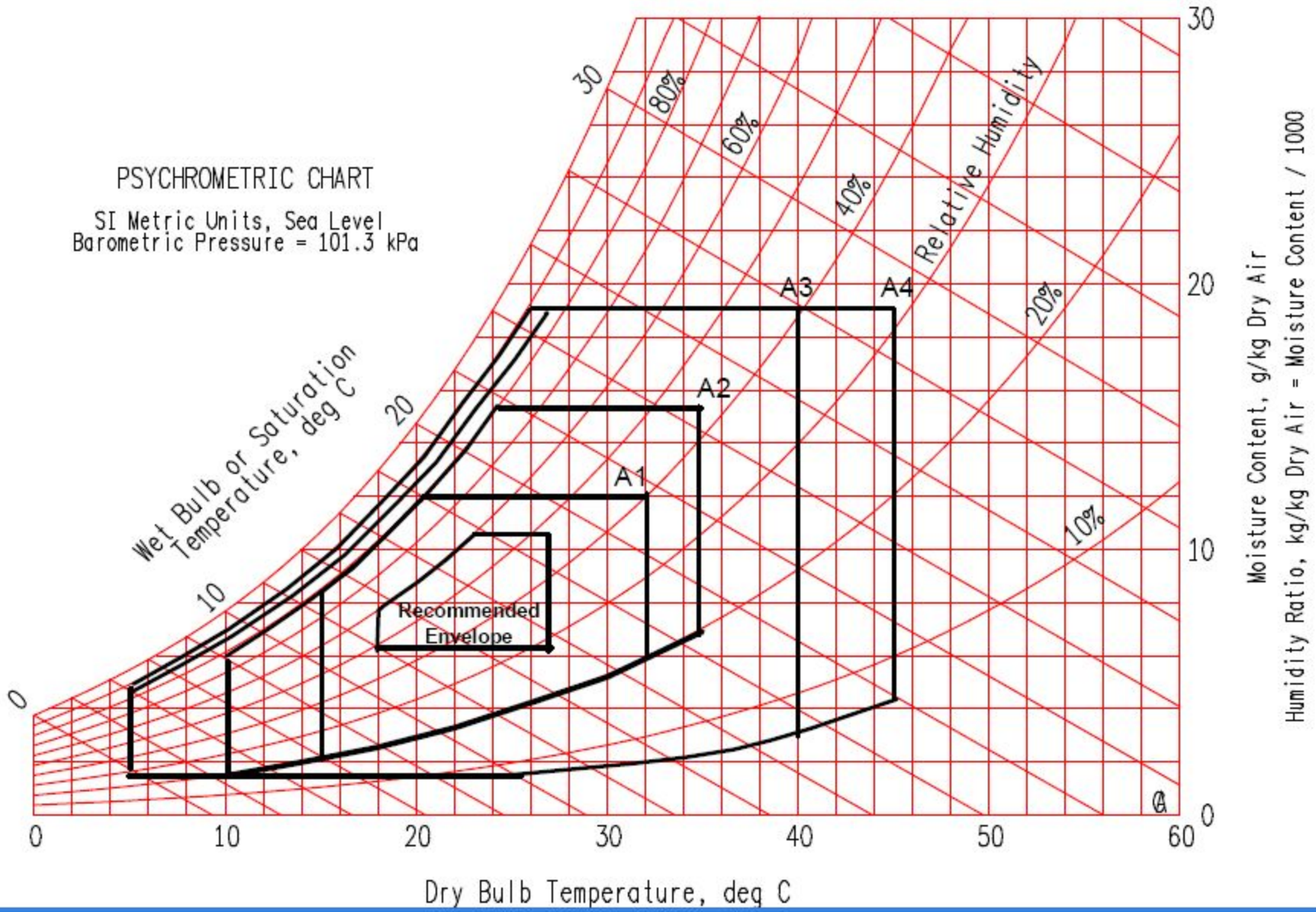


Diagramme psychrométrique et recommandations ASHRAE



Conclusion

Sur les techniques de froid

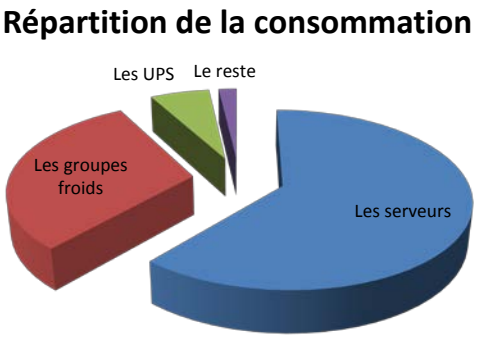
- Les serveurs actuels peuvent supporter des conditions très larges en température et en humidité
- Il faut sortir de l'enveloppe recommandée en 2008 par l'ASHRAE pour utiliser largement la plage de spécification des constructeurs ou des classes de matériels
- L'avenir est de ne pas dépenser pour refroidir!

Autres points d'amélioration du PUE

- Modularité de l'installation

zones par classe de matériels

- Cloisonnement et maitrise des flux



L'amélioration du PUE n'est pas tout : il y a beaucoup à gagner sur l'amélioration de l'efficacité des services

boutherin@lpsc.in2p3.fr

Extra slides

Risque / Hygrométrie

Dans quel contexte l'hygrométrie est-elle basse?

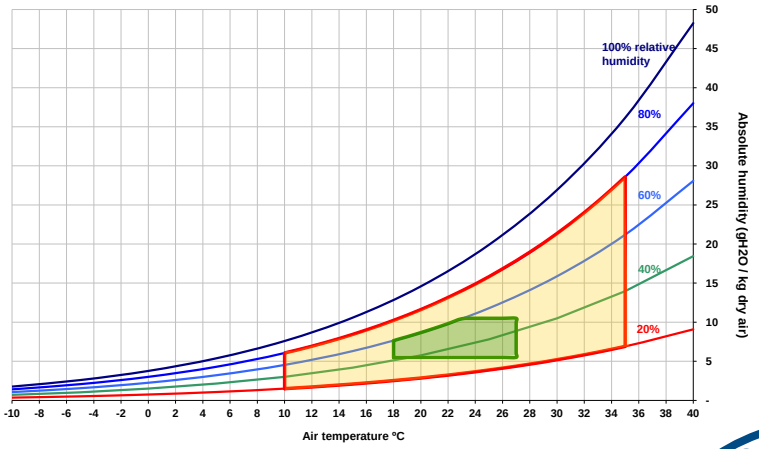
- En période hivernale l'air extérieur est froid et sec
- Quand il traverse les serveurs sa température s'élève et son hygrométrie diminue.
- Son hygrométrie baisse également sous l'effet du recyclage d'une partie de l'air chaud.

Quels problème pose une faible hygrométrie?

- Risque électrostatique
- Peut provoquer des reboot intempestifs, la détérioration du matériel par décharge électrostatique
- Refroidissement moins efficace

Actions possibles

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

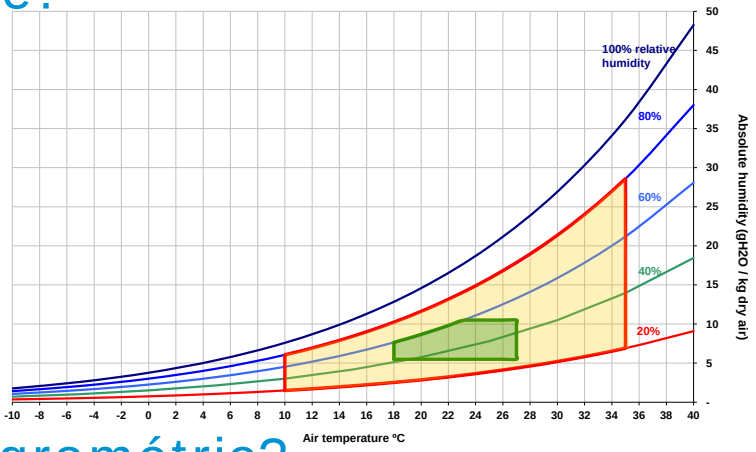


Alain Boutherin, LPSC
boutherin@lpsc.in2p3.fr

Risque / Hygrométrie

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
- L'air peut atteindre la saturation au niveau du système de refroidissement



Quels problèmes peut poser une forte hygrométrie?

- Risque d'oxydation des matériels
- Risque de condensation s'il y a des points froids (en particulier au niveau du système de refroidissement) ou des variations rapide de température
- Quand l'air traverse les serveurs sa température s'élève et son hygrométrie baisse.

Quelles actions?

⇒ Obligatoirement récupérer les condensats sur l'échangeur

⇒ Maitriser les flux et le cloisonnement pour éviter les points froids

ASHRAE Classes de matériels

New Environmental Class Definitions

Compliance with a particular environmental class requires full operation of the equipment over the entire allowable environmental range, based on non-failure conditions.

Class A1: Typically a data center with tightly controlled environmental parameters (dew point, temperature, and relative humidity) and mission critical operations; types of products typically designed for this environment are enterprise servers and storage products.

Class A2: Typically an information technology space or office or lab environment with some control of environmental parameters (dew point, temperature, and relative humidity); types of products typically designed for this environment are volume servers, storage products, personal computers, and workstations.

Class A3/A4: Typically an information technology space or office or lab environment with some control of environmental parameters (dew point, temperature, and relative humidity); types of products typically designed for this environment are volume servers, storage products, personal computers, and workstations.

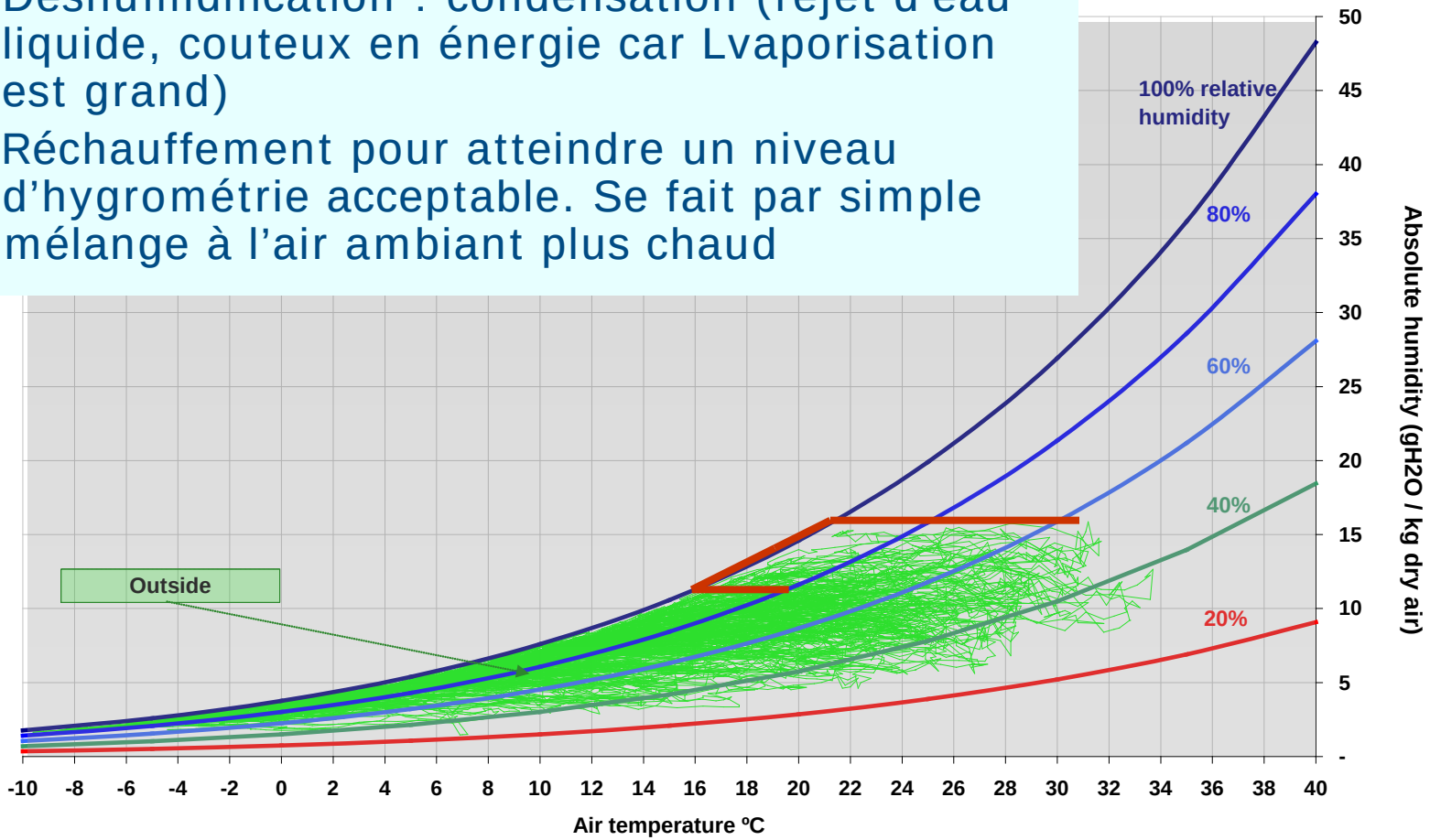
Class B: Typically an office, home, or transportable environment with minimal control of environmental parameters (temperature only); types of products typically designed for this environment are personal computers, workstations, laptops, and printers.

Class C: Typically a point-of-sale or light industrial or factory environment with weather protection, sufficient winter heating and ventilation; types of products typically designed for this environment are point-of-sale equipment, ruggedized controllers, or computers and PDAs.

Pompe à chaleur

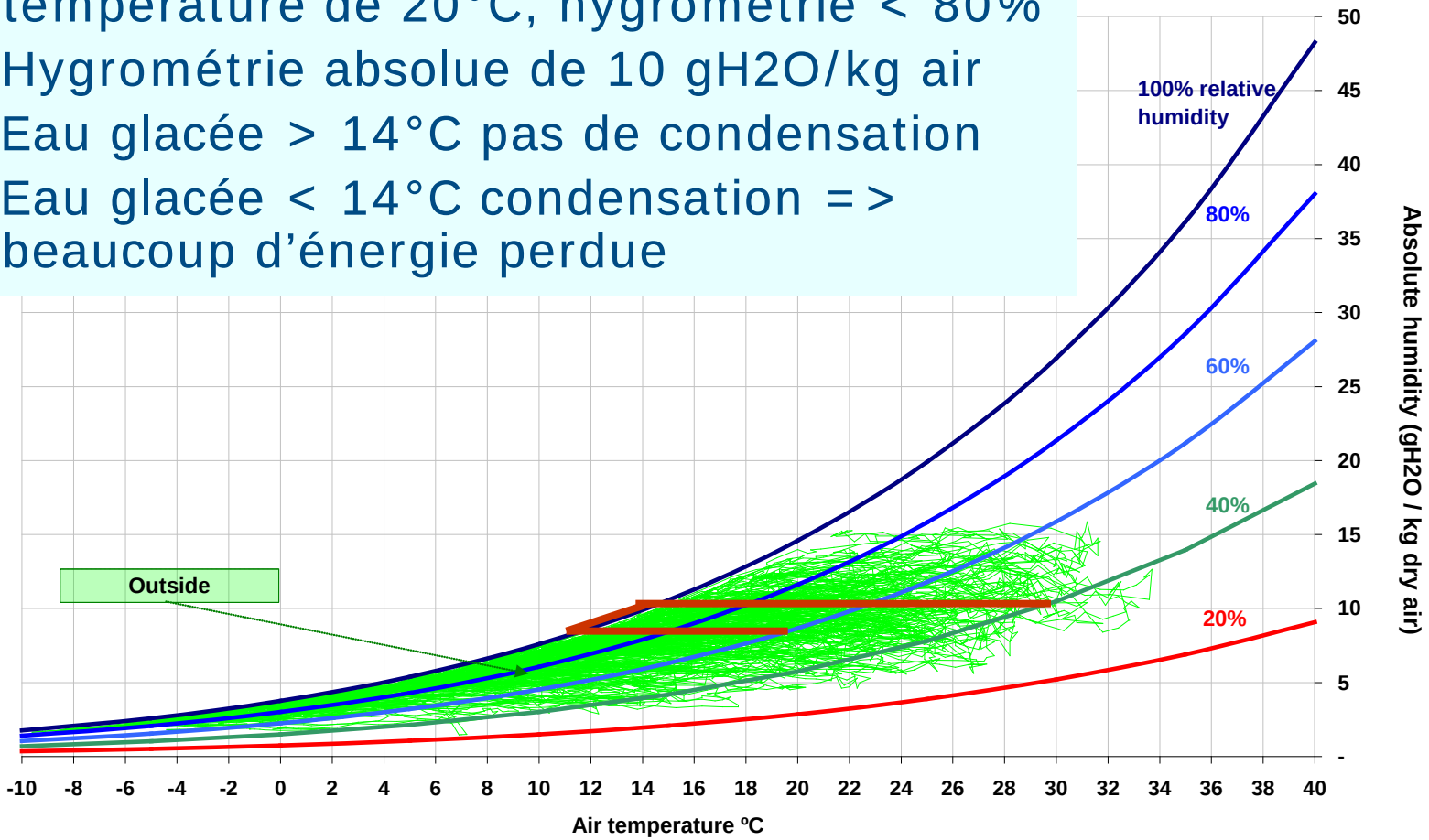
Température et hygrométrie

- Refroidissement jusqu'à la saturation
- Déshumidification : condensation (rejet d'eau liquide, couteux en énergie car Lvaporisation est grand)
- Réchauffement pour atteindre un niveau d'hygrométrie acceptable. Se fait par simple mélange à l'air ambiant plus chaud

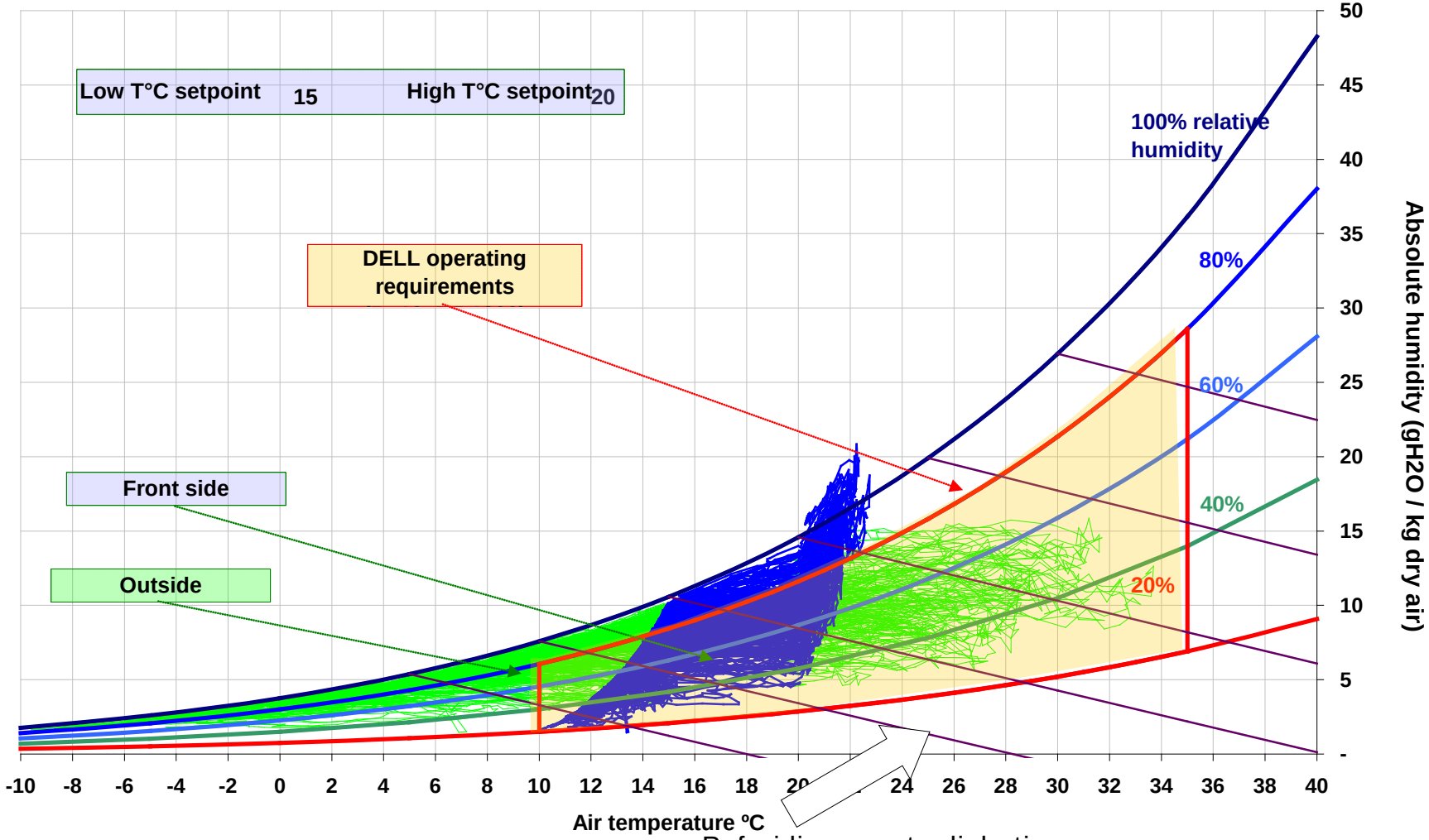


Bien choisir les régimes d'eau glacée

- Plusieurs façons d'arriver à une température de 20°C, hygrométrie < 80%
  Hygrométrie absolue de 10 gH2O/kg air
- Eau glacée > 14°C pas de condensation
- Eau glacée < 14°C condensation => beaucoup d'énergie perdue



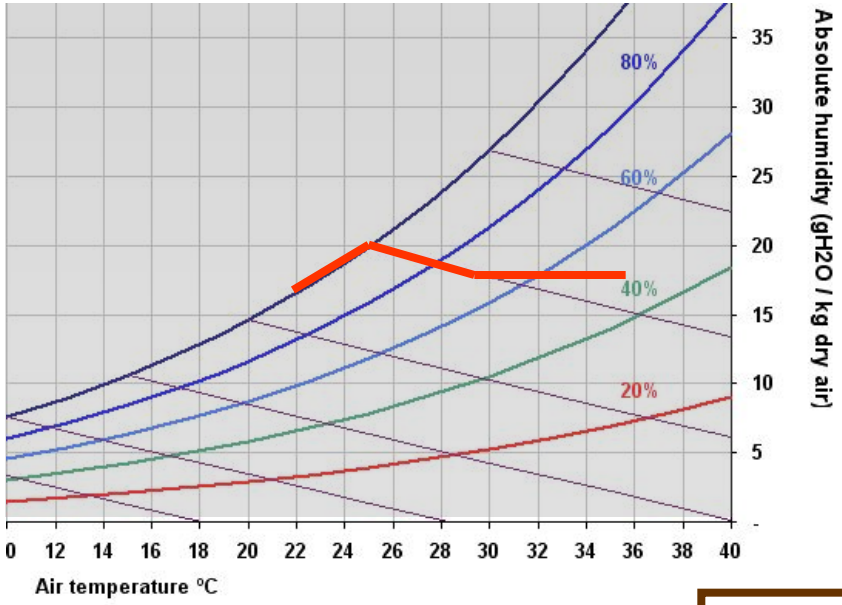
Refroidissement direct par évaporation



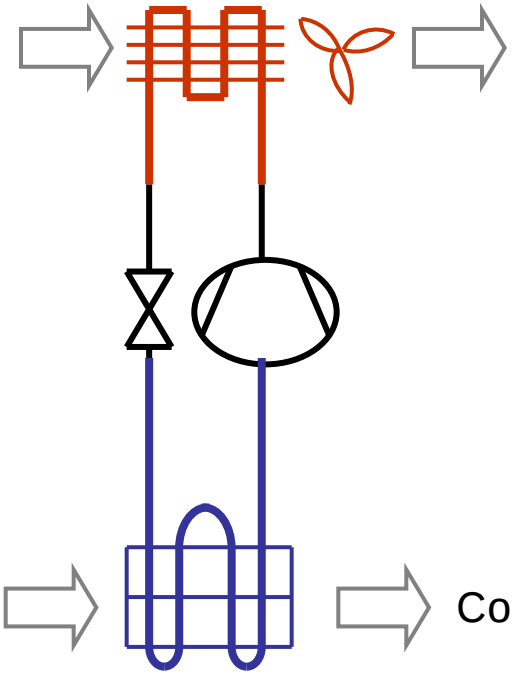
Refroidissement adiabatique

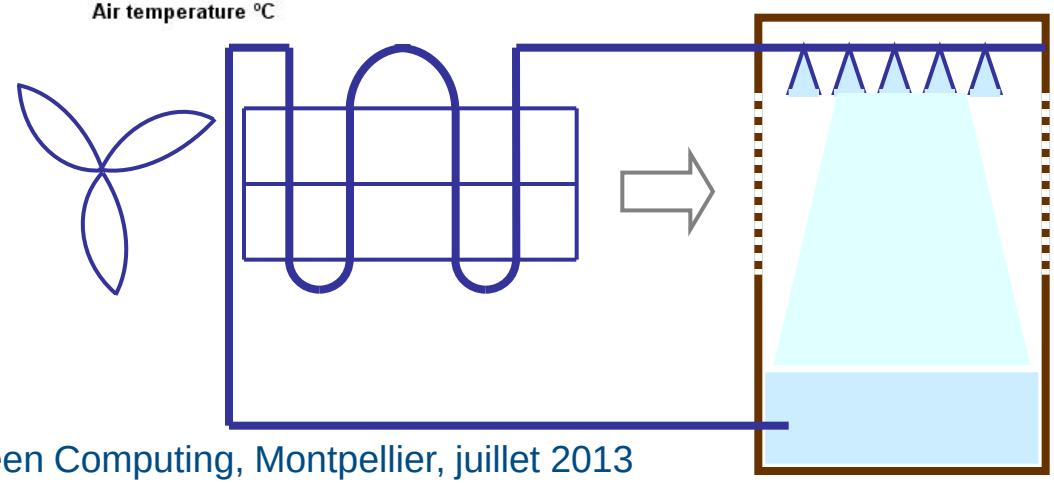
Refroidissement par évaporation à trois étages

Ou la combinaison des techniques



Circuit d'air secondaire



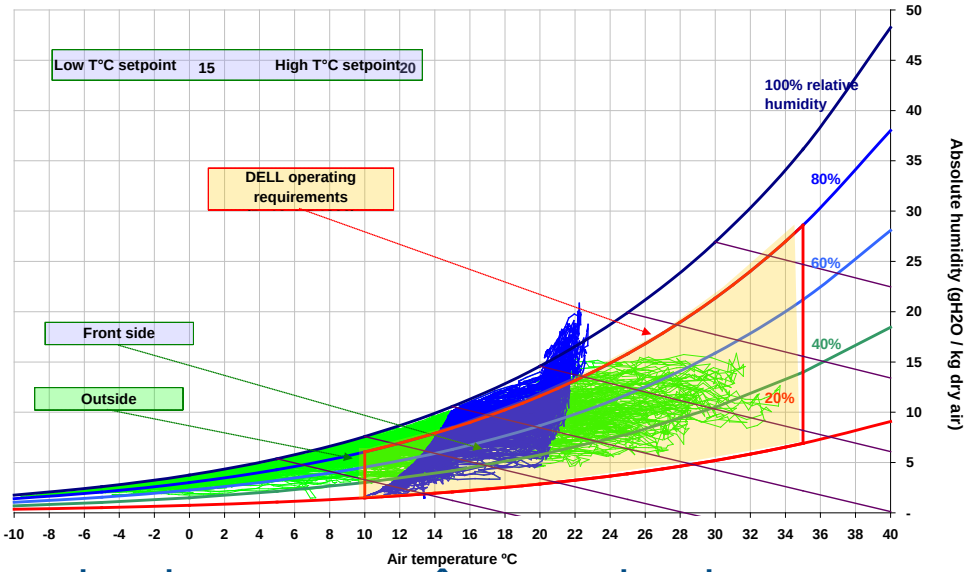


Couloir froid

Refroidissement par évaporation à trois étages

Gain en fonctionnement

- Dans la plupart des cas le froid pourra être produit par les deux premiers étages, le troisième étage n'étant utilisé que quand l'air est chaud ET humide
- Sur le graphe ce sont les points qui dépassent les 100% d'hygrométrie



Gain en investissement

- Le dimensionnement de la climatisation pourra être moins important car elle ne fournit qu'une partie de la puissance de froid.

Référence

- « Experimental Evaluation of One, Two, and Three Stage Evaporative Cooling Systems » Faisal Al-Juwayhel Heat Transfert Engineering, 25(6): 72-86, 2004