

# Impact du confinement des allées froides et chaudes sur la température et l'efficacité du datacenter

## Livre Blanc 135

Révision 2

Par John Niemann  
Kevin Brown  
Victor Avelar

### > Résumé Général

Les systèmes de confinement thermique à allée chaude et froide permettent d'optimiser le rendement et la prévisibilité des systèmes de refroidissement des datacenters. Bien que les deux méthodes réduisent le brassage de l'air chaud et froid, elles présentent des différences pratiques en termes de mise en œuvre et de fonctionnement dont les conséquences sont importantes sur les conditions de l'environnement de travail, le PUE et les heures en mode économiseur. Le choix du confinement thermique à allée chaude par rapport au confinement à allée froide peut permettre d'économiser 43 % au niveau du coût énergétique annuel du système de refroidissement, ce qui correspond à une réduction de 15 % dans le PUE annualisé. Ce livre blanc analyse les deux approches et propose des arguments expliquant dans quelle mesure le confinement thermique à allée chaude est préférable pour les nouveaux datacenters.

### Table Des Matières

*Cliquez sur une section pour y accéder directement*

Introduction	2
Confinement des allées froides	3
Confinement des allées chaudes	4
Effet du confinement sur l'environnement de travail	6
Analyse des CACS et HACS	8
Considérations en termes de protection incendie	14
Conclusion	15
Ressources	16
Annexe	17

## Introduction

### > Comment optimiser l'utilisation du mode économiseur ?

La fonction de base d'un système de refroidissement liquide est de supprimer l'énergie thermique d'un datacenter en comprimant et développant un réfrigérant pour conserver l'eau réfrigérée à une température de distribution définie, en général 45 °F/7 °C. Lorsque la température extérieure est environ 19 °F/11 °C plus froide que la température de l'eau réfrigérée, le système de refroidissement liquide peut être éteint. La tour de refroidissement contourne alors le système de refroidissement liquide et supprime directement la chaleur du datacenter.

Augmenter la température de distribution de l'eau réfrigérée permet d'éteindre le système de refroidissement liquide pendant plus longtemps (heures en mode économiseur). Par exemple, la température extérieure peut être de 19 °F/11 °C inférieure à la température de l'eau réfrigérée de 45 °F/7 °C 1 000 heures par an. Mais si l'eau réfrigérée est augmentée à 55 °F/13 °C, le mode économiseur est utilisé pendant 3 700 heures.

Le coût élevé de l'énergie et les taux accélérés de consommation énergétique ont forcé les professionnels de datacenters à envisager des stratégies de confinement de l'air chaud et de l'air froid. Selon Bruce Myatt de EYP Mission Critical, la séparation de l'air chaud et de l'air froid « est l'une des mesures d'efficacité énergétique les plus prometteuses disponibles pour les nouveaux et anciens datacenters aujourd'hui » (*Mission Critical*, automne 2007). Outre l'efficacité énergétique, le confinement permet des températures d'entrée TI uniformes et supprime les zones de surchauffe que l'on trouve généralement dans les datacenters classiques non confinés.

Bien que le confinement des allées chaudes soit la solution préférée pour toutes les nouvelles installations et pour de nombreuses installations rénovées à faux-plancher, elle peut être difficile ou coûteuse à mettre à œuvre en raison d'une hauteur de plafond basse ou d'un plénum de plafond suspendu inaccessible. Le confinement des allées froides, même s'il n'est pas optimal, peut être l'option la plus adaptée dans ces cas-là.

Le confinement des allées chaudes et froides permet de réaliser d'importantes économies d'énergie par rapport aux configurations classiques non confinées. Ce livre analyse et quantifie la consommation d'énergie des deux méthodes de confinement. Alors que les deux stratégies de confinement des allées chaudes et froides permettent de réaliser des économies d'énergie, ce livre conclut que le confinement des allées chaudes peut permettre d'économiser 43 % d'énergie du système de refroidissement par rapport au confinement des allées froides, principalement en raison des heures en mode économiseur. Il conclut également que le confinement des allées chaudes doit toujours être utilisé pour les nouveaux datacenters.

Le confinement de l'air chaud ou froid dans un datacenter apporte les gains d'efficacité suivants. Il est important de noter qu'une structure d'allées chaudes/froides en rangées<sup>1</sup> est nécessaire à tout type de confinement des allées.

- **Les systèmes de refroidissement peuvent être réglés à une température d'alimentation supérieure (économisant ainsi l'énergie et augmentant la capacité de refroidissement) et continuer de fournir la charge avec des températures de fonctionnement sécurisées.** La température des systèmes de refroidissement du périmètre non confiné est réglée à un niveau plus bas (par ex., environ 55 °F/13 °C) que celle requise par l'équipement informatique, afin d'éviter les zones de surchauffe. Les zones de surchauffe sont créées lorsque la chaleur est captée par l'air froid alors ce dernier est acheminé de l'unité de refroidissement vers l'avant des racks. Le confinement permet d'augmenter les températures d'alimentation en air froid et en air de retour chaud vers l'unité de refroidissement. La température de retour plus élevée vers l'unité de refroidissement permet un meilleur échange thermique à travers la bobine de refroidissement, un renforcement de la capacité de refroidissement et une meilleure efficacité dans son ensemble. Cet effet vaut pour presque tous les équipements de climatisation. Certains équipements peuvent comporter une limite de température de retour maximale, mais, en général, les capacités des systèmes de refroidissement augmentent avec un air de retour plus chaud.

<sup>1</sup> Une configuration en rack où une rangée de racks est positionnée avec l'avant des racks faisant face à l'avant des racks de la rangée adjacente. Cette configuration fait alterner allées chaudes et froides.

- **Élimination des zones de surchauffe.** Le confinement permet à l'air entrant de l'unité de refroidissement d'atteindre l'avant de l'équipement informatique sans se mélanger avec l'air chaud. Cela signifie que la température de l'air entrant de l'unité de refroidissement est la même que la température d'entrée de l'air de l'équipement informatique. Lorsqu'aucun mélange ne se produit, la température de l'air entrant peut être augmentée sans risque de zones de surchauffe, tout en gagnant des heures en mode économiseur.
- **Les heures en mode économiseur augmentent.** Lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure, les compresseurs du système de refroidissement ne doivent pas rejeter la chaleur vers l'extérieur<sup>2</sup>. Augmenter la température du point de consigne sur les systèmes de refroidissement entraîne l'augmentation du nombre d'heures durant lesquelles les compresseurs du système de refroidissement peuvent être éteints pour économiser de l'énergie.<sup>3</sup> c
- **Les coûts d'humidification/de déshumidification sont réduits.** En éliminant le mélange entre l'air chaud et l'air froid, la température d'air entrant du système de refroidissement peut être augmentée, permettant ainsi au système de refroidissement de fonctionner au-dessus de la température de point de rosée. Lorsque la température de l'air d'alimentation est supérieure au point de rosée, aucune humidité n'est supprimée de l'air. Si aucune humidité n'est supprimée, l'ajout d'humidité n'est pas nécessaire, pour économiser de l'énergie et de l'eau.
- **Meilleure utilisation globale de l'infrastructure physique qui permet un dimensionnement correct qui, en retour, offre un renforcement de l'efficacité des équipements en fonctionnement.** Les équipements surdimensionnés connaissent des pertes fixes plus importantes<sup>4</sup> que les équipements correctement dimensionnés. Cependant, le surdimensionnement est nécessaire pour le refroidissement traditionnel parce qu'une puissance de ventilation supplémentaire est requise à la fois pour résoudre les problèmes d'encombrement du plancher et pour pressuriser le plénum du faux-plancher.

## Confinement des allées froides

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 153

Mise en œuvre du  
confinement des allées  
chaudes et froides dans  
les datacenters existants

Un système de confinement des allées froides (CACS) entoure l'allée froide, permettant ainsi au reste du datacenter de devenir un important plénum de retour d'air chaud. En confinant l'allée froide, les flux d'air chaud et d'air froid sont séparés. Veuillez noter que cette méthode de confinement nécessite que les rangées des racks soient installées selon un agencement allées chaudes/allées froides cohérent.

La **Figure 1** illustre le principe de base du confinement des allées froides dans un datacenter avec des unités de refroidissement périmétriques et un faux-plancher. Le déploiement du CACS dans ce type de datacenter est réalisé en entourant les extrémités des allées froides, ce qui permet de moderniser de manière pratique de nombreux datacenters existants. Pour plus de conseils sur ce sujet, voir le Livre blanc n° 153, *Mise en œuvre du confinement des allées chaudes et froides dans les datacenters existants*.

Les solutions développées en interne sont déployées là où plusieurs types de rideaux en matière plastique suspendus à partir du plafond sont utilisés par les opérateurs de datacenter pour entourer l'allée froide (**Figure 2**). Certains fournisseurs offrent des panneaux de plafond et des portes d'extrémité pour les racks voisins afin de séparer les allées froides de l'air chaud circulant dans la salle.

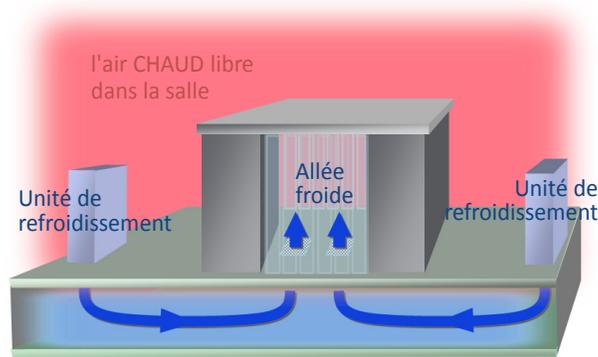
<sup>2</sup> La différence entre la température extérieure et intérieure doit être assez importante pour tenir compte des inefficacités des échangeurs de chaleur, d'une isolation imparfaite et d'autres pertes.

<sup>3</sup> Les points de consigne peuvent être limités dans les systèmes de refroidissement des bâtiments partagés par le datacenter

<sup>4</sup> Perte fixe, également appelée perte sans charge, fixe, perditance ou à vide, est une perte constante qui est indépendante de la charge. Un climatiseur à vitesse constante est un exemple de perte fixe parce qu'il fonctionne à la même vitesse tout le temps, indépendamment de la charge.

**Figure 1**

Système de confinement des allées froides (CACs) déployé avec une approche de refroidissement par salle



**Figure 2**

Exemple de système de confinement des allées froides « développé en interne »



Rideaux en plastique suspendus à partir du plafond aux extrémités des allées froides

Faux-plancher avec dalles perforées pour la distribution de l'air froid

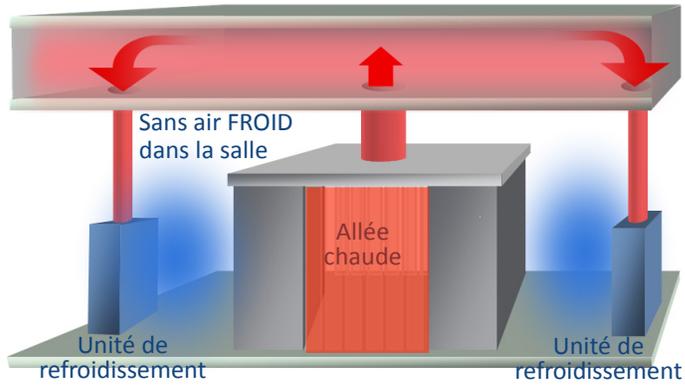
## Confinement des allées chaudes

Un système de confinement des allées chaudes (HACS) entoure l'allée chaude pour recueillir l'air chaud évacué des équipements informatiques, permettant ainsi au reste de la salle de devenir un important plénum d'alimentation en air chaud. En confinant l'allée chaude, les flux d'air chaud et d'air froid sont séparés. Veuillez noter que cette méthode de confinement nécessite que les rangées des racks soient installées selon un agencement allées chaudes/allées froides cohérent. La **Figure 3** illustre le principe de base du HACS. Un exemple de HACS qui utilise les unités de refroidissement par rangée, fonctionnant comme zone indépendante est illustré à la **Figure 4**.

Sinon, le HACS peut être acheminé vers un système de refroidissement de la pièce (CRAH) ou une importante unité de climatisation à distance à l'aide d'une grande cheminée située sur l'intégralité de l'allée chaude (**Figure 5**). L'avantage majeur de cette option HACS réside dans le potentiel d'utilisation des modes économiseur disponibles. Ce type de conception HACS est préféré dans les grands datacenters conçus à des fins spécifiques en raison des gains d'efficacité obtenus grâce aux modes économiseur d'air. Un système de ce type peut nécessiter d'importants plénums d'air fabriqués et/ou un bâtiment personnalisé pour gérer de manière efficace l'important volume d'air. Par conséquent, cette variation de HACS est la mieux adaptée aux nouvelles conceptions ou à des datacenters plus importants. Veuillez noter que les options HACS mentionnées ici sont également possibles avec le CACS, cependant, ce livre va démontrer que les économies d'énergie avec le HACS sont nettement plus élevées.

**Figure 3**

*Système de confinement des allées chaudes (HACS) déployé avec une approche de refroidissement par rangée*



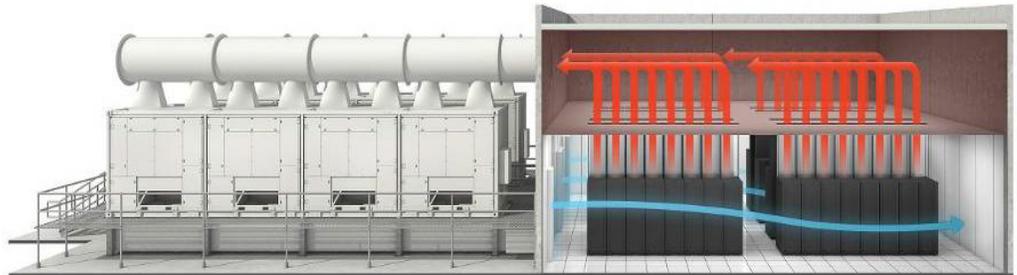
**Figure 4**

*Exemple de système de confinement des allées chaudes (HACS) fonctionnant comme zone indépendante*



**Figure 5**

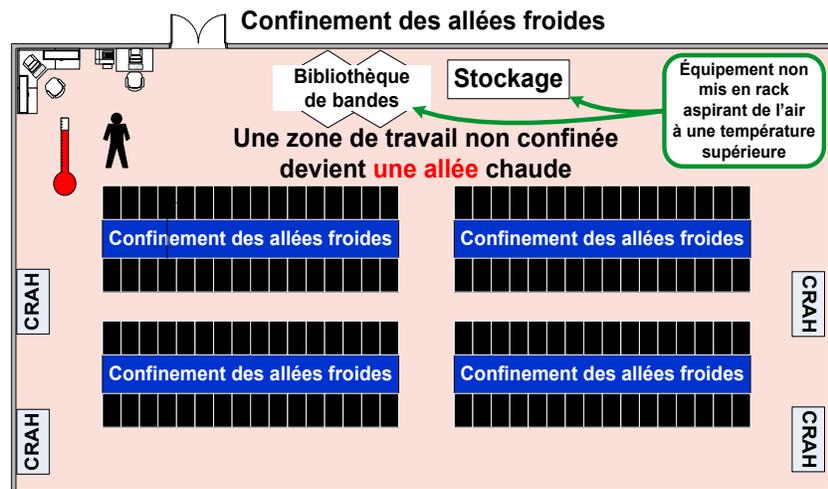
*Système de confinement des allées chaudes (HACS) acheminé vers un climatiseur à distance*



## Effet du confinement sur l'environnement de travail

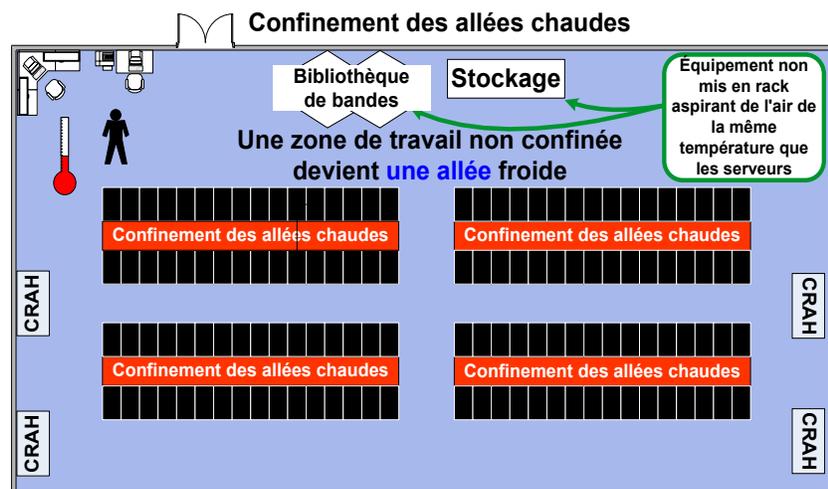
Indépendamment du type de système de confinement, l'intérieur du datacenter doit toujours être accessible au personnel. Cette zone non confinée doit être maintenue à une température raisonnable afin de ne pas violer les réglementations de l'OSHA ou les directives ISO 7243 quant au dépassement de la température au thermomètre-globe mouillé (WBGT)<sup>5</sup>. **Veillez noter la différence suivante dans la zone non confinée :**

- Avec le confinement des allées froides, la zone non confinée prend la même température que l'allée chaude, illustrée en rouge à la **Figure 6**.
- Avec le confinement des allées chaudes, la zone non confinée prend la même température que l'allée froide, illustrée en bleu à la **Figure 6**.



**Figure 6**

*Environnements de travail non confinés avec confinement des allées froides et des allées chaudes*



<sup>5</sup> OSHA (Occupational Safety & Health Administration) Manuel technique, section III, chapitre 4 ISO (International Organization for Standardization) 7243, « Ambiances chaudes -- Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)

»

Avec le CACS, les températures élevées dans l'allée chaude font que la zone non confinée va atteindre les mêmes températures, ce qui peut s'avérer problématique pour le personnel informatique qui est stationné en permanence à un bureau dans le datacenter. Avec le HACS, les températures élevées dans l'allée chaude restent confinées dans l'allée chaude et, par conséquent, n'affectent pas le personnel informatique stationné en permanence dans la zone non confinée.

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 123

Impact des allées chaudes  
haute densité sur les  
conditions de travail du  
personnel informatique

## > WBGT

La « température au thermomètre-globe mouillé » (WBGT) est un indice qui mesure la tension thermique sur les environnements de travail de l'homme.

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot \text{NWB} + 0,3 \cdot \text{GT}$$

NWB correspond à la température du thermomètre mouillé naturelle et GT à la température de globe

La NWB est mesurée en plaçant une mèche imbibée d'eau sur l'extrémité d'un thermomètre au mercure. L'évaporation réduit la température du thermomètre sec et démontre la facilité avec laquelle un employé peut dissiper de la chaleur en transpirant. Pour un datacenter, la température du thermomètre sec peut être utilisée à la place de la GT sans compromettre l'exactitude. La température sèche fait référence à la température mesurée à l'aide d'un thermomètre classique analogique ou numérique.

### WBGT OSHA maximale :

Travail continu : 86 °F/30 °C  
25 % au travail 75 % au repos :  
90 °F/32 °C

Veillez noter que si le personnel informatique doit effectuer une tâche dans l'allée chaude d'un HACS, les températures élevées de l'allée chaude sont atténuées par l'ouverture temporaire de l'allée pour laisser entrer de l'air plus froid. De plus, même si l'allée chaude reste fermée, les réglementations en matière d'environnement de travail doivent toujours être respectées pour deux raisons : 1) les travailleurs ne sont pas stationnés en permanence dans l'environnement chaud (par ex., allée chaude), comme c'est le cas avec le CACS, et 2) la plupart du travail de routine a lieu à l'avant des racks informatiques. Par conséquent, si l'on considère la raison n°1, OSHA autorise un régime de travail/repos de 25 % de travail/75 % de repos dans l'allée chaude HACS, ce qui permet une WBGT maximale<sup>6</sup> de 90 °F/32,2 °C. Cela signifie que la température des allées chaudes HACS peut atteindre 117 °F/47 °C. **La température des allées chaudes la plus élevée autorisée avec le HACS constitue la différence principale entre le HACS et le CACS puisqu'elle permet aux unités de climatisation de fonctionner plus efficacement.**

Pour plus d'informations sur les conditions de travail environnementales, voir Livre blanc n° 123, *Impact des allées chaudes haute densité sur les conditions de travail du personnel informatique.*

Outre le confort de l'homme, le fonctionnement fiable des équipements informatiques est également important. La version 2011 de la norme ASHRAE TC9.9 recommande des températures d'entrée du serveur comprises entre 64,4 à 80,6 °F/18 et 27 °C. Avec le CACS, la température de la zone non confinée peut largement dépasser 80 °F/27 °C et, dans le cas d'un équipement informatique haute densité, aller au-delà de 100 °F/38 °C. Par conséquent, toute personne entrant dans le datacenter est généralement surprise lorsqu'elle entre dans un environnement aussi chaud, et les visites deviennent difficiles. Avec le CACS, le personnel doit être formé afin de comprendre que les températures les plus élevées sont « normales », et non pas le signe d'une panne imminente du système. Ce nouvel environnement peut être déstabilisant pour les employés qui ne sont pas habitués à entrer dans un datacenter fonctionnant à des températures plus élevées.

De plus, lorsqu'un datacenter fonctionne à des températures élevées, des dispositions particulières doivent être prises pour les équipements informatiques qui ne sont pas en rack, tels que les bibliothèques de bandes et les mainframes. Avec le CACS, ces dispositifs devront disposer d'un acheminement personnalisé afin de leur permettre d'utiliser l'air froid des allées froides confinées. **Ajouter des dalles perforées dans l'allée chaude permet de refroidir ces équipements mais va à l'encontre de l'objectif de confinement.** En outre, les prises électriques, l'éclairage, le système anti-incendie et d'autres systèmes de la salle devront être évalués quant à la compatibilité des opérations à des températures élevées.

<sup>6</sup> La température au thermomètre-globe mouillé (WBGT) est une mesure de la tension thermique et dépend largement de l'humidité relative de l'environnement de travail. La température maximale de l'allée chaude de 117 °F/47 °C suppose une humidité relative de l'allée froide de 45 %.

## Analyse des CACs et HACS

Une analyse théorique a été réalisée pour comparer le CACS et HACS sans aucune perte d'air chaud ou froid, ceci afin de représenter les meilleures performances de chacun. 25 à 50 % des cas concernent une perte au niveau de faux-plancher, tandis que 3 à 10 % des cas concernent une perte au niveau du système de confinement. Les hypothèses utilisées dans cette analyse sont incluses dans l'**Annexe**. Le nombre d'heures en mode économiseur et le PUE résultant ont été estimés pour chaque scénario à l'aide d'un modèle d'heures en mode économiseur et d'un modèle de PUE de datacenter. Un datacenter non confiné traditionnel avec un mode économiseur a également été analysé et sert de référence pour comparer l'impact du CACS et du HACS. Les datacenters CACS et HACS ont tous deux été analysés à l'aide de deux scénarios de température :

1. La température d'entrée de l'air des équipements informatiques est maintenue à 27 °C/80,6 °F, la température d'entrée maximale de l'air recommandée par l'ASHRAE
  - a. Signification pour le CACS : pas de limite de température sur la zone non confinée (par ex., allée chaude) qui affecte le confort de l'homme et les équipements informatiques qui ne sont pas en rack.
  - b. Signification pour le HACS : température sur la zone non confinée (par ex., allée froide) limitée à la même température que l'air entrant des équipements informatiques
2. Température dans la zone non confinée maintenue à 24 °C/75 °F : température ambiante standard<sup>7</sup> pour le confort de l'homme
  - a. Signification pour le CACS : température d'entrée de l'air des équipements informatiques réduite pour maintenir la température dans la zone non confinée (par ex., allée chaude)
  - b. Signification pour le HACS : température d'entrée de l'air des équipements informatiques limitée à celle de la zone non confinée (par ex., allée froide)

Le **Table 1** présente brièvement les résultats de l'analyse, à l'aide des paramètres suivants :

- Température sèche de l'air d'entrée des équipements informatiques
- Zone non confinée : température sèche (DB) et température au thermomètre-globe mouillé (WBGT)
- Heures en mode économiseur : nombre d'heures durant lesquelles le système de refroidissement liquide était éteint sur l'année
- Mètres cubes par seconde (m<sup>3</sup>/s) ou pied cube par minute (CFM) : débit d'air total fourni par les unités CRAH en pourcentage sur le débit d'air total des équipements informatiques
- PUE : mesure d'efficacité standard du secteur des datacenters

La première rangée du tableau fournit des valeurs de référence pour un datacenter non confiné à des fins de comparaison.

---

<sup>7</sup>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook, page 28.5

**Table 1**

Impact du contrôle de la température de la zone non confinée pour un CACS et HACS

Type de confinement	Air entrant des équipements informatiques	Zone non confinée DB WBGT		Heures en mode économiseur	m <sup>3</sup> /s CFM <sup>8</sup>	PUE	Commentaires
Non confiné traditionnel	13-27 °C/ 56-81 °F	24 °C/ 75 °F	17 °C/ 63 °F	2 814	149%	1,82	Référence avec 49 % de perte d'air froid et 20 % d'air chaud <sup>9</sup>
<b>Scénario n° 1 : Température d'entrée de l'air des équipements informatiques maintenue constante à 27 °C/80,6 °F</b>							
<b>CACS</b> Temp. max. d'entrée de l'air des équipements informatiques d'ASHRAE et aucune limite sur la temp. de la zone non confinée	27 °C/81 °F	41 °C/ 106 °F	27 °C/ 81 °F	6 218	100 %	1,65	WBGT à seulement 3 °C/5 °F en dessous des réglementations max. de l'OSHA. Inclut 37 % de réduction de la consommation électrique du système de refroidissement liquide. Cela est dû à la hausse de la température d'alimentation des équipements informatiques qui permet la hausse de la température d'alimentation en eau réfrigérée.
<b>HACS</b> Temp. max. d'entrée de l'air des équipements informatiques d'ASHRAE et aucune limite sur la temp. de la zone non confinée	27 °C/81 °F	27 °C/ 81 °F	21 °C/ 69 °F	6 218	100 %	1,65	WBGT 8 °C/14 °F en dessous des réglementations max. de l'OSHA. Inclut 37 % de réduction de la consommation électrique du système de refroidissement liquide avec la hausse de la température d'alimentation en eau réfrigérée. *Veuillez noter que la température des allées chaudes est de 41 °C/106 °F.
<b>Scénario n° 2 : Température dans la zone non confinée maintenue constante à 24 °C/75 °F</b>							
<b>CACS</b> Temp. max. de la zone non confinée de 24 °C/75 °F	10 °C/50 °F	24 °C/ 75 °F	15 °C/ 59 °F	0	100 %	1,98	Environnement de travail acceptable mais efficacité bien plus faible qu'un datacenter traditionnel, et viole la réglementation de l'ASHRAE sur la température minimale d'entrée de l'air des équipements informatiques fixée à 18 °C/64,4 °F. Inclut 15 % d'augmentation de la consommation électrique du système de refroidissement liquide. Cela est dû à la baisse de la température d'alimentation des équipements informatiques qui entraîne une baisse de la température d'alimentation en eau réfrigérée.
<b>HACS</b> Temp. max. de la zone non confinée de 24 °C/75 °F	24 °C/75 °F	24 °C/ 75 °F	18 °C/ 65 °F	5 319	100 %	1,69	Le rendement optimal est conforme aux réglementations de l'OSHA et de l'ASHRAE. Inclut 28 % de réduction de la consommation électrique du système de refroidissement liquide avec la hausse de la température d'alimentation en eau réfrigérée. *Veuillez noter que la température des allées chaudes est de 38 °C/100 °F.

<sup>8</sup> Débit d'air total (indiqué en pourcentage du débit d'air des équipements informatiques)

<sup>9</sup> La perte d'air chaud a lieu lorsque l'air chaud évacué des serveurs se mélange avec l'air d'alimentation du faux-plancher, entraînant alors une hausse de la température d'entrée des serveurs. La perte d'air froid a lieu lorsque l'air froid des espaces/vides du faux-plancher se mélange avec l'air de retour, entraînant alors une baisse de la température de retour et une réduction de l'efficacité de l'unité de refroidissement.

### Résultats du scénario n° 1 :

Dans ce scénario, le CACS et HACS fournissent 6 218 heures de mode économiseur et un PUE de 1,65. Cela illustre le fait que le rendement du CACS et celui du HACS sont équivalents lorsque la sécurité de l'homme et les équipements informatiques qui ne sont pas en rack sont ignorés. Cependant, avec le CACS, la température de la zone non confinée est de 41 °C/106 °F avec une humidité relative de 20 %, ce qui équivaut à une WBGT de 27 °C/81 °F, proche de la limite maximale de WBGT de 30 °C/86 °F établie par l'OSHA. Pour le personnel informatique et les équipements informatiques qui ne sont pas en rack, il s'agit d'un environnement de travail irréaliste. En réalité, une telle température favorise la perte d'air froid dans la zone non confinée. L'effet de la perte est évoqué plus loin dans la sous-section « Effet de la perte d'air sur l'analyse théorique ».

### Résultats du scénario n° 2 :

Dans ce scénario, le maintien de la température de la zone non confinée à 24 °C/75 °F réduit le nombre d'heures annuelles en mode économiseur à zéro et le PUE de 20 % par rapport au scénario n° 1 pour le CACS. La température d'entrée de l'air des équipements informatiques qui en résulte est de 10 °C/50 °F. Le rendement du HACS chute à 5 319 heures annuelles en mode économiseur et à un PUE de 1,69. Le CACS et HACS du scénario n° 2 permettent d'obtenir une température d'environnement de travail et une température d'entrée de l'air des équipements informatiques acceptable. **Si l'on compare ces deux cas, le cas du HACS fournit 5 319 heures supplémentaires en mode économiseur et 15 % d'amélioration du PUE.**

Le **Tableau 2** répartit et quantifie la consommation d'énergie entre le CACS et le HACS dans le scénario n° 2. Les coûts énergétiques sont ventilés en fonction de la consommation des équipements informatiques, de l'alimentation, du refroidissement et de l'énergie totale du datacenter.

- L'énergie informatique comprend tous les équipements informatiques. Dans cette analyse, elle est maintenue constante à 700 kW.
- L'« énergie électrique » comprend les pertes du commutateur, du générateur, de l'onduleur, des dispositifs auxiliaires principaux et critiques, de l'éclairage et de la distribution de l'alimentation critique
- L'« énergie de refroidissement » comprend les pertes du système de refroidissement liquide, de la tour de refroidissement, des pompes à eau réfrigérée, des pompes à eau de condensateur et des unités CRAH périmétriques
- L'énergie totale correspond à la somme de l'énergie informatique, d'alimentation et de refroidissement, et est directement liée au PUE

**Table 2**

Répartition des coûts entre le CACS et le HACS à une température maximale de zone non confinée de 24 °C/75 °F

	Énergie informatique	Énergie d'alimentation	Énergie de refroidissement	Énergie totale	PUE
CACS	735 840 \$	213 846 \$	509 354 \$	1 459 040 \$	1,98
HACS	735 840 \$	211 867 \$	292 503 \$	1 240 209 \$	1,69
Pourcentage d'économies	0 %	1 %	43 %	15 %	15 %

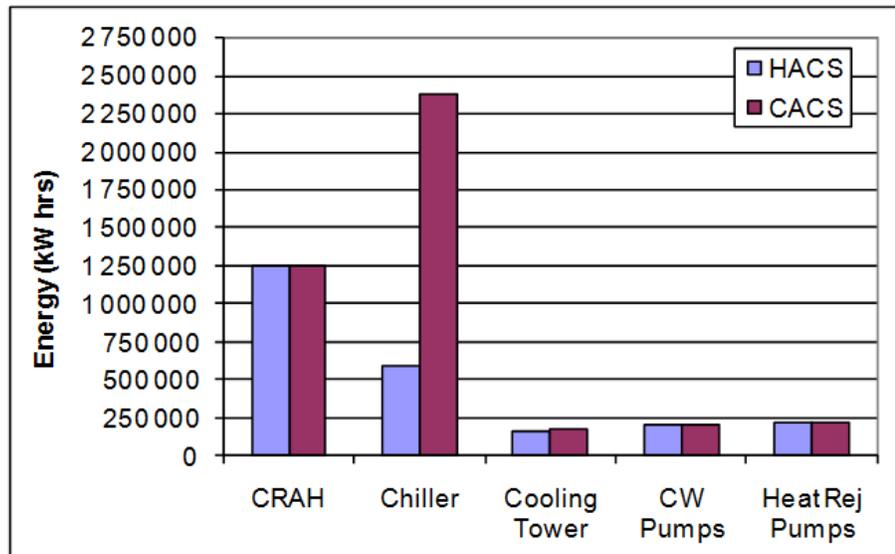
Dans un datacenter traditionnel, chargé à 50 %, l'énergie informatique représente la part la plus importante du coût énergétique, suivie par le coût énergétique du système de refroidissement. **Par rapport au CACS, à la même température de zone non confinée de 75 °F/24 °C, le HACS consomme 43 % d'énergie en moins pour le système de**

**refroidissement.** La majorité de ces économies sont attribuées aux heures en mode économiseur lorsque le système de refroidissement liquide est éteint, comme illustré à la **Figure 7**. À cette température d'environnement de travail, le CACS ne peut pas bénéficier des heures en mode économiseur en raison de la faible température de distribution d'eau réfrigérée. La petite différence au niveau de l'énergie du système d'alimentation est due à une hausse des pertes dans le commutateur, elle-même causée par les heures de fonctionnement supplémentaires du système de refroidissement liquide dans le cas du CACS.

Par rapport au scénario de référence non confiné, le CACS consomme 30 % d'énergie supplémentaire pour le système de refroidissement et 9 % d'énergie totale supplémentaire pour le datacenter. Par rapport au scénario de référence non confiné, le HACS consomme 25 % d'énergie en moins pour le système de refroidissement et 7 % d'énergie totale en moins pour le datacenter.

**Cette analyse révèle clairement que, dans le cadre de contraintes pratiques de température de l'environnement de travail et d'un climat tempéré, le confinement des allées froides permet d'utiliser davantage le mode économiseur et présente un PUE plus faible que celui du confinement des allées chaudes. Cela est vrai indépendamment du type d'unité de refroidissement ou de la méthode d'évaporation de la chaleur utilisée (par ex., périmétrique contre méthode par rangée, eau réfrigérée contre expansion directe).**

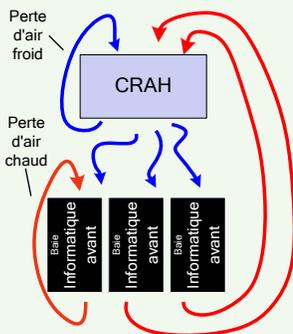
**Figure 7**  
Répartition de la consommation d'énergie annuelle du système de refroidissement



### > Perte d'air chaud et d'air froid

La majeure partie de l'air chaud évacué des équipements informatiques revient vers le CRAH où il est refroidi. La perte d'air chaud a lieu lorsque l'air évacué des équipements informatiques revient vers les prises des équipements informatiques et se mélange avec l'air entrant froid.

La perte d'air froid a lieu lorsque l'air d'alimentation chaud du CRAH se mélange avec l'air de retour chaud du CRAH sans passer par les prises des équipements informatiques.



 Lien vers les ressources  
**Livre Blanc 153**

Mise en œuvre du confinement des allées chaudes et froides dans les datacenters existants

## Effet de la perte d'air sur l'analyse théorique

L'analyse ci-dessus considérait le CACS et le HACS comme étant entièrement hermétiques afin qu'il n'y ait pas de perte entre les flux d'air chaud et d'air froid. Cette hypothèse très improbable nous permet de calculer le rendement maximal des unités CRAH et de faire une comparaison exacte entre le CACS et le HACS. En réalité, il y a toujours des pertes d'air froid avec le CACS ou le HACS nécessitant que le flux d'air du ventilateur CRAH soit supérieur au débit d'air des équipements informatiques ; cela est également vrai avec des unités CRAH ayant des ventilateurs à vitesse variable. L'équilibre du débit d'air doit être égal au débit d'air des équipements informatiques plus le pourcentage de perte d'air du système de confinement tel que le faux-plancher. Par exemple, les unités CRAH fournissent  $47 \text{ m}^3/\text{s}$  (100 000 PCM) d'air et les équipements informatiques consomment  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  (80 000 PCM) d'air, les  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  (20 000 PCM) restants doivent revenir vers les unités CRAH.

Tout air non utilisé pour refroidir les équipements informatiques représente de l'énergie gaspillée. Cette énergie gaspillée apparaît sous deux formes : 1) l'énergie du ventilateur utilisée pour brasser l'air et 2) l'énergie de la pompe utilisée pour acheminer l'eau réfrigérée dans la bobine de l'unité CRAH. De plus, le mélange air chaud/froid réduit la capacité de l'unité CRAH. Plus il y a de mélange, plus le nombre d'unités CRAH requises augmente pour éliminer la même quantité de chaleur tout en maintenant la température d'entrée de l'air des équipements informatiques.

Afin de comprendre l'effet de la perte d'air, l'analyse ci-dessus a été répétée à l'aide de plusieurs pourcentages de perte d'air. En raison de la hausse de l'énergie du ventilateur pour les unités CRAH supplémentaires, la hausse d'énergie pour le CACS était supérieure au HACS. Cela est dû au fait que davantage d'air froid se mélange dans l'allée chaude avec le CACS par rapport au HACS. L'allée chaude dans le HACS est uniquement concernée par les pertes des orifices de passage des câbles à chaque rack ; tandis que l'allée chaude dans le CACS est concernée par les orifices de passage des câbles au niveau du rack, les orifices de passage autour du périmètre du datacenter et les orifices de passage sous les unités de distribution d'alimentation. Cela équivaut à environ 50 % de perte d'air froid supplémentaire par rapport au HACS. L'énergie de refroidissement pour les économies du HACS par rapport au CACS est restée presque la même (43 % d'économies sur le système de refroidissement et 15 % d'économies sur l'énergie totale).

## Récapitulatif de la comparaison du CACS et HACS

Le **Tableau 3** présente le CACS et le HACS en fonction des caractéristiques décrites dans ce livre. Les cellules vertes indiquent le meilleur choix pour une caractéristique particulière.

**Table 3**

Résumé du confinement des allées chaudes par rapport au confinement des allées froides

Caractéristique	CACS	HACS	Commentaires
Capacité à régler la température de l'environnement de travail à 75 °F/24 °C (température ambiante standard)	Non	Oui	Avec le HACS, les points de consigne de refroidissement peuvent être réglés plus haut tout en maintenant une température d'environnement de travail de 75 °F/24 °C et en bénéficiant des heures en mode économiseur. La hausse des points de consigne de refroidissement du CACS entraîne l'augmentation des températures du datacenter à un niveau inconfortable lorsqu'une personne entre dans le datacenter.
Possibilité de profiter des heures potentielles en mode économiseur	Non	Oui	Le nombre d'heures en mode économiseur avec le CACS est limité par la température maximale de l'environnement de travail dans l'allée chaude (l'environnement de travail) et par les limites de température des équipements informatiques qui ne sont pas en rack.
Température acceptable pour les équipements qui ne sont pas en rack	Non	Oui	Avec le CACS, étant donné que les allées froides sont confinées, le reste du datacenter peut être chaud. Le fonctionnement des équipements informatiques périmétriques (par ex., bibliothèques de bandes) situés en dehors des zones confinées doit être évalué à des températures élevées. Le risque de surchauffe des équipements informatiques périmétriques augmente si la perte d'air froid est réduite.
Facilité de déploiement avec le refroidissement de la salle	Oui	Non	Le CACS est préféré lors du rééquipement d'un datacenter avec un système de refroidissement par faux-plancher au niveau de la salle, avec retour libre (puise son retour d'air chaud depuis la salle). Un HACS sans système de refroidissement par rangée ou faux-plafond nécessite un conduit de retour spécial. Pour plus de conseils sur ce sujet, voir Livre blanc n° 153, <i>Mise en œuvre du confinement des allées chaudes et froides dans les datacenters existants</i> .
Nouvelles conceptions de datacenters	Non	Oui	Le coût de construction d'un nouveau datacenter CACS ou HACS est pratiquement identique. Les nouveaux datacenters HACS ont un meilleur rendement global, environnement de travail et de meilleurs coûts d'exploitation globaux.

## Considérations en termes de protection incendie

Selon l'emplacement du datacenter, un système de détection et/ou d'extinction d'incendie peut être requis à l'intérieur de la zone confinée du HACS ou CACS. Le mécanisme d'extinction principal consiste généralement en des diffuseurs, qui sont activés par la chaleur. Les agents gazeux font généralement partie d'un système secondaire qui peut être déclenché par les détecteurs de fumée. La norme NFPA 75 de la National Fire Protection Association ne se prononce pas sur la présence des diffuseurs ou agents gazeux dans un HACS ou CACS. Cependant, la NFPA 75 précise les deux exigences suivantes qui sont applicables à la fois au HACS et au CACS :

- « Un milieu inflammable contenant des unités du système automatisé d'entreposage des informations (AISS) ainsi qu'une capacité de stockage supplémentaire de plus de 0,76 m<sup>3</sup> doit être protégé dans chaque unité par un système de diffuseurs automatiques ou un système d'extinction par agents gazeux avec décharge étendue. » C'est important parce que cela crée un précédent pour la détection et l'extinction d'incendie dans un espace confiné d'un datacenter.
- « Les systèmes de diffuseurs automatiques protégeant les salles ou les zones contenant du matériel informatique doivent être entretenus conformément à la

NFPA 75, norme pour l'inspection, les essais et l'entretien des systèmes à eau de protection incendie. »

En pratique, le HACS et CACS ont été installés avec succès et approuvés avec la suppression des diffuseurs et agents gazeux dans plusieurs sites. La note applicative APC n° 159 fournit plus de détails sur les défis et les pratiques communes de déploiement d'un système d'extinction d'incendie dans les environnements à allées chaudes confinées. L'autorité compétente doit être contactée pour obtenir les exigences spécifiques à un emplacement donné.

À noter qu'un plénum (par ex., faux-plancher ou faux-plafond) doit être évalué pour la distribution d'air.

## Conclusion

La prévention du mélange d'air chaud et d'air froid est un élément clé pour l'ensemble des stratégies efficaces de refroidissement d'un datacenter. Le HACS tout comme le CACS offre une densité et une efficacité d'alimentation améliorées en comparaison avec les approches de refroidissement traditionnelles. Un système de confinement des allées chaudes (HACS) est une approche plus efficace qu'un système de confinement des allées froides (CACS) parce qu'il permet d'obtenir des températures plus élevées au niveau des allées chaudes et une hausse des températures de l'eau réfrigérée qui se traduit par une hausse de l'utilisation du mode économiseur et d'importantes économies en termes de coût électrique. Les points de consigne de refroidissement peuvent être réglés plus haut tout en maintenant une température confortable dans la zone non confinée du datacenter.

L'analyse de ce livre indique que le HACS permet d'économiser 43 % au niveau du coût énergétique annuel du système de refroidissement, ce qui correspond à une réduction de 15 % dans le PUE annualisé. Ce livre conclut que toutes les conceptions de datacenter doivent utiliser le HACS comme stratégie de confinement par défaut. Dans les cas où le confinement n'est pas initialement requis, la nouvelle conception du datacenter doit intégrer des dispositions pour un futur déploiement de HACS. Pour les datacenters à faux-plancher existants ayant une configuration d'unité de refroidissement périmétrique, il peut s'avérer plus facile et moins coûteux de mettre en place le CACS. Pour plus de conseils sur ce sujet, voir le Livre blanc n° 153, *Mise en œuvre du confinement des allées chaudes et froides dans les datacenters existants*.

### À propos des auteurs

**John Niemann** est responsable de la gamme de produits de refroidissement de petits systèmes par rangée chez Schneider Electric, et est responsable de la planification, de l'assistance et du marketing de ces gammes de produits. John dirige la gestion de produits pour l'ensemble des produits de refroidissement InRow™ d'APC depuis 2004. Il a 12 années d'expérience dans les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation. Sa carrière a commencé dans le marché commercial et industriel du chauffage, de la ventilation et climatisation dans lequel il s'est axé sur les systèmes personnalisés de manutention et de réfrigération, avec une expertise axée sur la récupération et la filtration de l'énergie pour des environnements critiques. Son expérience dans les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation couvre des applications d'ingénierie, le développement et la gestion des produits et les services techniques de vente. John est membre d'ASHRAE et de The Green Grid, et est diplômé en ingénierie mécanique de la Washington University à St. Louis, Missouri.

**Kevin Brown** est le vice-président de Data Center Global Solution Offer & Strategy au sein de Schneider Electric. Kevin est titulaire d'une maîtrise (bachelor of science) en génie mécanique délivré par la Cornell University. Avant d'accéder à ce poste au sein de Schneider Electric, Kevin a été directeur du développement de marchés à Airxchange, un fabricant de produits et composants de ventilation récupérateur d'énergie dans le secteur du chauffage, de la ventilation et climatisation. Avant de rejoindre Airxchange, Kevin a occupé de nombreux postes de direction générale au sein de Schneider Electric, notamment celui de directeur du groupe de conception de logiciels.

**Victor Avelar** est analyste de recherche senior au sein du Data Center Science Center de Schneider Electric. Il est responsable des recherches sur la conception et l'exploitation des datacenters et conseille les clients sur l'évaluation des risques et les pratiques de conception à adopter pour optimiser la disponibilité et l'efficacité de leurs salles informatiques. Victor Avelar est ingénieur diplômé en génie mécanique de l'Institut Polytechnique Rensselaer et possède un MBA du Babson College. Il est également membre de l'AFCOM et de l'American Society for Quality.



## Ressources

Cliquez sur l'icône pour  
 accéder aux ressources



### Impact des allées chaudes haute densité sur les conditions de travail du personnel informatique

Livre Blanc 123



### Mise en œuvre du confinement des allées chaudes et froides dans les datacenters existants

Livre Blanc 153



### Consultez tous les livres blancs

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



### Consultez tous les outils TradeOff Tools™

[tools.apc.com](http://tools.apc.com)



## Contactez-nous

Pour des commentaires sur le contenu de ce livre blanc:

Datacenter Science Center  
[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto: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](http://www.apc.com/support/contact/index.cfm)

## Annexe : Hypothèses utilisées dans l'analyse

Les hypothèses suivantes ont été utilisées dans l'analyse du HACS, du CACS et du datacenter classique non confiné à faux-plancher.

- Dimensions du datacenter : 36 pi. x 74 pi. x 10 pi. (11 m x 22,6 m x 3 m)
- Capacité du datacenter : 1 400 kW (pas de redondance)
- Emplacement : Chicago, Illinois, États-Unis
- Coût moyen de l'électricité : 0,12 \$/kW hr
- Charge informatique totale : 700 kW
- Densité d'alimentation : 7 kW/densité moyenne par rack
- Quantité de racks informatiques/armoires : 100
- Unité de refroidissement périmétrique avec faux-plancher de 24 pi. (61 cm)
- Delta de température moyenne entre les serveurs : 25 °F/13,9 °C
- Humidité relative de 45 % de l'air entrant
- Perte d'air froid du faux-plancher sans confinement : 40 %
- Perte d'air chaud sans confinement : 20 %
- Perte d'air froid du faux-plancher avec CACS : 0 %
- Perte d'air froid du faux-plancher avec HACS : 0 %
- Efficacité de la bobine CRAH : 0,619
- Efficacité de l'échangeur de chaleur économiseur : 0,7
- Delta-T de l'eau réfrigérée de conception : 12 °F/6,7 °C
- Unité du système de refroidissement liquide dédié à un datacenter
- COP système de refroidissement liquide : 5 à 50 % de charge
- Charge de l'usine d'eau réfrigérée : 49 à 52 % selon le scénario
- Température minimale de l'eau de la tour : 40 °F/4,4 °C limitée par un système de chauffage du bassin pour empêcher le gel.
- Plage prévue de la tour de refroidissement : 10 °F/5,6 °C
- Ventilateurs d'équipements informatiques à vitesse constante (les ventilateurs à vitesse variable augmentent la consommation électrique informatique puisque la température d'entrée de l'air des équipements informatiques augmente au-delà d'un seuil défini)
- Chaleur 100 % sensible (par ex., aucune déshumidification et humidification n'est nécessaire)