

ETUDES DE SOLUTIONS DE CONDITIONNEMENT D'AIR ECONOMES POUR LES FUTURS "GREEN DATACENTERS"

D. Nörtershäuser, S. Le Masson*

France Telecom R&D

2, Av Pierre Marzin

22300 Lannion, FRANCE

david.nortershauser@orange-ftgroup.com, stephane.lemasson@orange-ftgroup.com

RESUME :

Les datacenters sont des grandes salles informatiques qui regroupent des équipements de télécommunication, des serveurs du stockage informatique pour des services de télécommunication, de vidéo à la demande, d'Internet, etc. Ces salles dont la surface est de l'ordre de 1000m², accueillent de plus en plus d'équipements énergivores avec une densité de puissance sans cesse croissante, de 500W/m² jusqu'à 1 voire 2kW/m².

Pour maintenir les équipements dans des conditions de température et d'hygrométrie compatibles avec leurs spécifications, l'utilisation de climatisations énergivores est nécessaire. Cette étude vise à évaluer l'influence du bâtiment et la possibilité de l'optimiser afin de concevoir des datacenters plus économes en énergie.

1. INTRODUCTION

Dans un contexte où la demande énergétique est en croissance permanente, où la production d'énergie a un impact néfaste sur l'environnement, il devient important de s'interroger sur la responsabilité de l'ensemble des secteurs d'activité, en particulier celui des télécommunications ou TIC (Technologies de l'Information et de la Communication). En effet, le poids énergétique des infrastructures de réseaux et des terminaux relatifs à ces TIC est loin d'être négligeable. S'il existe une controverse sur l'ampleur de l'augmentation [1] [2], il est certain que la puissance électrique du réseau de télécommunication augmentera avec la croissance des services liés à Internet. Il convient donc de lancer des études pour réduire ou limiter les consommations des infrastructures et en particulier celles du conditionnement d'air [3]. Suivant les auteurs, les estimations de la part du conditionnement d'air sont comprises entre 60 et 100% de la consommation des équipements de télécommunications en particulier dans les datacenters qui sont des salles stratégiques.

En accord avec sa politique liée au développement durable, France Telecom développe des systèmes de conditionnement d'air aussi économes que possible [4] dans les bâtiments existants. Ce document propose des axes de recherche pour l'amélioration des nouveaux bâtiments. En effet, comme on peut le voir sur la figure suivante la consommation énergétique du parc de datacenter de France Telecom représente environ 17% de la consommation totale.

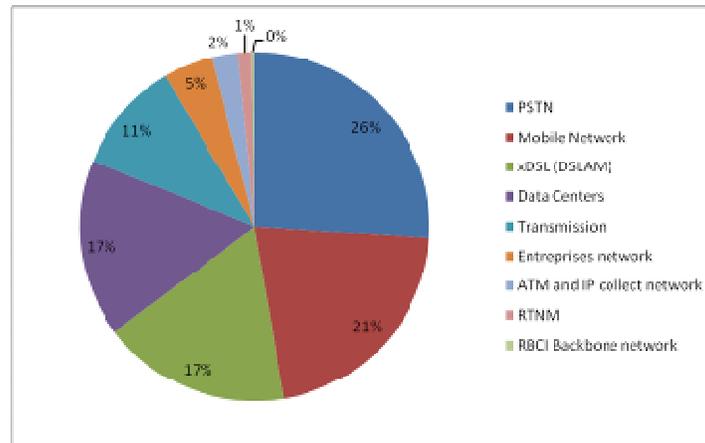


Figure 1. Répartition des consommations électriques par type de réseau [5]

2. PROBLEMATIQUE DES DATACENTERS

Les datacenters sont des grandes salles informatiques qui regroupent des équipements de télécommunication, des serveurs de stockage informatique pour des services de télécommunication, de vidéo à la demande, d'Internet etc. Ces salles dont la surface est de l'ordre de 1000m², accueillent de plus en plus d'équipements énergivores avec une densité de puissance sans cesse croissante de 500W/m² jusqu'à 1 voire 2kW/m². Les photos suivantes illustrent l'architecture courante des salles possédant des équipements divers et variés des dissipations thermiques très localisées et très variables d'un équipement à l'autre.



Figure 2 : Vues de l'intérieur d'un Datacenter

Les datacenters ont jusqu'à présent été construits comme des bâtiments classiques, or il apparaît que les bâtiments classiques ne sont pas conçus pour dissiper la chaleur. La figure suivante montre une schématisation du problème thermique avec une puissance dissipée à l'intérieur d'un bâtiment. On constate, qu'inversement au problème habituel des bâtiments ou bureaux où on souhaite plutôt conserver la chaleur à l'intérieur, dans le cas des datacenters la puissance dissipée en interne est tellement grande que le but principal est d'évacuer la chaleur quelle que soit la saison.

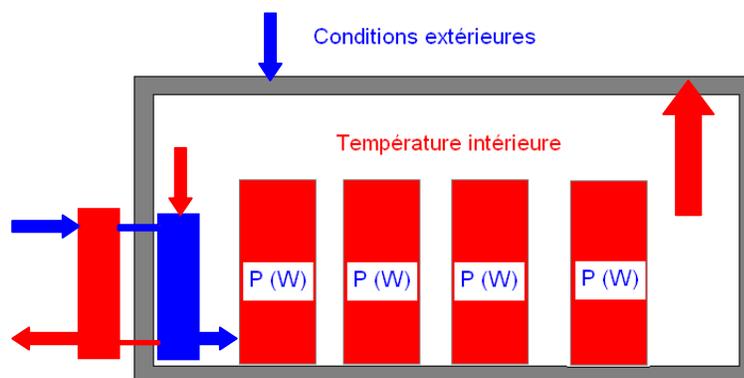


Figure 3. Schématisation du problème thermique

De façon générale, les datacenters sont conçus, comme sur la figure ci-dessus, avec une climatisation qui travaille en recyclage sans apport d'air neuf. Il apparaît donc que l'usage de l'air extérieur (free cooling) quand il est favorable serait une bonne piste pour refroidir les datacenter. A plus forte raison, si la structure du bâtiment est adaptée (inertie thermique, épaisseur des murs, débit d'air, diffusion...) une optimisation est possible grâce à un stockage nocturne dans la maçonnerie. Des études précédentes ciblées sur des bâtiments plus petits ont montré de bons résultats tant numériques qu'expérimentaux [6].

3. MODELISATION NUMERIQUE

Dans un premier temps, un modèle numérique a été développé afin de simuler des petits bâtiments télécom et d'en tirer des règles de construction.

Les simulations montrent qu'un gain substantiel en puissance dissipable est attendu en utilisant un béton adjuvanté de MCP (Matériaux à Changement de Phase) isolé de l'extérieur, à condition de refroidir la structure par ventilation d'air neuf durant les périodes où la température externe le permet (typiquement le soir, la nuit et le matin).

4. ESSAIS EXPERIMENTAUX SUR DES MAQUETTES INTEGRANT DES MCP

Afin de vérifier les résultats prometteurs esquissés numériquement, trois maquettes de bâtiment ont été conçues.

4.1 Maquette de référence M1

La première maquette constitue un élément de référence. Il s'agit d'une conception classique. Le volume interne de chaque maquette est de 1 mètre cube. Le socle consiste en une dalle de béton de 10 cm d'épaisseur, isolée en face externe par du polystyrène extrudé (épaisseur 5 cm).

La composition du béton est la suivante: 2 volumes de sable, 2 volumes de gravier et 1 volume de ciment (de Portland). Le gâchage a été réalisé à l'aide d'une bétonnière afin de garantir une bonne homogénéité.

Les murs sont constitués de parpaing de béton creux (épaisseur 20cm) montés au mortier de ciment. La composition du mortier de montage est la suivante:

3 volumes de sable pour 1 volume de ciment.

Ces parpaings sont remplis de béton afin d'en accroître l'inertie thermique. La composition de ce béton est la même que celui de la dalle.

Un tampon en béton amovible de même taille et composition que la dalle permet de fermer la maquette. Toutes les parois sont isolées de l'extérieur avec du polystyrène extrudé (Styrodur® de BASF).



Figure 4. Maquette M1 en construction



Figure 5. Maquette finie

Chaque maquette est dotée d'entrée et sortie d'air (Figure 4 et Figure 5) afin d'assurer une ventilation durant les heures où la température est favorable (typiquement le soir, la nuit et le matin). L'objectif est d'utiliser l'inertie thermique du bâtiment pour stocker de la fraîcheur afin de limiter la température durant les heures les plus chaudes de la région.

4.2 Maquette M2

La maquette M2 est identique à la maquette M1, à l'exception des murs dont les parpaings ne sont pas remplis de béton. L'objectif est d'évaluer l'influence de l'inertie par rapport à la maquette M1, tout en conservant pour ces 2 maquettes des matériaux de stockage classiques.

4.3 Maquette M3 avec produit à changement de phase microencapsulé

Afin de doper l'inertie thermique des parois, un produit à changement micro-encapsulé a été utilisé sur cette maquette. Ceux-ci ont été achetés auprès de la société Microtek (produit MicroPCM). Il s'agit de produits de type paraffine encapsulés. La distribution de taille des capsules est dans l'intervalle 5-40 microns. La température de changement de phase du produit utilisé pour la maquette M3 est 28°C, ce qui signifie qu'en théorie (si les capsules ne sont pas détruites lors du malaxage du mortier), le mélange obtenu sera susceptible d'emmagasiner une grande quantité d'énergie à cette température.

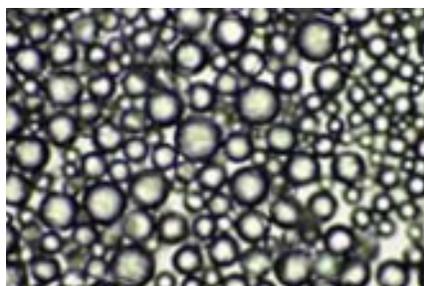


Figure 5. Produits à changement de phase micro-encapsulés

L'intégration des produits Microtek au bâtiment n'a jusqu'à présent jamais été testée. D'un point de vue géométrique, la maquette M3 est similaire aux deux précédentes, seules la composition des mortiers et bétons varie.

La composition du béton du socle et du tampon est la suivante:

1.5 volume de sable, 1.5 volume de gravier, 2 volumes de PCM 28; 1,2 volume de ciment
La composition du mortier de montage des parpaings est:
2 volumes de PCM 28, 2 volumes de sable, 1 volume de ciment

4.4 Tests sous la plateforme d'ensoleillement artificiel Clim@Lan

Les trois maquettes ont été testées simultanément sur une plateforme d'ensoleillement artificiel qui permet de recréer flux solaire et température externe. Les cycles imposés sont représentés en figure 6. Le flux solaire est simulé à l'aide de lampes à incandescence. La température est contrôlée par le biais de radiateurs électriques et par l'apport d'air neuf. Chaque maquette est dotée d'une VMC activée de 22h30 à 9h00 afin de refroidir la structure (ce mode de déclenchement simplifié est rendu possible par la connaissance a priori des températures externes).

Seuls des premiers essais peuvent être présentés. Afin de simuler la puissance dissipée par les équipements, des radiateurs soufflants dédiés à l'habitat ont été utilisés. Une modification a été effectuée afin de supprimer les bilames et de s'assurer de la constance de la puissance dissipée.

En figure 9 sont représentées les évolutions temporelles des températures de la dalle basse et en figure 8 les températures ambiantes. Durant la période présentée, une température ambiante maximale de 45°C est atteinte dans la maquette M2, c'est-à-dire dans la maquette possédant la plus basse inertie. La maquette M1 procure une température ambiante plus basse de 3°C, soit 42°C, grâce au remplissage des parpaings par du béton. Enfin, la maquette construite à l'aide de produits à changement de phase a permis de limiter la température ambiante à 33.6, soit une baisse de plus de 10°C par rapport aux autres maquettes.

L'examen de l'évolution de la température au sein de la dalle de chaque maquette permet d'expliquer les résultats, en illustrant très clairement l'inertie de chaque structure. Les évolutions des dalles de M1 et M2 sont similaires (à 1°C près), par contre, la dalle de M3 n'excède pas 27.2°C (sachant que le produit est sensé avoir changé totalement de phase à 28°C).

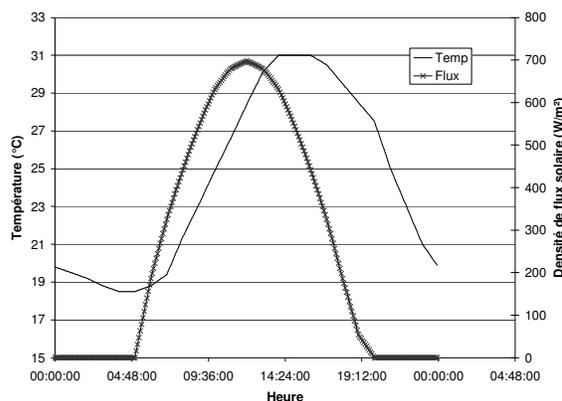


Figure 6. Cycles de température et de flux simulés Figure 7. Plateforme d'ensoleillement

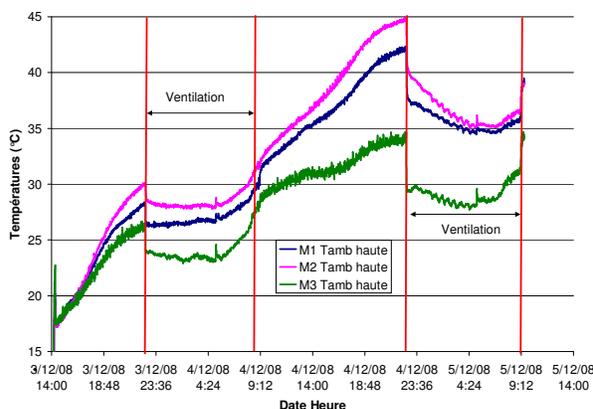


Figure 8. Températures ambiantes

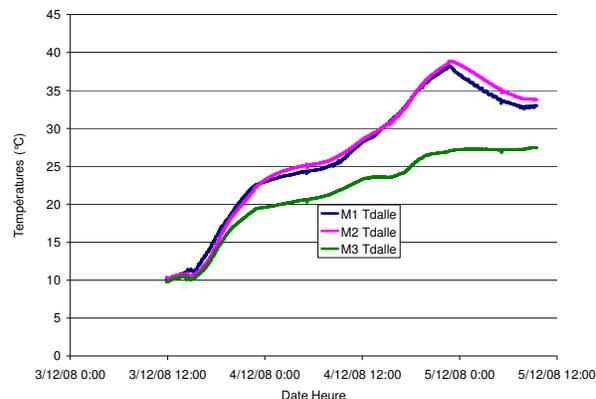


Figure 9. Températures de dalle

Ces premiers résultats montrent que couplée à un système de ventilation efficace, l'utilisation de MCP afin de doper l'inertie de la maçonnerie constitue une piste extrêmement prometteuse afin de définir une structure de bâtiment adaptée aux télécoms et ainsi réduire sensiblement la consommation des systèmes de conditionnement d'air.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En accord avec sa politique liée au développement durable, France Telecom développe des systèmes de conditionnement d'air aussi économes que possible dans les bâtiments existants. Afin de pouvoir concevoir des futur datacenters moins énergivore, une étude a été menée afin de commencer à définir une architecture de bâtiment optimisée.

Les premiers résultats obtenus montrent l'intérêt du renforcement de l'inertie thermique des bâtiments à l'aide de PCM. En effet, en réduisant sensiblement la température en interne, elle permettra une réduction sensible de la consommation énergétique des climatisations.

- [1] Mills, M., et P. Huber, 1999 Dig more coal - the pcs are coming. Forbes Magazine.
- [2] Koomey, J. G. (2007). Estimating total power consumption by servers in the U.S. and the world, Staff Scientist, Lawrence Berkeley National Laboratory and Consulting Professor, Stanford University: 31.
- [3] Roth, K., F. Goldstein, et J. Kleinman, (2002) Energy consumption by office and telecommunications equipment in commercial buildings, volume i : Energy consumption baseline. Technical report, ADL.
- [4] S. Le Masson, J. Gautier, D. Nörtershäuser (2005) La climatisation simplifiée des commutateurs téléphoniques. Congrès SFT 2005 Reims
- [5] L. Souchon. TIC et Énergétique : Techniques d'estimation de consommation sur la hauteur, la structure et l'évolution de l'impact des TIC en France. Thèse INT 2008.
- [6] D. Nörtershäuser, S. Le Masson Using phase change materials and efficient coldless air conditioning systems to optimize the heat management in telecom shelters IEEE-Intelec 2007 Rome.
- [7] D. Nörtershäuser, S. Le Masson, Optimisation du conditionnement d'air des locaux de télécommunication par utilisation de produits à changement de phase, Congrès SFT 2008, Toulouse