L’impact imprévu de l’augmentation des températures du datacenter

Livre blanc 221

Révision n°0

par Wendy Torell
Kevin Brown
Victor Avelar

Synthèse analytique

Élever les températures d’entrée des équipements informatiques est une recommandation courante faite aux opérateurs de datacenter à titre de stratégie visant à améliorer l’efficacité du datacenter. S’il est vrai que l’augmentation de la température résulte effectivement en davantage d’heures d’économiseur, cette augmentation n’a pas toujours un impact positif sur le datacenter dans son ensemble.

Dans cette étude, nous proposons une analyse de coûts pour un datacenter (dépenses d’investissement et dépenses énergétiques) afin de montrer à quel point il est important d’évaluer un datacenter de façon globale, en y incluant la consommation énergétique de l’équipement informatique. Nous traitons également dans cette étude l’impact d’une augmentation des températures sur les pannes de serveur.

APC by Schneider Electric White Papers font désormais partie de la bibliothèque de livres blancs Schneider Electric produite par le **Data Center Science Center** de Schneider Electric.
DCSC@Schneider-Electric.com

Schneider Electric

Introduction

Des efforts continus sur le marché visent à relever les températures de fonctionnement des équipements informatiques, efforts initiés par une révision de la norme ASHRAE TC9.9 publiée en 2011. La recommandation de la norme ASHRAE vise à abaisser la consommation énergétique du datacenter en augmentant le nombre d'heures de « refroidissement gratuit ».

En dépit de ces efforts, de nombreux datacenters continuent à fonctionner à des températures égales ou inférieures à 21. S'il est vrai qu'il existe sans aucun doute une culture conservatrice dans ce secteur d'activité (éviter les temps d'arrêt, coller à ce qui fonctionne, etc.) nous étions malgré tout curieux de savoir pourquoi la majorité des datacenters n'élevaient pas les températures d'entrée de leurs équipements informatiques. Si de réelles économies sont réalisables, on pourrait s'attendre, malgré la nature conservatrice de ce secteur, à ce que davantage de datacenters en tirent parti.

Au cours de nos recherches, nous avons pu isoler deux raisons pour lesquelles les gestionnaires de datacenter n'élevaient pas la température d'entrée de leurs équipements informatiques. Ces deux raisons se présentent sous forme de questions :

- Combien d'énergie puis-je économiser en augmentant la température ?
- L'augmentation des températures va-t-elle avoir une incidence sur la fiabilité de mon équipement informatique ?

Pour répondre à ces questions, il est important d'examiner le datacenter de façon globale car les dynamiques du système sont complexes ; la consommation d'énergie de certains systèmes diminue, tandis que celle d'autres systèmes augmente. Envisageons une conception dotée d'un groupe de production d'eau glacée monobloc : lorsque le point de réglage de la température de la salle informatique augmente, la consommation d'énergie du groupe de production d'eau glacée diminue pour deux raisons : le datacenter peut fonctionner en mode(s) d'économiseur pendant une plus grande partie de l'année et l'efficacité du groupe de production d'eau glacée augmente. Mais ce n'est pas une image complète de la situation. Bien que l'énergie du groupe de production d'eau glacée diminue, voici également ce qui se produit :

- L'énergie consommée par le refroidisseur à sec (qui fonctionne en mode d'économiseur à la place du groupe de production d'eau glacée) augmente car le nombre d'heures d'économiseur augmente.
- L'énergie consommée par le serveur augmente parce que les besoins en débit d'air (pieds cubiques par minute ou CFM) augmentent à mesure que la température augmente. (Voir l'**encadré**)
- Les ventilateurs du système de traitement d'air de la salle informatique (ou CRAH pour Computer Room Air Handler) accélèrent pour supporter le besoin d'un débit d'air (CFM) plus élevé, ce qui entraîne une consommation d'énergie plus élevée du CRAH.
- Si ce système n'est pas déjà surdimensionné pour gérer le débit d'air supplémentaire, davantage de systèmes de traitement d'air ou CRAH sont nécessaires pour répondre aux besoins plus élevés de CFM des ventilateurs de serveur. Ce qui implique de nouvelles dépenses d'investissement.

La figure 1 illustre ces effets contraires. Dans cette étude, nous analysons un datacenter doté d'un groupe de production d'eau glacée monobloc pour démontrer l'influence déterminante de la localisation géographique et du comportement des ventilateurs de serveur sur les économies potentielles (ou sur les coûts supplémentaires) lorsque nous augmentons la température de l'air d'entrée des équipements informatiques.

Pourquoi les ventilateurs de serveurs accélèrent-ils ?

Le but des ventilateurs de serveurs est de refroidir les composants à l'intérieur du châssis de serveurs. Le plus important de ces composants est le CPU qui peut atteindre des températures de plus de 90 °C. À mesure que la température de l'air d'entrée des équipements informatiques augmente, la température du CPU fait de même. Cette augmentation déclenche généralement le fonctionnement des ventilateurs de serveurs afin d'augmenter le débit d'air et de réduire ainsi la température du CPU. Cette augmentation du débit d'air accroît la consommation d'énergie des serveurs.

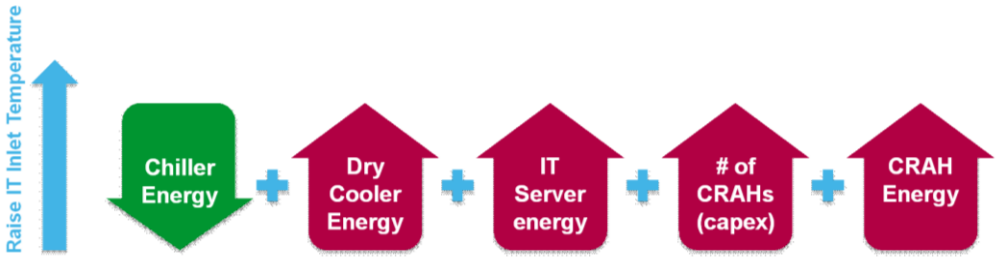


Figure 1

Les dynamiques du système sont complexes. Nécessité d'évaluer le datacenter de façon globale

Nous comparons également les effets de deux méthodes : d'une part la fixation d'une température plus élevée et d'autre part la variation de la température du datacenter à l'intérieur d'une plage définie, en fonction des fluctuations de la température extérieure. Enfin, nous examinons un scénario dans lequel un datacenter existant est surdimensionné (de 50 %), pour montrer l'impact de ce pourcentage de charge sur les résultats.

Analyse du datacenter

L'impact de l'augmentation de température du datacenter sur la consommation d'énergie peut varier considérablement en fonction de l'architecture de refroidissement, du climat, de la vitesse de ventilation et du pourcentage de charge informatique. Dans cette étude, nous avons choisi une seule architecture[1] et nous l'avons modélisée pour différents climats, afin de démontrer la nature complexe des datacenters. Notre propos vise également à souligner l'importance de la compréhension des risques et des avantages avant tout changement opérationnel.

Architecture analysée

Pour cette analyse, nous avons choisi ce que nous estimons être une architecture de refroidissement très courante aujourd'hui dans les datacenters : un groupe de production d'eau glacée monobloc avec économiseur (**Figure 2**). Le refroidisseur à sec, utilisé en mode économiseur, est un échangeur de chaleur qui refroidit directement l'eau réfrigérée du datacenter lorsque les conditions de l'air extérieur se situent à l'intérieur d'une plage spécifiée. Des pompes déplacent l'eau réfrigérée à travers le refroidisseur à sec où l'air froid extérieur refroidit l'eau réfrigérée qui alimente les systèmes de traitement d'air.

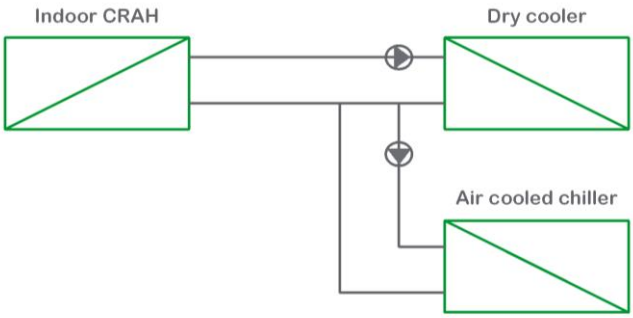


Figure 2

Architecture du groupe de production d'eau glacée monobloc analysée

[1] Le Livre blanc 132, Modes économiseurs des systèmes de refroidissement des datacenters, décrit d'autres architectures de refroidissement.

Températures de fonctionnement des groupes de production d'eau glacée

Chaque groupe de production d'eau glacée est capable de fournir une température maximum prédéfinie d'eau réfrigérée. Cette température est limitée par le type et la conception du groupe de production d'eau glacée. Par exemple, dans les groupes de production d'eau glacée centrifuges[3] le compresseur doit être capable de réduire sa vitesse pour produire des pressions de fluide réfrigérant inférieures sans endommager le moteur ni provoquer de fuite de son huile de lubrification dans le circuit de réfrigération. Selon le type de groupe de production d'eau glacée, d'autres composants de refroidissement peuvent exiger des caractéristiques spéciales autorisant des températures d'eau réfrigérée plus élevées. Nous vous recommandons de consulter le fournisseur de système de votre groupe de production d'eau glacée avant d'augmenter le point de réglage de l'eau réfrigérée.

À noter qu'avec un groupe de production d'eau glacée très efficace, situé dans un climat tempéré, les économies d'énergie obtenues en augmentant les températures d'entrée des équipements informatiques peuvent ne pas être suffisantes pour justifier l'augmentation d'énergie des autres dispositifs du datacenter (par ex. système de traitement d'air, refroidisseur à sec, tour de refroidissement, équipements informatiques).

Les principales hypothèses utilisées dans l'analyse sont les suivantes :

- Datacenter de 1 mégawatt, entièrement chargé
- 3 groupes de production d'eau glacée[2] dans une configuration N+1, dimensionnée pour une température extrême sur 20 ans
- Tous les groupes de production d'eau glacée fonctionnent à charge partielle dans des conditions normales d'utilisation (y compris le groupe de production d'eau glacée redondant)
- Les groupes de production d'eau glacée sont capables de fonctionner à des températures d'eau réfrigérée plus élevées. (voir l'**encadré**)
- Refroidisseur à sec avec entraînement à fréquence variable (VFD) pour le mode économiseur (pas de refroidissement avec évaporation utilisé)
- Pompes à vitesse fixe
- Systèmes de traitement d'air[4] avec confinement en allée chaude dans une configuration N
- La demande de débit d'air des serveurs a été appariée avec l'alimentation en débit d'air des CRAH (c.-à-d. cfm des serveurs = cfm des ventilateurs du CRAH)
- Densité d'alimentation de 4 kW/rack
- 3 % du coût d'investissement utilisé pour les calculs de coût total de possession (TCO)
- 0,10 $ par kilowatt-heure en coûts d'électricité
- Les données météo d'intervalles proviennent du logiciel ASHRAE Weather Data Viewer 5.0

Nous avons créé trois scénarios de température de fonctionnement et comparé leur consommation d'énergie et leur coût total de possession.

- Dans le **scénario de référence**, nous avons assumé une température d'entrée fixée à 20 ˚C, ce qui est aujourd'hui un point d'exploitation typique pour les datacenters.
- Le **deuxième scénario** autorisait des variations de températures de 15,6 à 26,7 ˚C.
- Pour le **troisième scénario**, la température a été fixée à 26,7 ˚C.

Nous avons ensuite analysé le datacenter dans trois villes américaines : Chicago, Seattle et Miami, pour illustrer l'impact des différents climats sur les résultats.

Méthodologie d'analyse

Nous avons analysé le coût en énergie et la dépense d'investissement de l'ensemble du système de refroidissement en utilisant la méthode suivante :

1. Les données d'intervalles du logiciel ASHRAE Weather Data Viewer 5.0 ont été utilisées pour calculer l'énergie du système de refroidissement pour chaque intervalle de 1,11 °C à l'aide de principes/formules thermodynamiques. Les entrées de ce modèle comprennent l'efficacité de la bobine du système de traitement d'air, le delta T moyen pour l'ensemble du matériel informatique et les pertes d'équipement (ventilateurs, groupe de production d'eau glacée, refroidisseur à sec, pompes et système de traitement d'air).

[2] Les caractéristiques du groupe de production d'eau glacée proviennent des systèmes BREC Uniflair car ces systèmes sont spécifiés pour les applications de datacenter et les données étaient facilement accessibles.

[3] http://www.plantservices.com/articles/2008/258/

[4] Les spécifications des systèmes de traitement d'air (CRAH) proviennent d'unités InRow CW parce que ces données étaient facilement disponibles. Le choix d'un autre produit de traitement d'air (conçu par ex. pour une salle ou pour une allée) n'aurait pas d'impact substantiel sur les résultats.

2. La température extrême sur 20 ans a été utilisée comme le pire scénario de température extérieure pour dimensionner le groupe de production d'eau glacée monobloc. Cette conception est la pratique généralement admise pour le dimensionnement de groupes de production d'eau glacée monobloc. Elle est recommandée par l'Institut Uptime.[5]
3. L'énergie du système de refroidissement est tributaire des différents modes de fonctionnement : refroidissement mécanique complet, mode économiseur partiel et mode économiseur complet. Nous avons calculé le nombre d'heures d'utilisation de chaque mode d'exploitation[6].
4. Nous avons utilisé le point de réglage de l'air d'entrée du datacenter pour calculer la température de l'eau réfrigérée. La température de l'eau réfrigérée pouvait varier entre 7,3 et 32 ˚C.
5. Pour les températures d'entrée supérieures à 20 ˚C, nous avons ajouté l'augmentation de la consommation énergétique du serveur à la consommation d'énergie totale du système de refroidissement. Nous avons estimé l'augmentation de la consommation électrique du serveur à l'aide de **la figure 5** et l'augmentation du débit d'air (CFM) du serveur informatique à l'aide de la valeur centrale du graphique de **la figure 6**.
6. Le scénario de température variable est un scénario idéal dans lequel les contrôles du groupe de production d'eau glacée et de l'économiseur permettent la modification dynamique des températures de l'eau réfrigérée. Dans la plupart des datacenters, la température de l'eau réfrigérée est réglée à une température fixe à longueur d'année et produirait des économies d'énergie inférieures aux projections de ce modèle.
7. Nous avons estimé les dépenses d'investissement à l'aide des prix des composants, de la main-d'œuvre et de la conception typiquement observés dans un projet de datacenter de 1 mégawatt. La plupart de ces données proviennent du *Data Center Capital Cost Calculator*. Nous avons également pris en compte le changement des dépenses d'investissement pour le système de traitement d'air de la salle informatique (CRAH) lorsque le débit d'air (CFM) change avec la température d'entrée.

Résultats

Tout d'abord, nous comparons les résultats du scénario de référence, dans lequel les températures sont fixées à 20 °C, au deuxième scénario, dans lequel les températures varient vers le haut et vers le bas. Après ces résultats, nous présentons la comparaison du scénario de référence avec le troisième scénario, dans lequel les températures des équipements informatiques sont fixées à une température plus élevée de 26,7 ˚C.

Températures de référence contre températures variables

La **figure 3** présente les différences de coût total de possession (TCO) entre le scénario de référence et le scénario des températures variables**.** Remarque : le TCO indiqué exclut le coût d'investissement des systèmes qui ne change pas entre les deux scénarios, par ex. groupe de production d'eau glacée, refroidisseur à sec. À partir de cette analyse, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

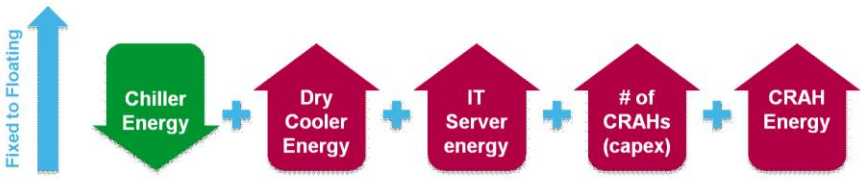
[5] Uptime Institute's "Data Center Site Infrastructure Tier Standard : Topology," http://www.gpxglobal.net/wp-content/uploads/2012/10/TIERSTANDARD_Topology_120801.pdf

[6] En mode d'économiseur complet, les conditions extérieures permettent de désactiver l'ensemble du refroidissement mécanique (c'est-à-dire les composants utilisés dans le cycle de réfrigération) pour économiser l'énergie tout en refroidissant efficacement la charge définie. Lorsque la température extérieure limite le fonctionnement en mode économiseur complet, le groupe de production d'eau glacée passe en mode d'économiseur partiel. Une partie du refroidissement est gérée par le mode d'économiseur et le reste est pris en charge par le système mécanique. La proportion gérée par chacun des systèmes change (augmentation de la proportion de refroidissement mécanique lorsque la température extérieure augmente) jusqu'à ce que le fonctionnement complet du système mécanique soit nécessaire.

- Alors que la consommation d'énergie du groupe de production d'eau glacée s'améliore toujours (diminue), ce n'est pas le cas de l'énergie nette consommée, laquelle ne s'améliore pas toujours.
- Des températures d'entrée supérieures provoquent une augmentation du débit d'air dans l'équipement informatique ce qui diminue le delta T sur l'ensemble des CRAH. Avec ces valeurs delta T inférieures, davantage de débit d'air provenant du CRAH est nécessaire pour éliminer la même quantité de chaleur.
- Avec des températures d'approvisionnement en eau réfrigérée supérieures, la capacité requise du CRAH augmente car la capacité de suppression de chaleur de la bobine diminue à mesure que le delta T diminue.
- Le degré d'augmentation de la consommation d'énergie des serveurs et des CRAH dépend des caractéristiques de l'équipement informatique. La section suivante l'explique.
- Les données d'intervalles météorologiques sont un facteur significatif pour déterminer si les variations de température de 15,6 à 26,7 ˚C entraînent des réductions de coûts.

Figure 3

Récapitulatif des résultats avec une valeur de référence fixe de 20 ˚C et des températures variant entre 15,6 et 26,7 ˚C À PLEINE CHARGE



Chicago Fixed	$1,186,000	$162,000	$0	$571,000	$258,000	1% energy reduction,
Chicago Floating	$855,000	$241,000	$173,000	$583,000	$320,000	No change in TCO
Seattle Fixed	$1,196,000	$313,000	$0	$571,000	$258,000	15% energy reduction,
Seattle Floating	$565,000	$423,000	$175,000	$583,000	$321,000	6% better TCO
Miami Fixed	$2,420,000	$13,000	$0	$571,000	$258,000	11% energy increase,
Miami Floating	$2,224,000	$54,000	$342,000	$583,000	$386,000	6% worse TCO

D'autres résultats sont illustrés dans **le Tableau 1**, notamment les différences au niveau de l'énergie totale (kWh) et au niveau de l'indicateur d'efficacité énergétique partielle (pPUE)[7]. **Bien que l'indicateur d'efficacité énergétique (PUE) s'améliore dans tous les scénarios, la consommation d'énergie ne s'améliore pas toujours. Ce résultat souligne les limitations liées à l'utilisation de l'indicateur PUE uniquement comme base des décisions opérationnelles.**

Nous avons également mis en évidence la température variable maximale qui aboutirait au coût total de possession le plus bas pour chacune des trois villes. Comme le montrent les données, cette température optimale varie beaucoup d'une ville à l'autre.

[7] Dans cette analyse, le pPUE représente uniquement les pertes du système de refroidissement.

Tableau 1

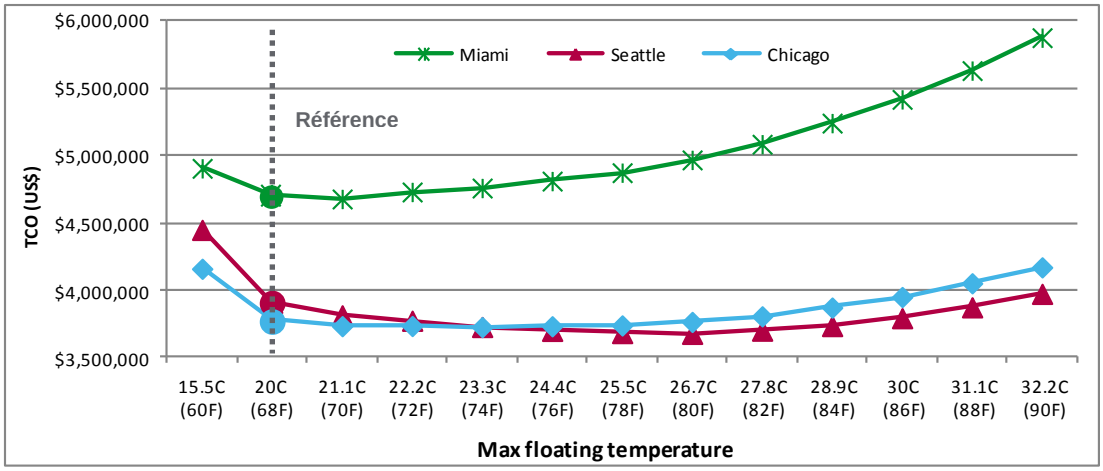
Récapitulatif des résultats avec une valeur de référence fixe de 20 ˚C et des températures variant entre 15,6 et 26,7 ˚C À PLEINE CHARGE

	Chicago	Seattle	Miami
Énergie totale (kWh)	0,98% d'économies	14,51% d'économies	11,01% d'augmentation
pPUE (refroidissement uniquement)	Amélioration de 1,203 à 1,178	Amélioration de 1,222 à 1,166	Amélioration de 1,327 à 1,312
Plage de variation de température avec le TCO le plus bas	15,6 à 23 ˚C	15,6 à 26,7 ˚C	15,6 à 21 ˚C

La figure 4 est un graphique illustrant le TCO ($) à mesure que nous avons modifié la température maximale de la plage de variation de températures. Dans tous les cas, nous avons assumé que la température *minimale de* la plage de variation de températures était de 15,6 ˚C.

Figure 4

Résumé des résultats du scénario de référence (20 ˚C) et du scénario de variation max. de température de 15,6 à 26,7 ˚C À PLEINE CHARGE



Ce graphique montre **l'impact significatif des données d'intervalle sur les résultats**. À Seattle, la température optimale pour cette architecture de refroidissement se produit à 27 ˚C, tandis qu'à Chicago, cette même architecture a une température maximum optimale de 23 ˚C et à Miami, cette température est de 21 ˚C uniquement. Ces constatations peuvent surprendre. Elles sont le résultat de l'augmentation de la consommation énergétique des serveurs et des CRAH qui fait plus que dépasser les économies du groupe de production d'eau glacée au-dessus de ces températures. À Miami, les heures d'économiseur sont limitées par la météo. Par conséquent, les économies du groupe de production d'eau glacée ne pouvaient pas compenser l'augmentation de consommation, même à 22 ˚C. **La figure 5** indique les données d'intervalle des trois villes et montre que la répartition des températures varie considérablement d'un endroit à un autre. Le nombre d'heures à différents intervalles de température détermine combien d'heures d'économiseur vous pouvez gagner lorsque vous augmentez le point de réglage.

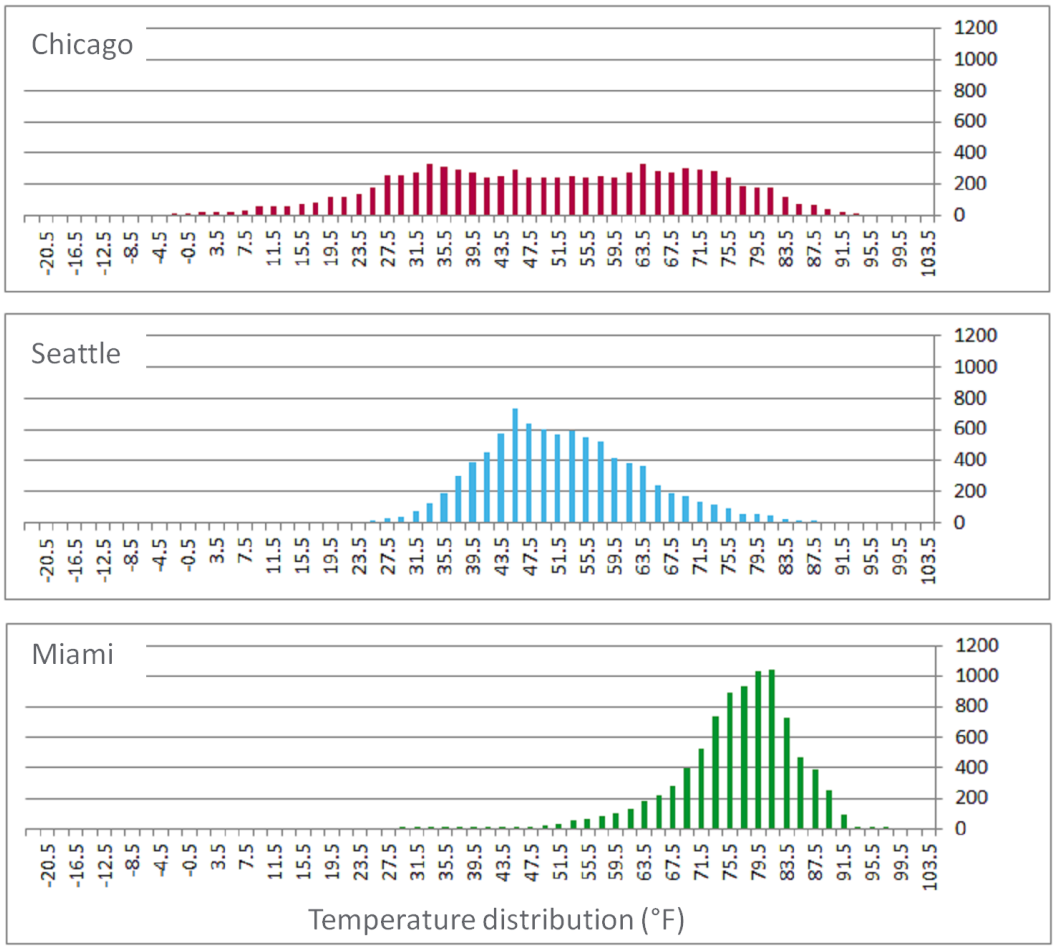


Figure 5

Variation des données d'intervalle pour les 3 sites : Chicago, Seattle et Miami (L'axe vertical représente le nombre d'heures)

Référence contre température fixe supérieure

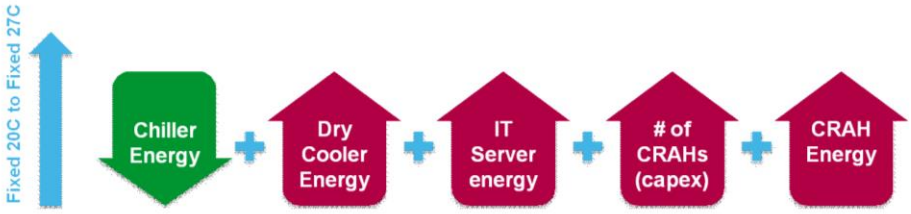
Lorsque les opérateurs pensent à augmenter les températures dans leur datacenter, ils comprennent généralement qu'il s'agit d'élever la température sur un nouveau point de réglage FIXE. Comme cette analyse le suggère, les systèmes de contrôle sont rarement configurés pour gérer la condition de variation. Donc, quel est l'impact sur la consommation d'énergie, le coût total de possession et la fiabilité (Facteur X) de l'élévation de la température du datacenter sur une valeur FIXE de 27 ˚C ?

Les ventilateurs de serveur consommeront toujours plus d'énergie que le scénario de référence, car une température d'entrée fixe élevée leur impose de tourner à la même vitesse supérieure toute l'année. **La figure 6** compare la température fixe supérieure à la température fixe de référence. Les conclusions sont les suivantes :

- La consommation d'énergie des serveurs est même plus élevée que le scénario de variation de température car les ventilateurs de serveur tournent à la température plus élevée à longueur d'année.
- Les données d'intervalle météorologiques sont un facteur significatif pour déterminer si une température de fonctionnement plus élevée est un choix judicieux.
- La fixation d'une température plus élevée est toujours pire qu'une plage de variation de température allant jusqu'à cette température plus élevée, car lorsque la température est fixée, il n'y a jamais de jours où les serveurs et les CRAH peuvent consommer moins d'énergie.
- Aucun impact sur le nombre d'heures d'économiseur et par conséquent sur la consommation électrique du groupe de production d'eau glacée et du refroidisseur à sec, par comparaison avec le scénario de variation de température.

Figure 6

Récapitulatif des résultats avec une valeur de référence fixe de 20 ˚C et une température fixe supérieure de 27 °C À PLEINE CHARGE



Chicago 20C	$1,186,000	$162,000	$0	$571,000	$258,000	13% energy increase,
Chicago 27C	$855,000	$241,000	$345,000	$583,000	$388,000	5% worse TCO
Seattle 20C	$1,196,000	$313,000	$0	$571,000	$258,000	2% energy reduction,
Seattle 27C	$565,000	$423,000	$345,000	$583,000	$388,000	1% better TCO
Miami 20C	$2,420,000	$13,000	$0	$571,000	$258,000	11% energy increase,
Miami 27C	$2,224,000	$54,000	$345,000	$583,000	$388,000	6% worse TCO

Le tableau 2 résume les conclusions additionnelles notamment l'énergie totale (kWh) et le pPUE. À nouveau, ces résultats montrent que (1) la consommation d'énergie n'est pas toujours améliorée en cas d'augmentation des températures des équipements informatiques et (2) l'indicateur PUE comme seule métrique est insuffisant.

Tableau 2

Récapitulatif des résultats avec une valeur de référence fixe de 20 ˚C et une valeur fixe de 27 °C À PLEINE CHARGE

	Chicago	Seattle	Miami
Énergie totale (kWh)	12,52% d'augmentation	2,34% d'économies	11,16% d'augmentation
pPUE (refroidissement uniquement)	Amélioration de 1,221 à 1,182	Amélioration de 1,241 à 1,170	Amélioration de 1,363 à 1,312

Impact de l'alimentation du ventilateur de serveur et du CFM

Lorsque la température d'entrée des serveurs augmente, le besoin en débit d'air (CFM) et l'alimentation des ventilateurs augmentent. Le Livre blanc 138, *Impact énergétique d'une température d'entrée du serveur élevée* présente les résultats d'une étude avec des mesures énergétiques effectuées dans un environnement de laboratoire pour différents modèles de serveurs. Le graphique de **la figure 7** est la courbe composite élaborée à partir de ces mesures. Notre analyse a utilisé cette courbe comme l'accélération supposée de la consommation énergétique au fur et à mesure de l'augmentation de la température.

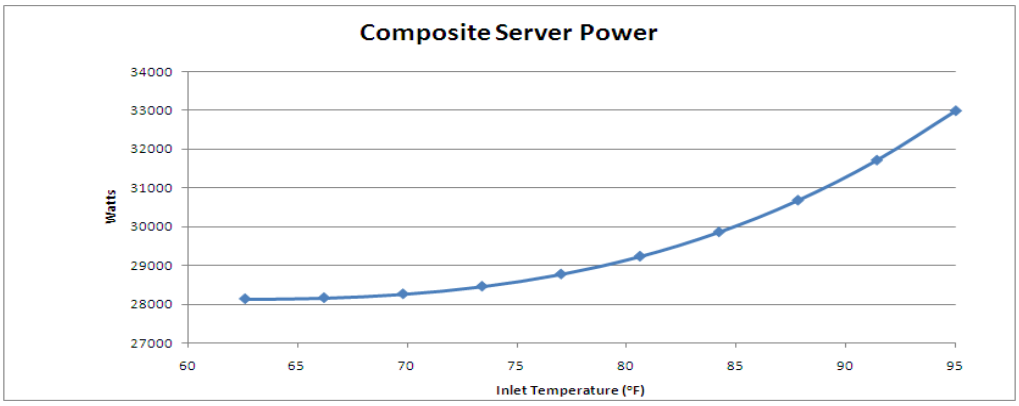
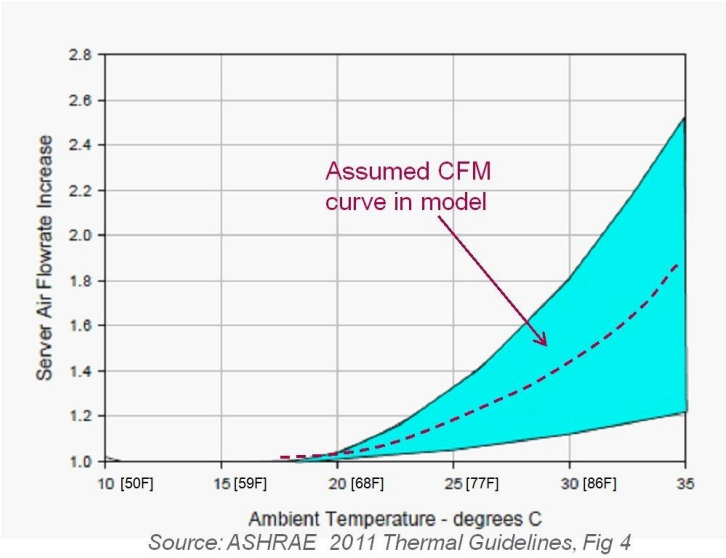


Figure 7

Alimentation de serveur composite comparée à la température d'entrée telle que présentée dans le Livre blanc 138.

Sur **la figure 8**, l'augmentation du CFM en tant que fonction de la température est basée sur les données publiées de l'ASHRAE. Notre analyse a utilisé une courbe moyenne (ligne rouge en pointillé), mais comme l'illustre le graphique, la variation de serveur à serveur est assez importante lorsque l'on passe à des températures plus élevées.



Source: ASHRAE 2011 Thermal Guidelines, Fig 4

Figure 8

Besoin en débit d'air du serveur en fonction de la température de fonctionnement

Si le besoin en CFM du serveur n'avait pas augmenté lorsque la température a augmenté (c'est-à-dire si la courbe était plate), les résultats de cette analyse seraient très différents. Le comportement de l'équipement informatique à des températures élevées est ce qui neutralise les économies d'énergie du groupe de production d'eau glacée, et ce qui rend l'analyse complexe. Une courbe plate signifierait que des températures plus élevées sont toujours préférables parce que vous réalisez des économies grâce à l'optimisation sans aucune pénalité énergétique du côté des serveurs et des CRAH.

Pour illustrer l'impact que la courbe du CFM a sur l'ensemble des résultats, nous avons effectué une analyse de sensibilité (**tableau 3**), avec un flux d'eau réfrigérée constant et en variant l'augmentation du CFM en fonction de la température depuis une courbe plate (c'est-à-dire pas d'augmentation) jusqu'à la plus forte augmentation (courbe supérieure de la zone bleue sur **la Figure 8**). Voici ce qui se produit à mesure que nous passons à une courbe plus raide :

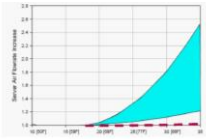
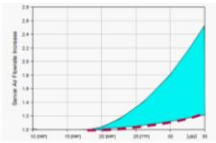
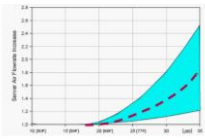
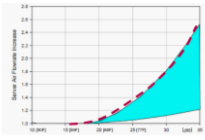
- L'alimentation du ventilateur de serveur devient une plus grande pénalité car elle est proportionnelle au cube de la vitesse de l'arbre de ventilateur.
- Le nombre de CRAH nécessaires augmente du fait d'un besoin plus élevé en débit d'air.

- La consommation d'énergie du CRAH augmente du fait d'un besoin plus élevé en débit d'air.
- Les heures d'économiseur baissent du fait du besoin en eau réfrigérée plus froide pour compenser la baisse du delta T du CRAH et la diminution associée de l'efficacité de la bobine du CRAH.

Dans les trois villes, le comportement de l'équipement informatique est un moteur clé de l'impact énergétique global lors du passage à des températures variables plus élevées. Ces résultats montrent à quel point il est important de comprendre le comportement de l'équipement informatique et d'analyser le datacenter de façon globale avant de réaliser des changements opérationnels.

Tableau 3

Impact sur la consommation énergétique totale (kWh) des différentes courbes CFM pour la référence fixe de 20 ˚C et les variations de 15,6 à 26,7 °C À PLEINE CHARGE

	Chicago	Seattle	Miami
 aucune augmentation	23 % d'économies	36 % d'économies	13 % d'économies
 faible augmentation	12 % d'économies	27 % d'économies	1 % d'augmentation
 augmentation modérée	1 % d'économies	15 % d'économies	11 % d'augmentation
 forte augmentation	15 % d'augmentation	10 % d'augmentation	25 % d'augmentation

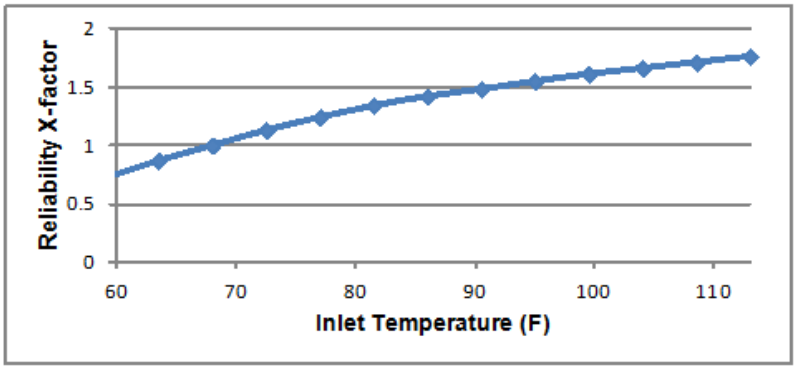
Impact sur la fiabilité

L'analyse a porté jusqu'ici sur la température optimale en termes d'économies d'énergie et de TCO. La fiabilité est un autre facteur qui doit être pris en compte lors de la sélection de la ou des températures de fonctionnement. Facteur X[8], une métrique publiée par le comité ASHRAE TC9.9, qui correspond au rapport entre le taux de défaillance à une température donnée du thermomètre sec et le taux de défaillance à 20 ˚C. Voir **Figure 9**.

[8] http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE%20Networking%20Thermal%20Guidelines.pdf

Figure 9

Le facteur X de l'ASHRAE en tant que fonction de la température d'entrée de l'équipement informatique



Le facteur X est-il important ?

Les opérateurs de datacenters pourraient remettre en question l'importance d'un changement du facteur X étant donné ce qui suit :

- L'obtention des données réelles de taux de défaillance auprès des fournisseurs est difficile car elles ne sont généralement pas publiées. Une augmentation de 30 % du facteur X avec un taux de défaillance minuscule ne serait pas préoccupante pour un opérateur.
- Les taux de défaillance varient en fonction du temps (taux de défaillance plus élevé pour les cycles de rafraîchissement plus longs).
- Les équipements autres que les serveurs (par ex. les périphériques de stockage) peuvent expérimenter des taux différents.

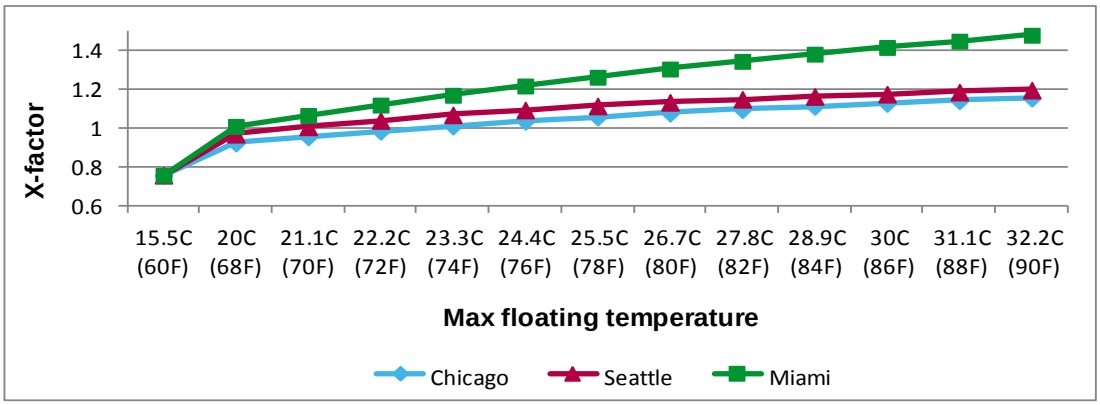
Ces données montrent que, par rapport au taux de défaillance des serveurs à 20 ˚C, les défaillances vont augmenter à mesure que la température de fonctionnement augmente. Par conséquent, augmenter simplement la température jusqu'à un point de réglage fixe se traduit toujours par une diminution de la fiabilité si les serveurs suivent la courbe de **la figure 7**.

Des variations de températures vers le haut et vers le bas sont la seule façon de maintenir la fiabilité. À titre d'exemple, imaginons que mon datacenter était à 61 ˚F pendant la moitié de l'année (Facteur X=0,8) et à 75 ˚F pendant l'autre moitié de l'année (Facteur X=1,2), mon Facteur X moyen serait égal à 1. En d'autres termes, il n'y aurait aucun impact sur le total de mes échecs.

La figure 10 montre l'impact de la température de variation maximale sur le facteur X, pour chacune des villes analysées. Ces données montrent qu'à Chicago, faire varier la température de l'environnement informatique jusqu'à 23,3˚C permet de réduire les coûts sans aucune pénalité pour la fiabilité. Au-delà de cette température, il y aura une augmentation des échecs par rapport à la référence. Pour Seattle, cette température est de 21,1 ˚C et à Miami, elle est de 20 ˚C. Encore une fois, ces résultats sont largement dictés par les intervalles des données météo. S'il y a beaucoup d'heures de température plus fraîches (comme à Chicago), elles peuvent compenser les heures de température plus chaudes, mais dans un environnement plus tropical (comme à Miami), il n'y a pas autant d'heures de températures fraîches pour contrer celles qui dépassent 20 ˚C.

Figure 10

Le Facteur X en tant que fonction de température variable pour Chicago, Seattle et Miami



La comparaison du scénario de référence avec la température fixe plus élevée de 27 ˚C montre une **augmentation des pannes de 31 %**. Ce chiffre est indépendant du lieu, car maintenant, l'équipement informatique est exposé à la même température élevée toute l'année.

Un autre point de discussion courant au sujet des implications pour la fiabilité en cas d'augmentation des températures de l'équipement informatique, a trait à ce qu'il advient en cas de coupure de courant. Si mon datacenter est à une température initiale plus élevée, j'ai moins de temps à ma disposition, si mon système de refroidissement est en panne, avant que mon équipement informatique ne surchauffe et ne cesse de fonctionner[9].

Malheureusement, aujourd'hui, il semble y avoir un manque de données chiffrées quant aux implications en termes de fiabilité et si ces métriques relatives sont utiles, elles sont malgré tout incomplètes.

Autres scénarios

L'analyse présentée ci-dessus est basée sur une architecture particulière avec des hypothèses particulières. Deux variations clés sont abordées ci-dessous parce qu'elles sont courantes aujourd'hui dans les datacenters : CRAH surdimensionnés et datacenters peu chargés.

Que faire si mes CRAH sont surdimensionnés ?

Dans l'analyse décrite ci-dessus, nous avons supposé que le débit d'air du CRAH (CFM) était parfaitement adapté au besoin de débit d'air du serveur, ce qui est le meilleur scénario du point de vue des dépenses d'investissement. Toutefois, ce cas de figure ne se présente presque jamais dans la pratique parce qu'il y a toujours une partie de l'air froid qui contourne les entrées des équipements informatiques. Dans un datacenter, la capacité de débit d'air du CRAH installé est toujours supérieure à celle requise par l'équipement informatique pour garantir que tous les équipements informatiques reçoivent la bonne quantité d'air froid. Une partie de ce surdimensionnement peut être intentionnelle, à titre de marge de sécurité ou pour la redondance, et une partie peut être accidentelle en raison de la difficulté à prévoir les charges ou la réduction des charges due à la virtualisation. Les évaluations de l'Institut Uptime[10] ont permis de constater que ce surdimensionnement du CRAH correspondait en moyenne à 2,6 fois la capacité requise par les équipements informatiques. Ce surdimensionnement est évidemment une pénalité en termes de dépense d'investissement mais peut en fait réduire la consommation d'énergie par comparaison avec le scénario idéal dans lequel les capacités sont « parfaitement adaptées » aux besoins.

Ce phénomène est dû aux lois sur les ventilateurs (parfois appelées pertes de cube) selon lesquelles la puissance du ventilateur est proportionnelle au cube de la vitesse de son axe. Lorsque le débit d'air du CRAH est surdimensionné, les ventilateurs à vitesse variable fonctionnent à un CFM moindre (c.-à-d. à une vitesse inférieure), et consomment donc moins d'énergie. Nous avons analysé l'implication sur 10 ans au niveau de l'énergie de refroidissement, du surdimensionnement du débit d'air du CRAH à raison de 25 %, 50 %, 75 % et 100 % tout en faisant varier la température d'entrée de l'équipement informatique jusqu'à 27 °C.

La figure 11 montre que, même si les 3 villes ont connu une réduction d'énergie au fur et à mesure de l'augmentation du surdimensionnement, Miami affiche cependant la plus grande réduction d'énergie (pente plus importante). C'est parce que Miami a connu un nombre limité d'heures à des températures plus froides pendant lesquelles les ventilateurs auraient pu réduire leur vitesse. Par conséquent, une réduction de la consommation d'énergie des ventilateurs par le surdimensionnement des unités CRAH a été réalisée pour presque tous les intervalles d'heure. Notez que ce surdimensionnement des CRAH est associé à une

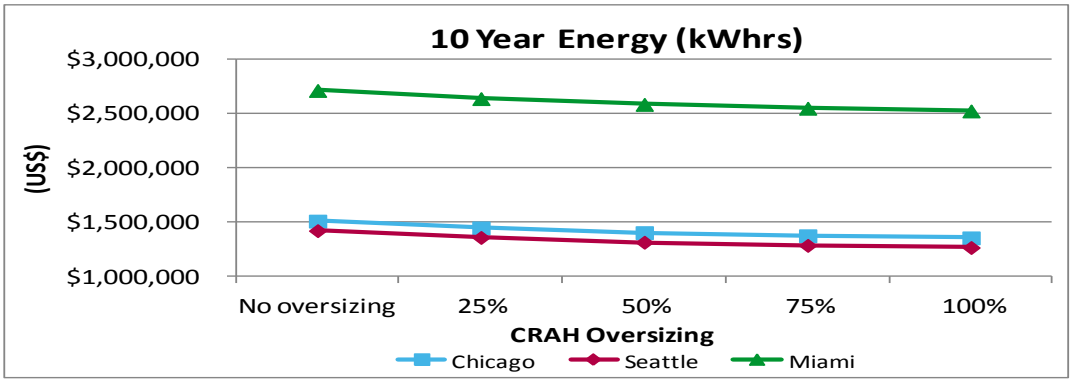
[9] Voir le Livre blanc 179, Augmentation de la température du datacenter lors d'une panne du système de refroidissement.

[10] https://uptimeinstitute.com/uptime_assets/c7f39bad00527fa4e2207a5f1d5dfc1f8295a0a27287bb670ad03fafbdaa0016-00000web4.pdf

augmentation des dépenses d'investissement qui dépasse généralement les économies réalisées sur l'énergie de refroidissement sur dix ans. Bien qu'un certain surdimensionnement contribue à éviter les points chauds devant les équipements informatiques, cette pratique doit être équilibrée avec des pratiques de traitement de l'air appropriées.

Figure 11

Effet du surdimensionnement des CRAH sur le coût énergétique sur 10 ans avec variation de 15,6 à 26,7 ˚C



Et si mon datacenter n'est qu'à 50 % de sa capacité ?

C'est une bonne question dans la mesure où la plupart des capacités de datacenter (kW) sont basées sur des charges futures incertaines, résultant dans la pratique en des systèmes sous-utilisés. La plupart des datacenters utilisent entre 30 et 60 % de leur capacité.

Nous avons exécuté la même analyse que ci-dessus, mais avec le datacenter de 1 mégawatt chargé à 50 % (500 kW), et une capacité additionnelle du CRAH de 25 %. Les résultats sont illustrés dans **le tableau 4** (Référence par rapport à Températures variables) et dans le **Tableau 5** (Référence par rapport à Température supérieure fixe).

Lorsque nous faisons varier les températures dans un datacenter chargé à 50 %, les économies augmentent (en pourcentage de l'énergie utilisée avec une température de référence fixe). La majorité des économies supplémentaires provient d'une consommation énergétique moindre du groupe de production d'eau glacée, ce qui est le résultat de davantage d'heures de refroidissement gratuites. Ces économies sont réalisées parce qu'un refroidisseur à sec qui est à moitié chargé est capable d'atteindre la température de l'eau réfrigérée plus tôt dans l'année (température d'approche inférieure).

Il est important de se rappeler que ces économies sont réalisables SI la température du datacenter peut varier. Dans la pratique, ce n'est presque jamais fait parce que les systèmes de contrôle ne sont pas configurés pour régler les températures de façon dynamique/automatique. **Le tableau 5** montre les résultats pour un datacenter chargé à 50 % lorsque vous faites monter la température de l'espace informatique jusqu'à une valeur fixe de 27 ˚C. Par rapport à la température fixe de référence, cette approche entraîne une pénalité énergétique dans les trois villes analysées. Elle représente en outre une augmentation du Facteur X, car l'équipement informatique est exposé à une température supérieure constante. Comme mentionné précédemment, cette situation peut aboutir à un problème de fiabilité. Dans tous les scénarios, l'indicateur PUE s'est amélioré. Il est donc évident que l'utilisation de ce seul indicateur ne permet pas d'assurer des prises de décision optimales.

Tableau 4

*Récapitulatif des résultats avec une valeur de référence fixe de 20 °C et des températures variant entre 15,6 et 26,7 °C pour un **datacenter CHARGÉ À 50 %.***

	Chicago	Seattle	Miami
Énergie totale (kWh)	12,7% d'économies	10,9% d'économies	0,2% d'augmentation
pPUE (refroidissement uniquement)	Amélioration de 1,092 à 1,075	Amélioration de 1,091 à 1,079	Amélioration de 1,157 à 1,138
Température avec le TCO le plus bas	27 °C	27 °C	21 °C
Facteur X	Amélioration de 1 à 0,94	Amélioration de 1 à 0,87	Aggravation de 1 à 1,27

Tableau 5

*Récapitulatif des résultats avec une valeur de référence fixe de 20 °C et une valeur fixe de 27 °C **pour un datacenter chargé à 50 %***

	Chicago	Seattle	Miami
Énergie totale (kWh)	5,3% d'augmentation	10,6% d'augmentation	1,8% d'augmentation
pPUE (refroidissement uniquement)	Amélioration de 1,092 à 1,075	Amélioration de 1,091 à 1,080	Amélioration de 1,157 à 1,138
Facteur X	Aggravation de 1 à 1,309	Aggravation de 1 à 1,309	Aggravation de 1 à 1,309

Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte dans le pourcentage des améliorations/pénalités indiquées dans ces tableaux. Un datacenter chargé à 50 % a un refroidisseur à sec surdimensionné qui nous permet d'obtenir davantage d'heures d'économiseur, donc moins de temps pour le groupe de production d'eau glacée. Cette configuration a des conséquences non seulement sur la consommation d'énergie du refroidisseur à sec et du groupe de production d'eau glacée mais également sur la pénalité en kWh IT (dans le cas des températures variables). Ces changements dépendent des localisations (Données par intervalles spécifiques) et à mesure que ces dynamiques changent, les grands moteurs de la consommation d'énergie totale changent également.

C'est pourquoi vous pourriez trouver des résultats dans le présent document qui semblent contre-intuitifs. N'oubliez pas que tous les résultats indiqués sont des économies/pénalités *relatives* comparées à la valeur de référence pour l'emplacement et la charge spécifiques.

Recommandations

Les analyses du présent document montrent que de nombreuses variables influencent les réductions de coûts (ou les pénalités) et que l'augmentation des températures n'est pas toujours une bonne chose. Avant de procéder à des changements de température dans un datacenter, il est important d'avoir une solide compréhension des conditions de la conception, des attributs du système, de la charge, etc. Nous vous recommandons de faire ce qui suit avant d'augmenter les températures du datacenter :

- Les pratiques de traitement de l'air telles que le confinement et les panneaux d'obturation doivent être en place avant d'essayer d'augmenter les températures d'entrée de l'espace informatique. Ces pratiques éviteront de créer des points chauds. Consultez le Livre blanc 153, *Mise en œuvre d'un confinement d'air chaud et froid dans les centres de données existants*, pour plus d'informations sur la mise en œuvre de ces pratiques.
- Assurez-vous de comprendre comment votre équipement informatique va se comporter (consommation électrique et besoins en CFM) quand vous augmenterez les températures. Demandez ces informations à vos fournisseurs.

- Vérifiez si vous pouvez ajuster les paramètres du BIOS de vos équipements informatiques pour optimiser leurs performances à des températures plus élevées. Cette préparation exige un niveau plus élevé de collaboration entre le service des installations et le département informatique.
- Le facteur X prédit une augmentation relative des taux de défaillance mais contactez votre ou vos fournisseurs informatiques et déterminez avec eux si le taux réel est suffisamment significatif pour être préoccupant.
- Comme les datacenters ne sont pas uniquement constitués de serveurs, assurez-vous de bien comprendre également l'impact sur la fiabilité des autres équipements, notamment les équipements de stockage et de réseau.
- Assurez-vous que votre architecture de refroidissement peut fonctionner à des températures élevées (par ex. certains groupes de production d'eau glacée ne peuvent pas fonctionner à des températures d'eau réfrigérée plus élevées).
- Assurez-vous que votre plan de croissance inclut l'impact négatif potentiel sur la consommation énergétique de l'accroissement des températures d'entrée pour les équipements informatiques. En d'autres termes, des économies réalisées à 50 % de charge pourraient être en réalité des pénalités en termes de coûts avec une charge à 80 %.
- Modélisez la quantité totale d'énergie que vous pourriez économiser en augmentant les températures par comparaison avec d'autres stratégies d'optimisation. Des sociétés telles que Romonet[11] proposent des logiciels pour vous aider à analyser les dynamiques système spécifiques à votre datacenter. C'est un point vital car chaque datacenter va se comporter différemment.
- Lors de l'évaluation des changements, veillez à examiner la consommation totale d'énergie, car utiliser uniquement l'indicateur PUE peut-être trompeur.

Conclusion

Les opérateurs de datacenters sont aux prises avec la décision d'augmenter ou non les températures dans leur espace informatique. Une telle approche est-elle sûre ? Quelle est la bonne température ? Les avantages compensent-ils le risque ? Telles sont certaines des questions auxquelles ils sont confrontés. Ce document contribue à expliquer les conséquences de l'élévation des températures. Il est important, avant de faire des choix, de comprendre pleinement l'architecture et d'effectuer une analyse complète. Cette analyse a démontré que :

- L'architecture de refroidissement et l'emplacement géographique (plus précisément le profil de température du climat) ont un impact déterminant sur le point de réglage de la température informatique optimale.
- La forme de la courbe des ventilateurs de serveur et du CFM sont des facteurs clés.
- Si l'augmentation des températures améliore l'efficacité du groupe de production d'eau glacée (en augmentant les heures d'économiseur), ces économies peuvent être neutralisées par une augmentation de la consommation énergétique des équipements informatiques et des systèmes de traitement d'air.
- Les conditions de fonctionnement telles que le pourcentage de charge et le surdimensionnement/la redondance des CRAH influent sur les économies ou les pénalités obtenues.
- Vous ne devriez pas assumer que l'augmentation de la température est toujours une bonne chose. Comprenez complètement les dynamiques spécifiques de votre système avant toute modification.
- Les architectures de refroidissement qui utilisent les modes d'économiseur d'air direct et indirect fonctionneront probablement mieux que l'architecture de groupe de production d'eau glacée monobloc que nous avons analysée dans le présent document.

[11] http://www.romonet.com

À propos des auteurs

Wendy Torell est analyste de recherche senior au sein du Data Center Science Center de Schneider Electric. À ce poste, elle étudie les meilleures pratiques en matière de conception et d'exploitation des datacenters, publie des livres blancs ainsi que des articles, et développe des outils, les TradeOff Tools, pour aider les clients à optimiser la disponibilité, l'efficacité et le coût de leur environnement de datacenter. Elle interroge également les clients sur leurs méthodes techniques en termes de disponibilité et sur leurs pratiques de conception afin de les aider à atteindre les objectifs de performances de leurs datacenters. Elle est titulaire d'un diplôme de génie mécanique de l'Union College de Schenectady, dans l'État de New York, et d'une maîtrise de l'Université de Rhode Island. Wendy Torell est ingénieur en fiabilité, certifiée par l'American Society for Quality.

Kevin Brown est le Vice-Président de la division Center Global Solution Offer & Strategy chez Schneider Electric. Il est titulaire d'une licence en génie mécanique de l'université de Cornell. Avant d'occuper son poste actuel chez Schneider Electric, Kevin a été Directeur du développement des marchés chez Airxchange, un fabricant de produits et de composants de ventilation et de récupération d'énergie du secteur HVAC (chauffage, ventilation, climatisation). Il a précédemment occupé divers postes de direction chez Schneider Electric, notamment celui de Directeur du groupe de développement logiciel.

Victor Avelar est analyste de recherche senior au sein du Data Center Science Center de Schneider Electric. Il est responsable de la recherche portant sur la conception et l'exploitation du datacenter. Il évalue, en collaboration avec les clients, le risque et les pratiques conceptuelles pour optimiser la disponibilité et l'efficacité de leurs environnements de datacenters. Victor est titulaire d'une licence en génie mécanique de l'institut polytechnique Rensselaer et d'un MBA du Babson College. Il est membre de l'AFCOM.

Ressources

Principes fondamentaux des climatiseurs pour la technologie de l'information
Livre blanc 57

Modes économiseurs des systèmes de refroidissement des datacenters
Livre blanc 132

Impact énergétique d'une température d'entrée du serveur élevée
Livre blanc 138

Refroidissement de datacenters entiers avec uniquement un refroidissement par rangée
Livre blanc 139

Augmentation de la température du datacenter lors d'une panne du système de refroidissement
Livre blanc 179

Consultez tous les livres blancs
whitepapers.apc.com

Calculateur de PUE en mode économiseur de refroidissement
Outil TradeOff 11

Consultez tous les outils TradeOff
tools.apc.com

Contactez-nous

Pour des commentaires sur le contenu de ce livre blanc :

Data Center Science Center
dcsc@schneider-electric.com

Si vous êtes client et que vous avez des questions relatives à votre projet de datacenter :

Contactez votre représentant Schneider Electric
www.apc.com/support/contact/index.cfm

© 2015 Schneider Electric. Tous droits réservés.