



Environnement des serveurs : datacentres

Françoise Berthoud

Alger, 12 septembre 2011

Objectif

- Fournir les éléments de compréhension pour appréhender les aspects conceptuels et techniques d'un datacentre,
 - en réponse aux **besoins** et
 - par rapport aux **enjeux environnementaux, financiers et législatifs**

Questions par sous groupe

- 3 questions par postit par sous groupe (10 min)
- Exposées

1^{ère} partie :

Les questions à se poser avant de débuter la mise en place d'un datacentre !

A quoi sert un « datacentre » ?

- A assurer un fonctionnement optimal des services (services généraux, calcul, stockage), en fonction :
 - Des besoins
 - Des contraintes
 - Des risques à couvrir

Spécification des besoins

- Importance de la connaissance de l'utilisation finale des serveurs
- Types de services et niveaux de criticité
- Éléments capacitaires (consommation effective totale)
- Éléments de disponibilité (fréquence, durée d'interruption tolérées)

Quels risques souhaitez-vous couvrir ?

- Sécurité physique (intrusion) : salle, rack, etc.
- Incendie, inondation, autres
- Coupure réseau électrique (connaissance réseau électrique)
- Coupure réseau internet
- Surchauffe salle serveurs
- Pollution sonore



Cas concret

2^{ème} partie :

Unités / indicateurs / Tiers

Conditions de fonctionnement
des serveurs

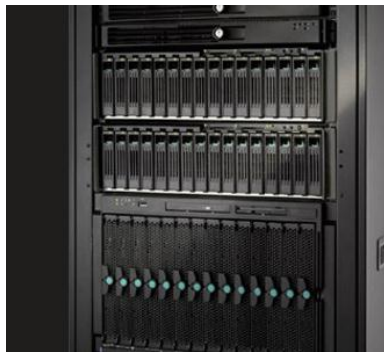
Quels sont les éléments d'un « datacentre » : unités



Un disjoncteur est calibré en **Ampères (A)**



Un groupe électrogène développe des **kW**



Un serveur utilise des **Watts (W)**



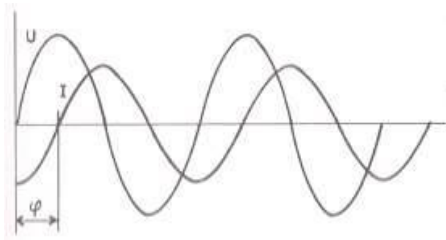
Un groupe froid délivre des **kW**



Un onduleur exprime une puissance en **KVA**

W, KVA, $\cos \Phi$

- Les éléments capacitifs ou inductifs introduisent un déphasage Φ entre le courant (A) et la tension (U)



$$P = U \times I \cos \Phi$$

$$\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampère} \times 0, \dots$$

- Dans les salles informatiques le déphasage est essentiellement inductif (bobines)

Si Φ est important ($\cos \Phi$ est petit) alors pour une même puissance (serveurs) il faut fournir plus d'Ampères (arrivée électrique/onduleur) → surconsommation → risque de disjonction

- Un mauvais $\cos \Phi$ est pénalisé par le fournisseur d'énergie

Notion de puissance active et réactive

Petit rappel : Kw - kwh

Un serveur d'une puissance de 0,400 kW,
consommara si il est allumé toute l'année
(en Algérie) :

$$0,400 * 24 * 365 = 3504 \text{ KWh}$$

$$\text{Soit } 3504 * 1,4 \text{ DA} = 4905 \text{ DA / an (hors frais d'abonnement)}$$

Quelques chiffres

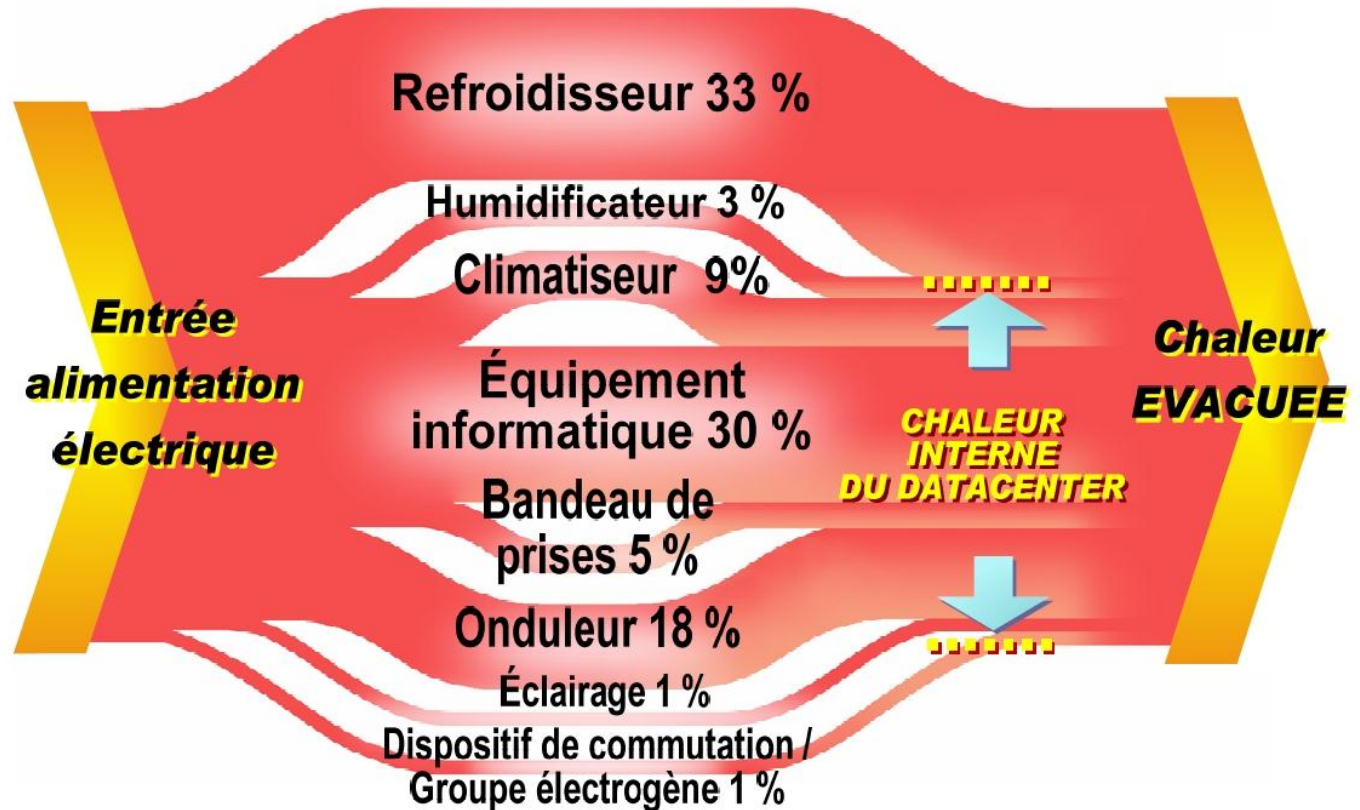
- 2008 :
 - consommation d'électricité mondiale : 17000 Twh
 - Consommation datacentres : 900 Twh (5%)
- Croissance prévue dans les 10 prochaines années
 - 30 fois plus de données (dont 90% non structurées)
 - 1000 fois plus de serveurs
 - Haute densité (>10 kW/rack) dans tous les DC
(cluster de calcul : environ 20 kW/rack, baie de serveurs web : de l'ordre de 5 kW/rack)

Aspects consommation électrique

- Aspects environnementaux (GES)
 - Aujourd'hui >2% GES (autant que l'aviation civile) en forte croissance
 - **Nous devons réduire nos GES d'un facteur 4 d'ici 2050 [EU] ...**

Aspects consommation électrique (exemple)

1 W (IT)
→
> 2 W
énergie
→
> 4 W
énergie
primaire



Aspects consommation électrique : aspects financiers

- Aujourd'hui en France les coûts de fonctionnement d'un serveur (énergie) sont supérieurs au coût d'achat de l'équipement !
 - ➔ Important facteur d'économie
- Augmentation du coût de l'énergie

Qu'en est il pour vous ?

Aspects consommation électrique (exemple)

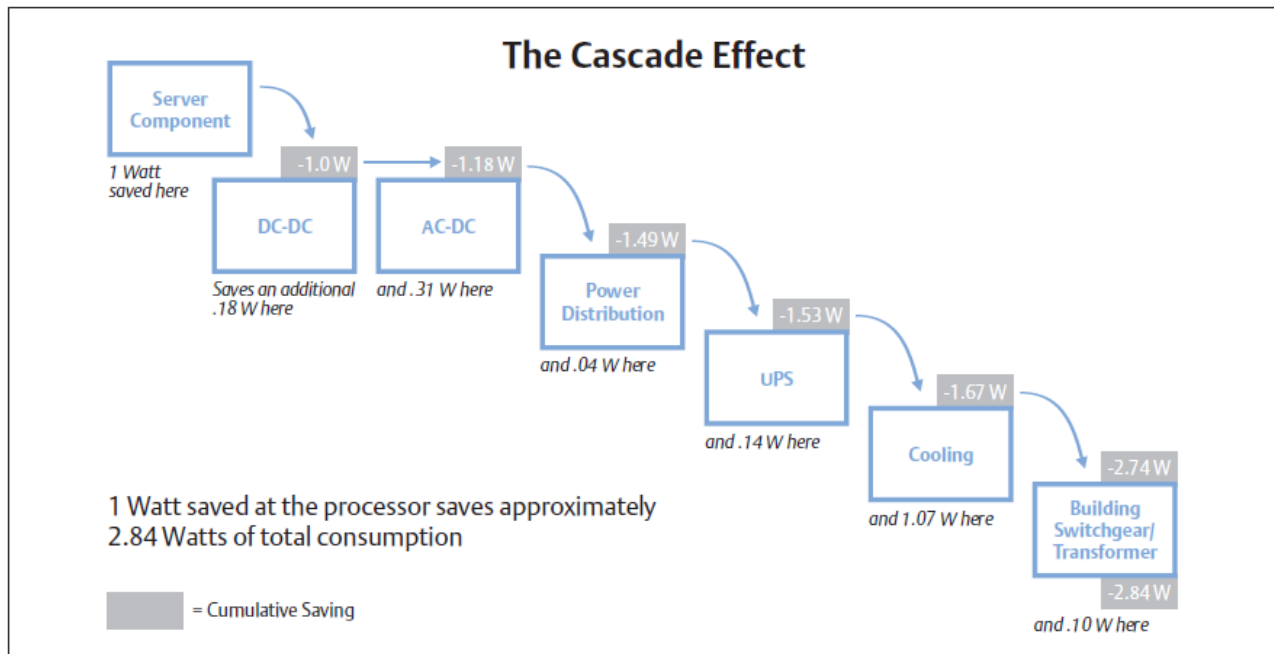


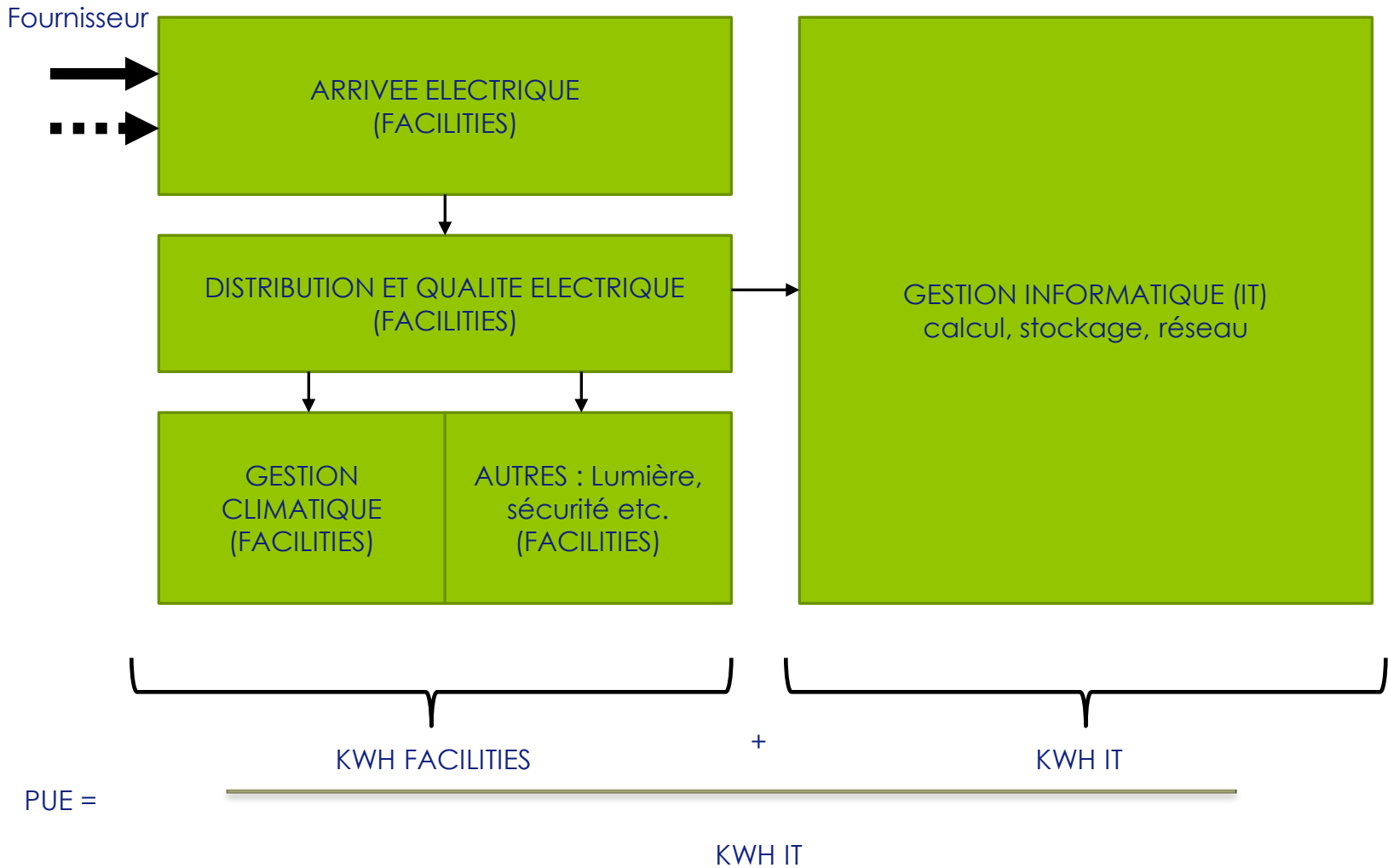
Figure 2. With the Cascade Effect, a 1 Watt savings at the server component level creates a reduction in facility energy consumption of approximately 2.84 Watts.

Source : Etude Emerson [*"Energy Logic : Reducing Data Center Energy Consumption by Creating Savings that Cascade Across Systems"*](#)

Aspects consommation électrique

- Mesures (monitoring)
 - PDA intelligents
 - Châssis, rack intelligents
 - Compteurs armoire électrique
 - Voltmètres / ampèremètres
 - Caméras thermiques
 - Utilisation de l'ipmi des serveurs etc.

PUE = Power Utilization Effectiveness (1/DCiE)



PUE(s)

	PUE Category 0	PUE Category 1	PUE Category 2	PUE Category 3
Point de mesure IT	Sortie des UPS	Sortie des UPS	Sortie des PDU	Entrée des serveurs
Définition de l'énergie IT	Demande électrique ponctuelle (IT) (kW)	Energie IT annuelle	Energie IT annuelle	Energie IT annuelle
Définition de l'énergie totale	Demande électrique totale ponctuelle (kW)	Energie totale annuelle	Energie totale annuelle	Energie totale annuelle

Indicateurs

- Limites du PUE (annualisé, énergies renouvelables, réutilisation chaleur et surtout PUE ↓ si E_{IT} ↑ (même si les serveurs tournent à vide)



- $CUE_{(CO2/KWh IT)} = [Empreinte (KWh EDF) + Empreinte (KWh GE) - Empreinte (E photovoltaïque)] / KWh IT$
- $WUE_{(L/KWh IT)} = Quantité annuelle d'eau utilisée / KWh IT$
- ERE : équivalent au PUE mais tient compte de l'énergie récupérée
- DCP (Data Center Productivity) = useful works/ Resource Consumed

Points supplémentaires

- Du datacentre à l'infrastructure de datacentre (disponibilité assurée par une redondance de services dans des salles distantes)
- Attention à l'alimentation secourue du groupe froid (surtout avec les hautes densité)
- Pensez aux dispositifs d'extinction automatique des serveurs en cas de surchauffe

Réponses constructeurs

- Calés sur des standards par forcément adaptés à votre problématiques, vos besoins (en particulier par rapport au calcul)
- Niveaux de disponibilité classés en « tiers »

Obligations standards par Tier selon UPTIME INSTITUTE	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Sources de puissance (GE, UPS, prod. de froid...)	<i>1 système</i>	<i>1 système</i>	<i>1 système mutualisé</i>	<i>1 système + 1 système</i>
Redondance des composants de chaque système	<i>N</i>	<i>N+1</i>	<i>N+1</i>	<i>N après panne</i>
desserte ou chaîne de distribution	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1 normal + 1 alternatif en veille</i>	<i>2 actifs en simultanée</i>
Compartmentage des systèmes et sous-systèmes	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>
Maintenance planifiée avec continuité de service	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>
Tolérance aux pannes (<i>un seul événement</i>)	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>
Nécessite des matériels informatiques en double alimentation	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>
Refroidissement continu	<i>Dépend de la densité de charge</i>	<i>Dépend de la densité de charge</i>	<i>Dépend de la densité de charge</i>	<i>Class A</i>
Taux de disponibilité	<i>99,67 %</i>	<i>99,75 %</i>	<i>99,98 %</i>	<i>99,99 % et +</i>
Durée annuelle d'interruption du système informatique (statistique)	<i>28,8 H</i>	<i>22 H</i>	<i>1,6 H</i>	<i>0,8 H</i>

Codification du refroidissement continu :

- Class A: Refroidissement ininterrompu : Ventilateurs et pompes sur chaînes ondulées. Bâche tampon sur réseau d'eau glacée. Objectif : conserver la salle informatique à une température « normale » durant une coupure électrique.
- Class B : Refroidissement continu : ventilateurs sur chaînes ondulées Objectif : conserver une circulation d'air durant une coupure électrique.
- Class C : Refroidissement interrompu : Pas d'équipements de climatisation sur chaîne ondulée. Refroidissement suspendu jusqu'à restauration de l'alimentation.

Conditions de fonctionnement des équipements : ASHRAE

	Recommandations ASHRAE en 2004	Recommandations ASHRAE en 2008
Limite basse de température	20°C	18°C
Limite haute de température	25°C	27°C
Limite basse de taux d'humidité	40% d'humidité relative	Point de condensation à 5,5°C
Limite haute de taux d'humidité	55% d'humidité relative	60% d'humidité relative et Point de condensation à 15°C

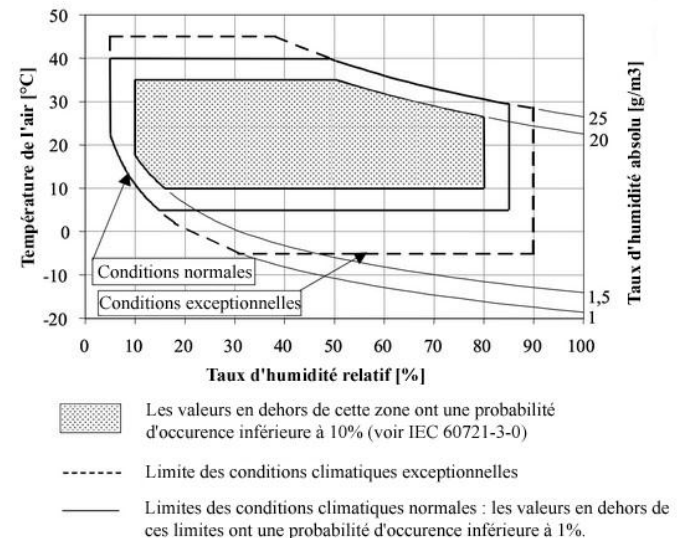
Tableau des recommandations ASHRAE pour Datacentre de classe 1 et 2 : 2004 versus 2008 Source : document "2008 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment - Expanding the Recommended Environmental Envelope"

- Le taux d'humidité supporté en entrée des serveurs peut atteindre 90% exceptionnellement !
- La plage des températures admissible à titre exceptionnelle pour un Datacentre de classe 1 est plus large :
 - Minimum : 15°C
 - Maximum : 32°C

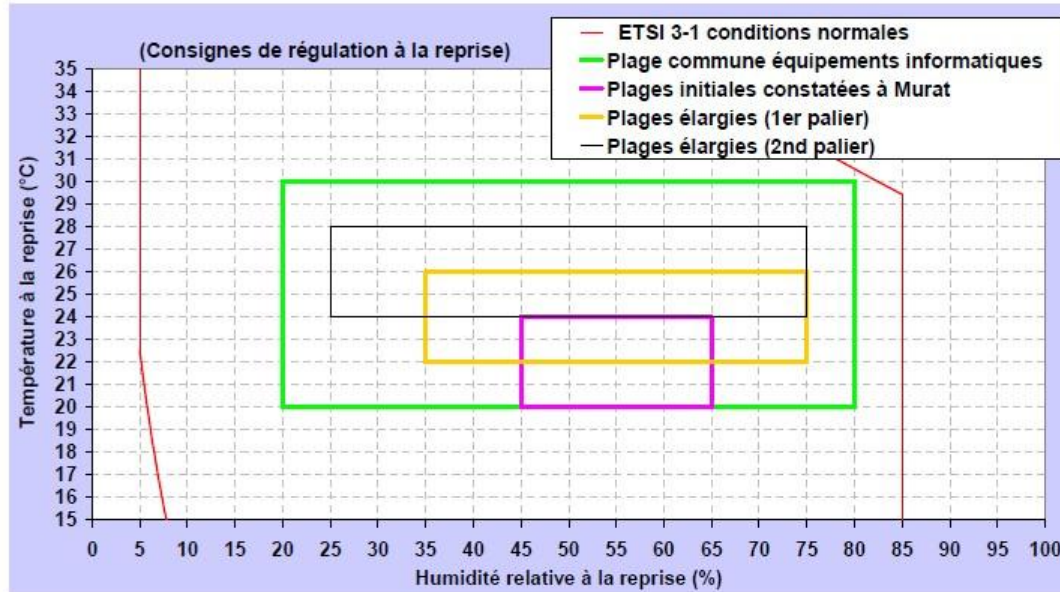
Conditions de fonctionnement des équipements: Norme ETSI

Paramètres environnementaux	Unité	Classe						
		3.1		3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
		Normal	Exceptionnel					
Température de l'air minimale	°C	+5	-5	-5	-25	-40	-40	+15
Température de l'air maximale	°C	+40	+45	+45	+55	+70	+40	+30
Taux d'humidité relatif minimal	%	5	5	5	10	10	10	10
Taux d'humidité relatif maximal	%	85	90	95	100	100	100	75
Taux d'humidité absolu minimal	g/m ³	1	1	1	0,5	0,1	0,1	2
Taux d'humidité absolu maximal	g/m ³	25	25	29	29	35	35	22
Vitesse de changement de température	°C/min	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5
Pression atmosphérique minimale	kPa	70	70	70	70	70	70	70
Pression atmosphérique maximale	kPa	106	106	106	106	106	106	106
Rayonnement solaire	W/m ²	700	700	700	1120	1120	-	700
Rayonnement de chaleur	W/m ²	600	600	600	600	600	600	600
Mouvement de l'air environnement	m/s	5	5	5	5	5	30	5
Poussière (en suspension)	mg/m ³	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
Poussière (dépôts)	mg/m ² h	1,5	1,5	15	15	15	15	1,5

La norme ETSI EN 300 019-1-3 encadre les conditions environnementales recommandées et admissibles au sein d'un Datacentre



Exemple : expérimentation FT



Après 1 année complète de suivi dans les conditions du 2nd palier:

- ▶ **Aucun dysfonctionnement** signalé au niveau des baies informatiques
- ▶ **Aucune anomalie** signalée au niveau du fonctionnement de la climatisation

<u>Bilan</u>	Etat des lieux	1 ^{er} palier	2 nd palier
Température (°C)	20-24	22-26	24-28
Hygrométrie (%)	45-65	35-75	25-75
Consommation d'énergie de la climatisation	170 MWh par mois	-10 %	-20 %

Résumé partie III

- GES
- Gaspillage
- Couts
- Normes

3^{ème} partie : mettre en
œuvre les techniques
adaptées

Éléments déterminants

Minimiser la consommation électrique, les pollutions sonores en maximisant les performances (selon les spécifications définies)

Éléments déterminants : salle

- Accès (hauteur/largeur/passage)
- Charge au sol (1T/m²)
- Pas de poteaux
- Exposition minimale à une source de chaleur
- Éventuellement modulaire






A propos des équipements IT (spécifications achat)

- Processeurs : basse consommation ?
- Alimentation : energy star, 80plus platinum, double alimentation ?
- Serveurs : EPEAT
- Nœuds de calcul : diskless ?
- Stockage : SSD, MAID

80plus



- Hier, l'efficacité était de l'ordre de 60% à 75%
- Depuis 2004, le label 80plus impose un minimum de 80% d'efficacité énergétique (inclus dans Energy Star depuis la version 4.0 en 2006 pour les PC)
- A partir de 2008, 80plus se décline en 3 labels, un 4^{ème} pour les serveurs apparus fin 2009

Charge à					
20%	80%	82%	85%	87%	90%
50%	80%	85%	88%	90%	94%
100%	80%	82%	85%	87%	91%

A propos des « racks »

- **Densité (>25kw/rack)**
- Standards (taille)
- Dispositifs de monitoring
- Dispositifs de condensateurs / onduleurs
- Dispositifs d'extinction incendie
- Dispositifs de refroidissement

Alimentation secourue

- Attention au $\cos \varphi$! ($> 0,8$)
- Attention aux conditions de Température (21°)
- Les UMC peuvent être un bon compromis pour les nœuds de calcul
- N'onduler que ce qui est nécessaire (qualité réseau électrique, spécificités jobs, mécanismes de relance, etc.)
- Choisissez une solution modulaire

Courants faibles / forts

Minimiser les longueurs de câble

attention : 0,01% de perte par mètre au-delà de 6m)

Groupe électrogène

- Est il vraiment nécessaire ?
- Quelle durée de fonctionnement ?
- N'y a-t-il pas moyen de déporter les services critiques sur d'autres serveurs dans la temps de maintien par l'onduleur ?
- Pollution sonore
- Augmente les interventions (→ risques de panne)
- Si présent : test une fois par mois

Refroidissement

- Au plus près des serveurs (cloisonnement, couloirs d'air chaud / couloirs d'air froid)
- Fluide meilleur caloporteur que l'air
- Portes réfrigérées
- Techniques de free-cooling (direct/indirect/air-air/air-eau/eau-air/eau-eau)
- Techniques de géothermie etc ..

La climatisation

Conditionnement des allées

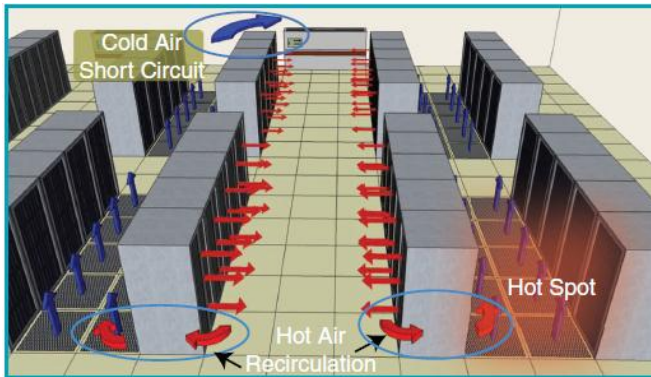


figure 5. Typical inefficiencies of a cooling system in an air-cooled data center.

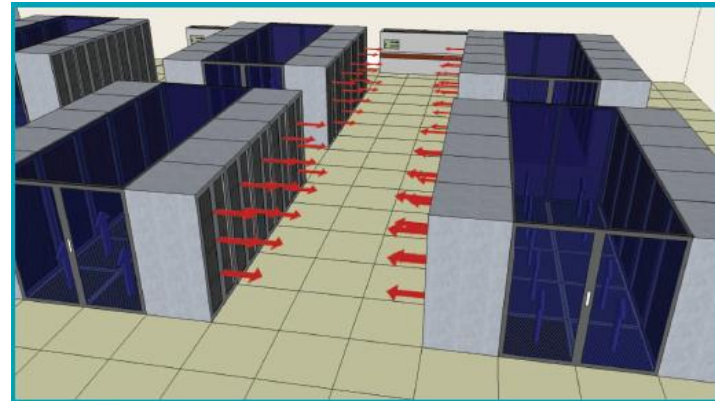


figure 6. Cold aisle containment.

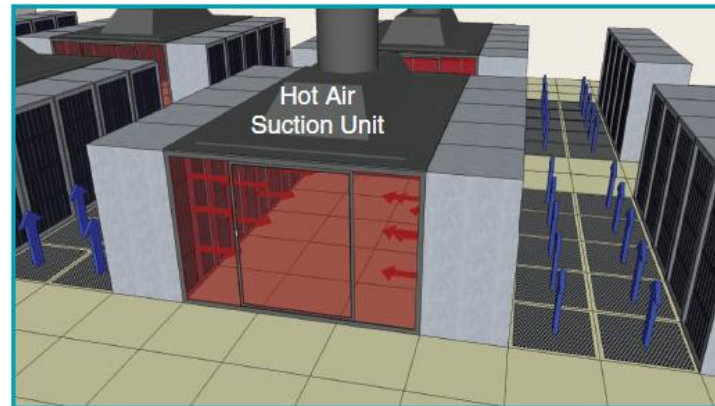


figure 7. Hot aisle containment.

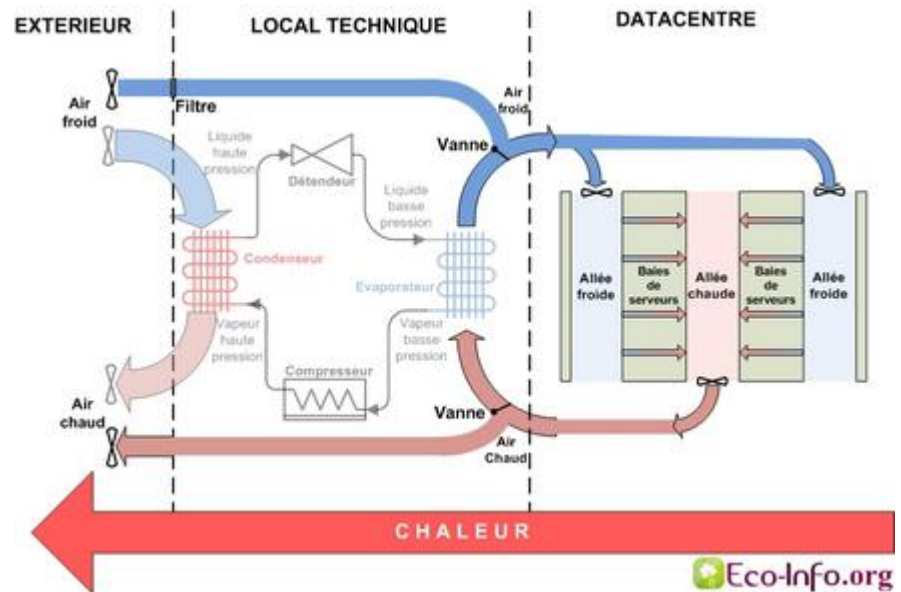
Illustrations: Siriwardana, J., Schott, W. & Halgamuge, S. 2010, "The power grabbers", *Power and Energy Magazine, IEEE*, vol. 8, no. 1, pp. 46-53.

La climatisation

Free-cooling

Exemple du Free Cooling à air direct

Schéma simplifié



L'air frais de l'extérieur vient refroidir le circuit d'air de refroidissement du datacentre

La climatisation

Le système est encore plus efficace avec l'exploitation de baies réfrigérées (refroidissement au plus près de la source de chaleur).

Les conteneurs : avantages/inconvénients

- Rapidité de mise en œuvre
- Modularité (SGI par ex)
- Existent en free-cooling

- Pas de recul
- Fragilité des installations compte tenu de la densité
- Uniquement pour solutions standards
- Quid en cas de nombreuses interventions ?
- Durée de vie ? Cout de maintenance (au-delà des 3 ans ..)



Les guides

- Code of Conduct
- Energy star
- Les livres blancs des constructeurs

Code of Conduct [EU]

- Le CoC couvre les “Data centres” de toutes dimensions de la simple salle informatique aux bâtiments complets spécialement dédiés.
- Peut s'appliquer aux bâtiments anciens ou nouveaux et aux fabricants d'équipements, de systèmes, de conception et les bureaux d'études
- Un des points clefs du Code of Conduct est que chaque participant doit se mesurer par rapport aux objectifs qu'il s'est fixé afin de les améliorer

Code of Conduct [EU]

1. Introduction: Objectifs, Applicabilité des bonnes pratiques, Périmètre considéré, ...
2. Planification, gestion et utilisation du Datacentre: Lien avec les parties prenantes, politique générale, niveau de redondance, ...
3. Equipements IT et services: Sélection, déploiement, gestion
4. Refroidissement: Gestion des flux d'air, réglages des températures, taux d'humidité, rendement des unités de froid, ...
5. Alimentation électrique du Datacentre: Sélection et déploiement
6. Autres équipements du Datacentre: Bureaux et espaces de stockage
7. Surveillance, monitoring: Mesures à réaliser, rapport périodique

Sources:

Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency, European Commission, Oct. 2008. 20p.
Best practices for the EU Code of Conduct on Data Centres, European Commission. Oct. 2008. 27p.

Data Center Initiative [Energy Star, US]

- Objectifs : Développer un système de cotation utile pour les industriels *sur la base des éléments généralement mesurés et/ou suivis en s'appuyant sur les méthodes Energy Star existantes et autres plateformes*
- Applicable sur les DC dédiés ou ceux situés dans un immeuble
- Evaluer la performance du bâtiment
- Communiquer auprès des utilisateurs sur les ressources possibles
- Modèle de régression permettant prédiction du PUE *incluant les facteurs hors de contrôle de l'exploitant du DC avec des facteurs d'ajustement déterminé en fonction des collectes de données et des analyses*
- Comparer PUE réels et les prédictions

Pour aller plus loin ...

- Éteindre les serveurs / nœuds de calcul non utilisés (cf gestionnaire de batch)
- Optimiser l'utilisation des serveurs allumés (utilisation des ressources)
- Optimiser les codes
- ...

En conclusion

Coûts croissants de l'énergie + conditions optimales de fonctionnement des serveurs



- Importance de la conception de l'espace d'accueil des serveurs (minimisation des pertes)
- Si la salle (et clim) existe déjà, séparer les flux d'air, éteindre les serveurs non utilisés, augmenter la température de consigne.

Pour ne rien oublier ...

Organisation fonctionnelle spatiale du site	Zonage du bâtiment (situation de la salle dans l'ensemble du projet/Accessibilité)	
	Besoins en surfaces informatiques et en puissance	Salle informatique, locaux opérateur, locaux annexes, locaux techniques
	Puissance	
Ingénierie des salles informatiques (Etat de l'art, redondance, urbanisation...)	Conditions de fonctionnement du centre informatique	Température, hygrométrie
	Urbanisation	Equipements informatiques, Nombre de baies, Principe de cheminement des fluides et des Courants, faux plancher, plan de salle
Sûreté de fonctionnement	Niveau de continuité de service	Fonctionnement de la salle, niveau de disponibilité, niveau de tiers associé, caractéristiques de l'alimentation électrique, caractéristiques de l'alimentation Cfa, courants secours
Courants forts, principes d'alimentation	Alimentation électrique	Qualité du courant, régime du neutre, raccordement au réseau HTA, GE, Onduleurs, Transformateurs, Impact env (bruit) du GE
Climatisation et ventilation	Conditions de fonctionnement	T°, Hygrométrie, air neuf, principe de refroidissement, ventilation, optimisation énergétique, free-cooling,
Métrologie, outils de mesure, simulations ..		
Sûreté, sécurité, gestion technique, ..	Principe de sécurité des accès	Profils d'accès, éléments de sécurité
	Sécurité incendie	Protection passive, détection automatique, extinction automatique,
	Sûreté physique et électronique du centre	
	Contrôle et surveillance des accès	