

# Modes économiseurs des systèmes de refroidissement des datacenters

## Livre Blanc 132

Révision 0

Par John Niemann and John Bean  
Victor Avelar

### > Résumé Général

Sous certains climats, des systèmes de refroidissement peuvent permettre d'économiser plus de 70 % dans les coûts énergétiques annuels de refroidissement en fonctionnant en mode économiseur, ce qui correspond à une réduction de plus de 15 % dans le PUE annualisé. Cependant, il existe au moins 17 différents types de modes économiseurs sans définition industrielle précise, d'où la difficulté de les comparer, sélectionner ou spécifier. Ce livre blanc fournit la terminologie et les définitions des divers types de modes économiseurs et compare leur performance par rapport aux attributs du datacenter.

### Table Des Matières

*Cliquez sur une section pour y accéder directement*

Introduction	2
Objectif et fonction des modes économiseurs	2
Types de modes économiseurs	4
Comparaison des différents modes économiseurs	10
Facteurs qui influencent le fonctionnement en mode économiseur	19
Suppression ou réduction des modes sans économiseur dans les systèmes de refroidissement	20
Conclusion	21
Ressources	22

## Introduction

La hausse des coûts de l'énergie et le besoin d'être écologique stimulent une grande demande de conservation de l'énergie. Le potentiel d'économie énergétique du fonctionnement en mode économiseur sous certains climats rend son utilisation attractive dans des environnements informatiques. **Le fonctionnement en mode économiseur utilise l'air extérieur pendant les mois froids de l'année, permettant ainsi aux composants de refroidissement à base de réfrigérant comme les groupes de production d'eau glacée et les compresseurs d'être arrêtés ou utilisés à un régime réduit, et ainsi de réduire la consommation énergétique.** Jusqu'à récemment, le fonctionnement en mode économiseur était considéré comme une option ou un mode secondaire de fonctionnement, mais il est actuellement devenu une nécessité pour atteindre les cibles d'efficacité définies par les opérateurs de datacenters et/ou les normes comme la norme ANSI/ASHRAE 90.1-2010, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (Norme de l'énergie pour les bâtiments excepté les immeubles résidentiels à construction basse)*. Les opérateurs de datacenters sous certains climats pensent que les systèmes de refroidissement peuvent fonctionner *principalement* en mode économiseur, permettant aux modes à base de réfrigérant (c.-à-d. le refroidissement mécanique) de jouer le rôle de mode secondaire de fonctionnement ou de secours.

Bien que le concept de mode économiseur soit reconnu partout dans l'industrie du datacenter, peu a été fait pour normaliser la terminologie et ses définitions, ce qui a conduit à de la confusion. Une importante source de confusion entoure l'utilisation du terme « économiseur » pour décrire un composant à l'intérieur du système de refroidissement ou un sous-ensemble d'un système de refroidissement. **Un « économiseur » n'est PAS un objet, c'est un mode de fonctionnement.**

Au niveau le plus élevé, un système de refroidissement peut utiliser l'air, l'eau ou le réfrigérant pour transporter l'énergie thermique de l'intérieur du datacenter à l'extérieur. Les termes « économiseur à air » et « économiseur à eau » sont souvent utilisés pour décrire les systèmes de refroidissement ayant un mode économiseur intégré. Manquant d'autres définitions standards, ce livre propose la terminologie et les définitions des divers types de modes économiseurs qui utilisent l'air ou l'eau pour transporter l'énergie thermique à l'extérieur. Le fonctionnement de chaque type de mode économiseur est décrit, six types étant identifiés comme les plus bénéfiques pour les datacenters. Ces six types de modes économiseurs sont ensuite comparés sur plusieurs attributs.

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 59

*Les différents types  
de systèmes de climatisation  
pour les environnements  
informatiques*

Ce livre suppose que le lecteur a une connaissance de base des divers types de systèmes de refroidissement. Pour avoir une meilleure compréhension des composants des divers types de systèmes de refroidissement, consultez le Livre blanc n° 59, *Les différents types de systèmes de climatisation pour les environnements informatiques*.

## Objectifs et fonctions des modes économiseurs

Différents dispositifs et technologies de refroidissement sont utilisés pour refroidir les datacenters. Cependant, la totalité de ces systèmes utilisent tout ou une partie des quatre éléments de base suivants :

- Transport de la chaleur : ventilateurs et/ou pompes, fluide circulant (comme l'air ou l'eau) qui déplacent l'énergie thermique du datacenter vers l'environnement extérieur.
- Échange de chaleur : batteries ou échangeurs qui « transmettent » l'énergie thermique d'un fluide à l'autre. Dans tous les cas, il y a un échange de chaleur final avec l'environnement extérieur.

- Compression : système qui utilise un réfrigérant à haute et basse pression pour forcer l'énergie thermique à circuler « en amont » d'une zone froide (datacenter) à une zone chaude (extérieur en été). Le réfrigérant à haute pression est comprimé à une température bien plus élevée que celle de l'extérieur. Cette « augmentation de la température » est ce qui permet à la chaleur du datacenter de circuler vers l'environnement extérieur.
- Assistance par évaporation : tours de refroidissement, média humide ou pulvérisateurs qui évaporent l'eau afin de faciliter le transfert de la chaleur vers l'environnement extérieur.

Un datacenter typique à condensation par eau utilise TOUS les éléments ci-dessus pour refroidir le datacenter. Le transport de la chaleur et le compresseur consomment l'énergie électrique en fournissant le refroidissement et l'assistance par évaporation consomme l'eau.

### > Refroidissement naturel

Les modes économiseurs sont parfois qualifiés de « refroidissement naturel ». Bien que ce terme soit utile pour décrire le concept général de mode économiseur, il est important de noter ce qui suit : Un mode économiseur contourne partiellement ou entièrement un compresseur dans un système de refroidissement. La plupart des systèmes utilisant les modes économiseurs passent l'essentiel du temps en mode de dérivation partiel ; ainsi, une partie de l'énergie de refroidissement est économisée, sans que le refroidissement ne soit « naturel ». Par ailleurs, même lorsqu'un mode économiseur fonctionne en dérivation complète du compresseur, une quantité considérable d'énergie est encore utilisée pour le transport de la chaleur via les ventilateurs ou pompes et éventuellement dans d'autres fonctions comme l'humidification. Même dans ce mode économiseur complet, le refroidissement n'est pas « naturel ».

Le système de refroidissement doit être conçu de sorte à fonctionner dans les conditions les plus extrêmes de charge complète de datacenter et de température extérieure élevée. À des charges réduites de datacenter et températures extérieures froides, le système doit produire moins d'effort pour refroidir le datacenter. Malheureusement, les divers dispositifs de l'installation de refroidissement sont sous-utilisés et ne fonctionnent pas de manière efficace dans ces conditions. Pour augmenter l'efficacité dans ces conditions, les dispositifs de refroidissement ont été améliorés de sorte à inclure des variateurs de vitesse, l'étagement de la puissance et d'autres fonctions. Néanmoins, une énergie importante est encore nécessaire. Pour aider à réduire la quantité d'énergie utilisée pendant les conditions favorables de charge partielle de datacenters et de températures extérieures froides, les modes économiseurs ont été mis au point.

Dans un mode économiseur, la fonction de compresseur est partiellement ou entièrement contournée, ce qui supprime ou réduit sa consommation énergétique. Le compresseur est utilisé pour faire circuler la chaleur de l'intérieur du datacenter vers l'environnement extérieur lorsque la température extérieure est supérieure à la température du datacenter. Cependant, lorsque la température extérieure est suffisamment inférieure à la température du datacenter, la chaleur circulera naturellement vers l'extérieur sans qu'il soit nécessaire d'« augmenter la température » fournie par le compresseur, d'où l'inutilité de sa fonction. Par conséquent, dans des conditions favorables, le compresseur peut être contourné pour économiser une importante quantité d'énergie. Par ailleurs, pour les systèmes utilisant l'assistance par évaporation, cette fonction peut également être arrêtée ou contournée si les conditions sont favorables, ce qui contribue à économiser de l'eau.

Historiquement, la transformation d'un mode économiseur en un système de refroidissement de datacenter a impliqué des coûts et un degré de complexité supplémentaires, et n'a été justifié que dans les situations où les conditions climatiques sont extrêmement favorables, comme les hautes latitudes. Cependant, la donne a changé et les modes économiseurs sont actuellement considérés avantageux presque partout pour les raisons suivantes :

- Le fonctionnement du datacenter à des charges partielles augmente les avantages des modes économiseurs et un plus grand nombre de concepteurs reconnaissent que les datacenters passent une partie considérable de leur vie à des charges faibles. La tendance vers la variation énergétique dynamique des équipements informatiques amplifiera cet effet.
- La tendance à faire fonctionner les datacenters à des températures de retour d'air élevées a énormément affecté le pourcentage de fonctionnement en mode économiseur, en particulier sous des climats chauds.
- La plupart des nouvelles mises en œuvre des modes économiseurs peuvent à présent fonctionner en mode économiseur « partiel », ce qui augmente grandement la quantité d'énergie économisée dans presque tous les cas.

- Les outils disponibles pour quantifier l'énergie économisée par la mise en œuvre des modes économiseurs sont actuellement améliorés et prédisent fréquemment d'importantes possibilités d'économies avec d'excellents retours sur investissement.
- L'expérience en temps réel avec les modes économiseurs et l'amélioration des contrôles et systèmes de surveillance ont contribué à renforcer l'assurance que ces modes n'affectent pas négativement la fiabilité des datacenters.

**C'est ce concept de dérivation de la fonction de compresseur qui est au centre de tous les modes économiseurs.** La façon dont cette dérivation est accomplie (et les avantages obtenus) dépend de la conception du système de refroidissement, comme le décrivent les sections suivantes.

## Types de modes économiseurs

### > Série/Parallèle

Les modes économiseurs peuvent être conçus et configurés d'une de ces deux manières : en série ou parallèle.

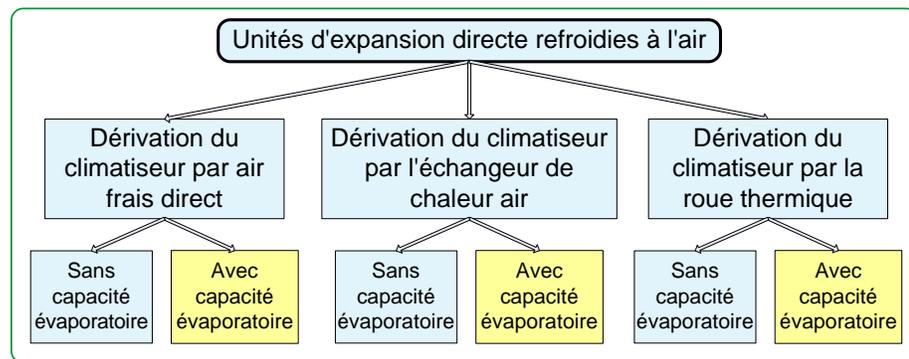
Dans une configuration en série, le composant qui contourne le compresseur (p. ex., l'échangeur de chaleur à plaques) est installé en série avec le compresseur. Cette configuration rend possible le mode économiseur partiel où l'échangeur de chaleur « prérefroidit » l'air ou l'eau. Cela réduit l'énergie thermique que le compresseur doit rejeter, d'où l'économie d'une importante quantité d'énergie.

Dans une configuration en parallèle, le composant qui contourne le refroidisseur est installé en parallèle avec ce dernier. Cette configuration empêche le fonctionnement en mode économiseur partiel. Cette approche « tout ou rien » ne permet pas de capitaliser sur les importantes économies d'énergie possibles en fonctionnant en mode économiseur partiel.

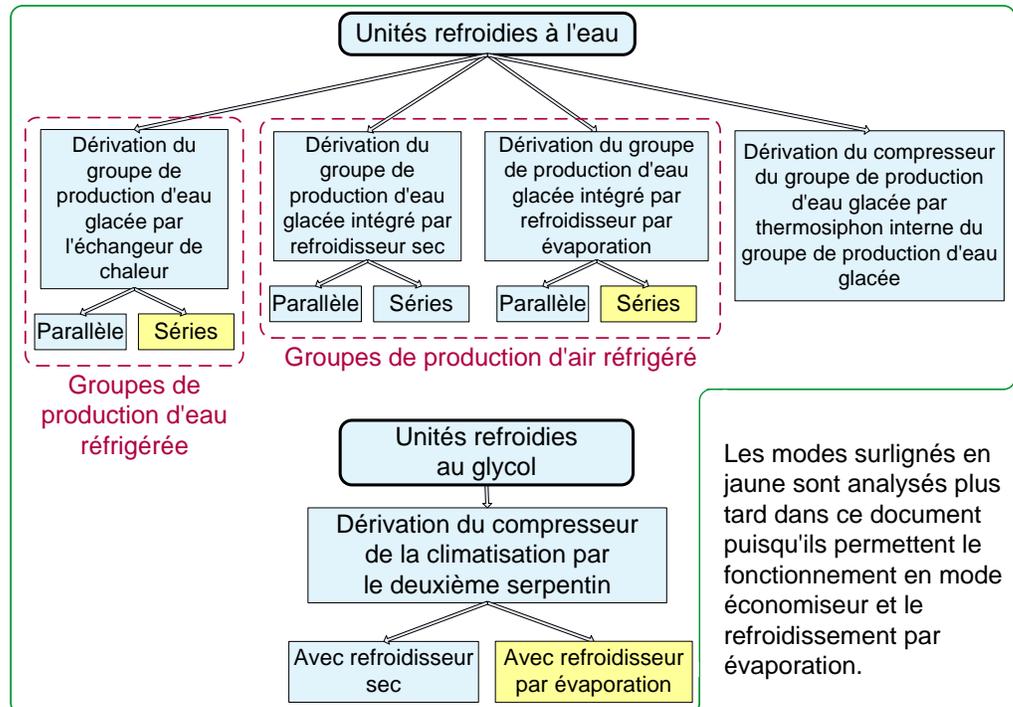
Il existe 19 types fondamentaux de modes économiseurs, parmi lesquels 15 peuvent être utilisés de manière réaliste dans un datacenter de production (six types qui utilisent l'air et neuf, l'eau). Les quatre autres types qui utilisent l'eau n'ont pas été considérés parce qu'ils acheminent l'eau du condenseur directement dans le datacenter, ce qui augmente la salissure dans l'équipement. La **Figure 1** organise de manière logique ces 15 types de modes économiseurs<sup>1</sup>. Chaque type est davantage décrit dans les sections ci-après. Les modes mis en évidence en jaune sont analysés ultérieurement dans ce livre.

**Pour bien comparer différents modes économiseurs, il est important d'inclure la totalité des composants du système de refroidissement nécessaires pour fonctionner dans ce mode.** Par exemple, l'échangeur de chaleur à plaques d'une unité de réfrigération refroidie à l'eau est parfois pris par erreur pour l'économiseur, alors qu'en fait il n'est qu'un composant qui permet au système de refroidissement de fonctionner en mode économiseur. Dans ce cas, la tour de refroidissement, les pompes du condenseur, les pompes à eau réfrigérée et les systèmes de refroidissement de la pièce (CRAH) sont tous **requis** pour fonctionner en mode économiseur. Il est impossible de fonctionner en mode économiseur lorsque l'un de ces dispositifs manque, même le jour le plus froid. C'est pourquoi, en général, il est incorrect de se référer à un « économiseur » dans un datacenter et nettement plus précis de se référer aux « modes économiseurs » de fonctionnement du système de refroidissement.

<sup>1</sup> CRAH – système de refroidissement de la pièce, climatisation - climatiseur de salle informatique



Modes économiseurs d'air



Modes économiseurs d'eau

**Figure 1**  
Types de modes économiseurs

Les modes surlignés en jaune sont analysés plus tard dans ce document puisqu'ils permettent le fonctionnement en mode économiseur et le refroidissement par évaporation.

Les sections suivantes décrivent chaque type de mode économiseur. Chaque section commence par une liste de tous les composants nécessaires pour le fonctionnement en mode économiseur (c.-à-d. sans assistance complète de la compression mécanique). Toutes les descriptions supposent qu'un système de contrôle<sup>2</sup> est requis.

### Dérivation du climatiseur par air frais direct

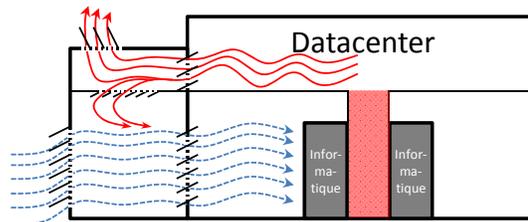
**Principaux composants** : ventilateurs, grilles, registres, filtres (média humide et pompe, lorsqu'ils sont utilisés avec l'assistance par évaporation)

Un mode économiseur d'air frais (parfois appelé Free Cooling à air direct) utilise des ventilateurs et des grilles pour aspirer une certaine quantité d'air extérieur froid à travers les filtres et ensuite l'insuffler *directement* dans le datacenter lorsque les conditions atmosphériques extérieures se situent dans la limite des points de consigne spécifiés,

<sup>2</sup> Le système de contrôle se réfère aux composants qui régulent le fonctionnement d'un système comme la fermeture d'une vanne ou d'un registre dès qu'une certaine température extérieure est atteinte.

comme l'illustre la **Figure 2**. Les grilles et les registres contrôlent également la quantité d'air chaud qui est évacuée à l'extérieur et mélangée à nouveau à l'air entrant du datacenter afin de maintenir les points de consigne environnementaux. Bien que l'air entrant soit filtré, cette filtration n'empêche pas complètement les particules fines comme les fumées et gaz chimiques d'entrer dans le datacenter.

Ce type de mode économiseur peut également être utilisé avec l'**assistance par évaporation**, option par laquelle l'air extérieur passe également par un média humide avant d'entrer dans le datacenter. Dans les zones géographiques sèches, l'assistance par évaporation peut réduire la température de l'air jusqu'à 19 °C (35 °F), ce qui permet de passer plus d'heures en mode économiseur. C'est le même effet de refroidissement qu'une personne ressent lorsqu'elle sort de l'océan pour s'exposer à l'air marin. Notez que l'utilisation de l'assistance par évaporation avec ce type de mode économiseur augmente l'humidité du datacenter car l'air frais admis directement dans le datacenter passe au travers du média humide. L'assistance par évaporation est plus bénéfique sous des climats secs. Pour des climats plus humides, l'assistance par évaporation doit être évaluée en fonction du ROI (return on investment). Ce type de mode économiseur rend possible le fonctionnement en mode économiseur partiel.



**Figure 2**

*Dérivation du climatiseur par le mode air frais direct*

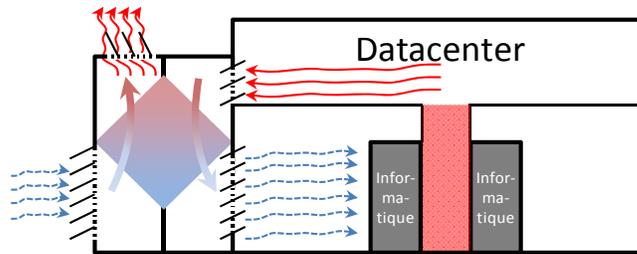
### Dérivation du climatiseur par l'échangeur de chaleur air

Principaux composants : ventilateurs, échangeur de chaleur à plaques fixes air-air (média humide et pompe, lorsqu'ils sont utilisés avec l'assistance par évaporation)

Une dérivation du climatiseur par le mode échangeur de chaleur air (parfois appelé Free Cooling à air indirect) utilise l'air extérieur pour refroidir indirectement l'air du datacenter lorsque les conditions atmosphériques extérieures se situent dans la limite des points de consigne spécifiés. Ce mode utilise des ventilateurs pour souffler de l'air froid extérieur sur une série de plaques ou tubes qui à son tour refroidit l'air chaud du datacenter sur l'autre côté des plaques ou tubes, isolant complètement l'air du datacenter de l'air extérieur (voir la **Figure 3a**). Ce type de mode économiseur peut également être utilisé avec l'**assistance par évaporation**, option par laquelle l'extérieur des plaques ou tubes est pulvérisé d'eau, ce qui abaisse davantage la température de l'air extérieur et par conséquent l'air chaud du datacenter. À la différence du mode économiseur précédent, l'assistance par évaporation dans ce cas n'augmente pas l'humidité à l'intérieur du datacenter. La **Figure 3b** donne une illustration de l'échangeur de chaleur air-air avec l'assistance par évaporation et un exemple d'un système de refroidissement complet avec ce type de mode économiseur. Ce type rend possible les modes économiseurs complet et partiel.

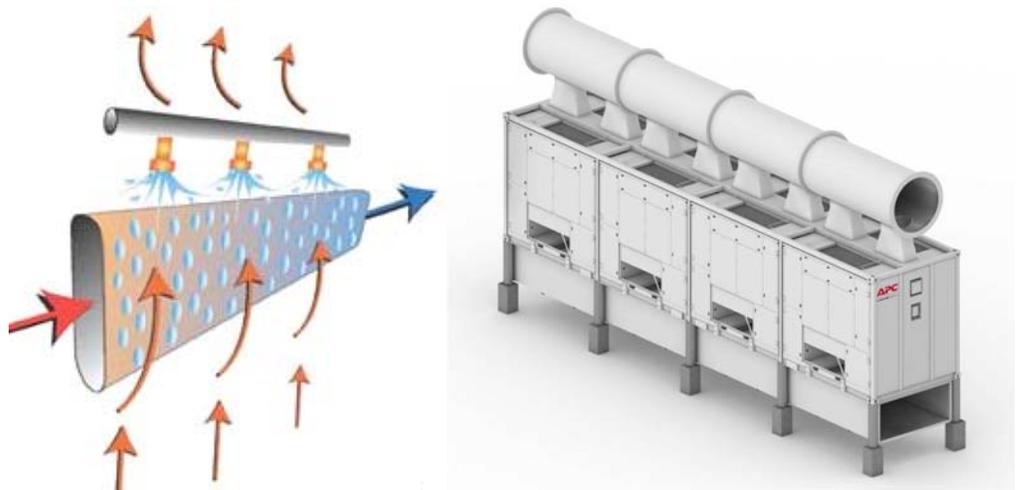
**Figure 3a**

Dérivation du climatiseur par le mode échangeur de chaleur air



**Figure 3b**

Illustration de l'échangeur de chaleur air-air avec l'assistance par évaporation (gauche) et exemple d'un système de refroidissement complet avec une dérivation du climatiseur intégré par le mode échangeur de



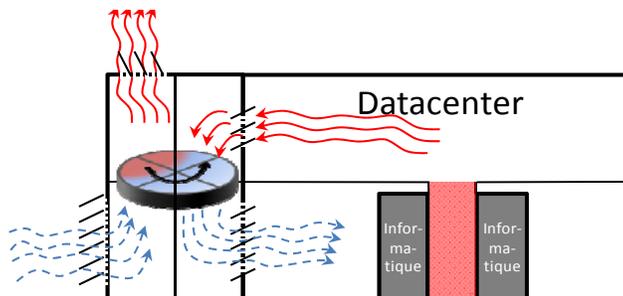
### Dérivation du climatiseur par la roue thermique

Principaux composants : ventilateurs, roue thermique (média humide et pompe, lorsqu'ils sont utilisés avec l'assistance par évaporation)

Une dérivation du climatiseur par le mode roue thermique utilise des ventilateurs pour souffler l'air extérieur froid à travers un échangeur de chaleur pivotant qui préserve les conditions climatiques plus sèches du datacenter, comme l'illustre la **Figure 4** avec l'exemple d'une roue thermique. Les roues thermiques utilisent des matériaux spéciaux qui ne permettent pas aux contaminants de polluer l'air du datacenter. Ce type de mode économiseur peut également être utilisé avec l'**assistance par évaporation**, option par laquelle l'air extérieur est davantage refroidi en passant par un média humide. Ce type rend possible les modes économiseurs complet et partiel.

**Figure 4**

Dérivation du climatiseur par le mode roue thermique (à gauche) et exemple d'une roue thermique (à droite)



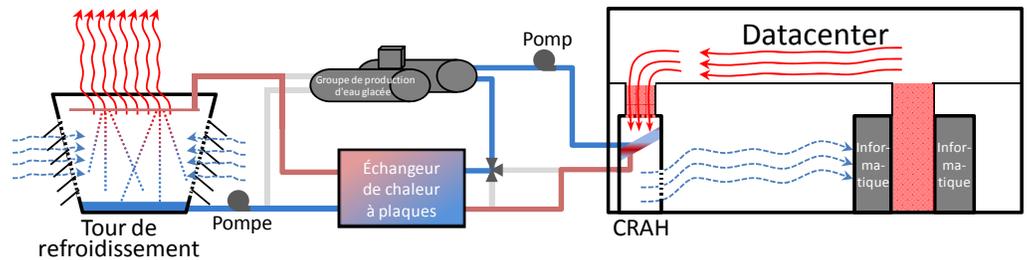
## Dérivation du groupe de production d'eau glacée par l'échangeur de chaleur

Principaux composants : tour de refroidissement, pompes, vannes, échangeur de chaleur à plaques, CRAH

Une dérivation du groupe de production d'eau glacée via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur utilise l'eau du condenseur pour *indirectement* refroidir l'eau réfrigérée du datacenter lorsque les conditions atmosphériques extérieures se situent dans la limite des points de consigne spécifiés. Les pompes font circuler l'eau du condenseur à travers l'échangeur de chaleur à plaques pour refroidir l'eau réfrigérée utilisée dans les CRAH sans mélanger les deux circuits d'eau comme l'illustre la **Figure 5**. Les vannes dérivent le groupe de production d'eau glacée, lui permettant de s'arrêter en fonction de la température de l'eau du condenseur. Ce mode économiseur rend possible le fonctionnement partiel lorsque l'échangeur de chaleur est en série avec le groupe de production d'eau glacée. Bien qu'il ne soit pas décrit dans ce livre, ce type de mode économiseur peut également utiliser une grande quantité d'eau (p. ex. un lac) comme source d'eau froide.

**Figure 5**

Dérivation du groupe de production d'eau glacée par le mode échangeur de chaleur



## Dérivation du compresseur du groupe de production d'eau glacée via le thermosiphon interne du groupe de production d'eau glacée

Principaux composants : tour de refroidissement ou refroidisseur sec, groupe de production d'eau glacée avec thermosiphon, pompes, vannes, CRAH

Certains groupe de production d'eau glacée offrent une option de mode économiseur thermosiphon qui permet au compresseur d'être arrêté lorsque les conditions atmosphériques extérieures se situent dans la limite des points de consigne spécifiés. Dans ce mode, le groupe de production d'eau glacée se comporte comme un simple échangeur de chaleur. Le principe de thermosiphon provoque l'acheminement naturel du réfrigérant chaud vers le serpentin du refroidisseur froid où il est refroidi. Le réfrigérant froid dès lors dépend de la gravité ou d'une pompe pour revenir dans le serpentin évaporateur où il refroidit l'eau réfrigérée du datacenter. Le réfrigérant se réchauffe à nouveau et le cycle reprend. La fonction de thermosiphon élimine le besoin de l'échangeur de chaleur à plaques du type précédent de mode économiseur. Cependant, ce mode économiseur ne permet pas au groupe de production d'eau glacée de fonctionner en mode économiseur partiel car le compresseur doit rester éteint lorsqu'il fonctionne en mode thermosiphon.

## Dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré via le refroidisseur sec (ou par le refroidisseur par évaporation)

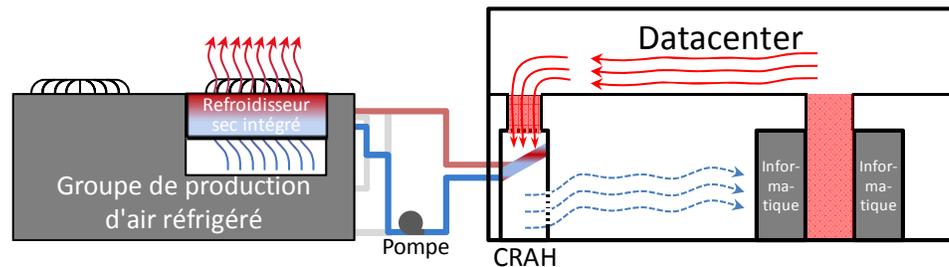
Principaux composants : refroidisseur sec, pompes, vannes, CRAH (média humide et pompe, lorsqu'ils sont utilisés avec le refroidisseur par évaporation)

Une dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré via le mode économiseur du refroidisseur sec utilise l'échangeur de chaleur connu comme étant un refroidisseur sec pour

*directement* refroidir l'eau réfrigérée du datacenter lorsque les conditions atmosphériques extérieures se situent dans la limite des points de consigne spécifiés. Les pompes font circuler l'eau réfrigérée (en général un mélange de glycol) à travers un refroidisseur sec où l'air extérieur froid refroidit l'eau réfrigérée qui alimente les CRAH, comme l'illustre la **Figure 6a**. Les vannes dérivent le groupe de production d'eau glacée, lui permettant de s'arrêter ou de fonctionner de manière plus efficace en fonction de la température de l'air extérieur. Ce mode économiseur rend possible le fonctionnement partiel lorsque l'échangeur de chaleur est en série avec le groupe de production d'eau glacée. Notez que le refroidisseur sec et les commandes de la **Figure 6a** sont pleinement intégrés à la solution de groupe de production d'eau glacée intégré. **Il s'agit de la solution supposée pour ce type de mode économiseur**. Ce type de solution a un faible encombrement et fournit un fonctionnement en mode économiseur considérablement plus prévisible et efficace que l'assemblage sur le terrain des mêmes composants. Un exemple de solution de groupe de production d'eau glacée intégré avec ce type de mode économiseur est illustré à la **Figure 6b**.

**Figure 6a**

*Dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré par le mode refroidisseur sec*



**Figure 6b**

*Exemple d'un groupe de production d'eau glacée intégré avec le refroidisseur sec intégré*



Ce type de mode économiseur peut également être utilisé avec l'**assistance par évaporation**, option par laquelle l'air extérieur est davantage refroidi en passant par un média humide ou une pulvérisation d'eau atomisée qui réduit davantage la température de l'eau réfrigérée et augmente le nombre d'heures de fonctionnement en mode économiseur.

### Dérivation du compresseur du climatiseur par une deuxième batterie

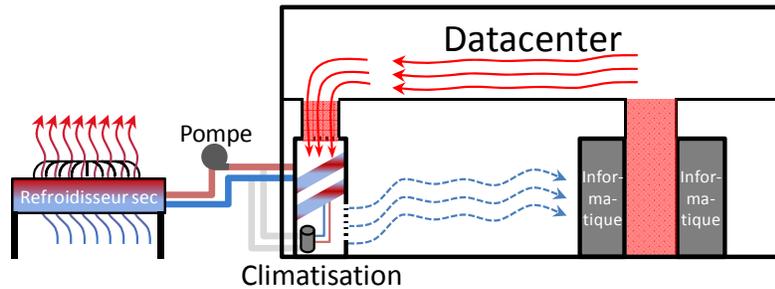
Principaux composants : refroidisseur sec, pompes, vannes, climatiseur avec deuxième batterie (média humide et pompe, lorsqu'ils sont utilisés avec le refroidisseur par évaporation)

Dans ce type de mode économiseur, la climatisation à détente directe (DX) comporte une deuxième batterie indépendante qui utilise l'eau du condenseur pendant le fonctionnement en mode économiseur. Lorsque les conditions atmosphériques extérieures se situent dans la limite des points de consignes spécifiés, les pompes acheminent l'eau du condenseur à travers le refroidisseur sec où l'air froid extérieur refroidit l'eau du condenseur qui alimente la deuxième batterie du climatiseur (**Figure 7**). Ce mode économiseur rend possible le fonctionnement partiel et peut utiliser l'**assistance par évaporation**. Ceci nécessite que le refroidisseur sec soit remplacé par un refroidisseur par évaporation. Notez qu'une tour de refroidissement pourrait également être utilisée pour refroidir l'eau du condenseur,

mais celle-ci accroît les besoins de traitement de l'eau, raison pour laquelle elle n'a pas été considérée pour les datacenters.

**Figure 7**

*Dérivation du compresseur du climatiseur par le mode deuxième batterie*



## Comparaison des différents modes économiseurs

Un mode économiseur doit bénéficier d'un grand nombre de conditions extérieures afin de maximiser le nombre d'heures utiles et d'économiser de l'énergie. **Cependant, en période de conditions climatiques extrêmement chaudes, il est nécessaire de dépendre d'un mode à base de réfrigérant (c.-à-d. refroidissement mécanique) au moins partiellement pour maintenir de manière fiable les conditions environnementales du datacenter tout en économisant l'énergie. Deux principaux attributs du mode économiseur peuvent être utiles dans ce cas :**

1. Le fonctionnement en mode économiseur partiel où le compresseur fonctionne à une charge réduite
2. Assistance par évaporation

Une évaluation de haut niveau de chacun des 15 types de modes économiseurs illustrés à la **Figure 1** tire la conclusion selon laquelle six des 15 types emploient ces deux attributs. Le **Tableau 1** compare ces six types de modes économiseurs par rapport à divers attributs qualitatifs décrits ci-dessous. Le fond bleu représente le meilleur type de mode économiseur en ce qui concerne l'attribut spécifique. Le **Tableau 2** compare ces six types de modes économiseurs par rapport à divers attributs quantitatifs.

**Tableau 1**

Comparaison qualitative entre les types de modes économiseurs  
(les cellules bleues indiquent la meilleure performance pour cet attribut)

Attribut du mode économiseur	Modes économiseurs d'air			Modes économiseurs d'eau		
	Dérivation du climatiseur par l'air frais direct (avec assistance par évaporation)	Dérivation du climatiseur par l'échangeur de chaleur air (avec assistance par évaporation)	Dérivation du climatiseur par la roue thermique d'air (avec assistance par évaporation)	Dérivation du groupe de production d'eau glacée par l'échangeur de chaleur <sup>3</sup>	Dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré par le refroidisseur par évaporation <sup>3</sup>	Dérivation du compresseur du climatiseur par le deuxième serpentin (avec assistance par évaporation)
<b>Compatibilité de l'enveloppe du bâtiment</b>	Peut exiger une modification de l'enveloppe du bâtiment	Peut exiger une modification de l'enveloppe du bâtiment	Peut exiger une modification de l'enveloppe du bâtiment	Aucun problème avec l'enveloppe du bâtiment	Aucun problème avec l'enveloppe du bâtiment	Aucun problème avec l'enveloppe du bâtiment
<b>Possibilité de rééquipement</b>	Pas logique de rééquiper dans le système existant	Pas logique de rééquiper dans le système existant	Pas logique de rééquiper dans le système existant	Pratique en cas de disponibilité de l'espace	Pratique en cas de disponibilité de l'espace	Exige le remplacement du climatiseur
<b>Complexité des contrôles</b>	Peu de périphériques à contrôler	Peu de périphériques à contrôler	Peu de périphériques à contrôler	La plupart des périphériques à contrôler	Nombre modéré de périphériques à contrôler	Nombre modéré de périphériques à contrôler
<b>Datacenter contrôle de l'humidité</b>	Dépendant de l'humidité extérieure	Indépendant de l'humidité extérieure	Indépendant de l'humidité extérieure	Indépendant de l'humidité extérieure	Indépendant de l'humidité extérieure	Indépendant de l'humidité extérieure
<b>Durée de vie</b>	20-40 ans sur l'échangeur de chaleur	20-40 ans sur l'échangeur de chaleur	20-40 ans sur l'échangeur de chaleur	10-15 ans sur l'échangeur de chaleur à plaques	10-20 ans sur le refroidisseur par évaporation	10-20 ans sur l'unité de refroidissement
<b>Risques de disponibilité - perte de l'eau de refroidissement - mauvaise qualité de l'air - extinction des incendies</b>	Très sensible à la qualité de l'air extérieur Arrêt requis avec la suppression des agents propres	Faible risque d'indisponibilité en raison de la perte d'eau. Aucun risque dû à la mauvaise qualité de l'air ou à l'extinction des incendies	Faible risque d'indisponibilité en raison de la perte d'eau. Aucun risque dû à la mauvaise qualité de l'air ou à l'extinction des incendies	Indisponibilité due à la perte de l'eau d'appoint pour la tour de refroidissement	Aucune indisponibilité due à la perte d'eau, à la mauvaise qualité de l'air ou à l'extinction des incendies	Aucune indisponibilité due à la perte d'eau, à la mauvaise qualité de l'air ou à l'extinction des incendies
<b>Encombrement</b>	0,41 pi2/kW 0,038 m2/kW	0,788 pi2/kW 0,073 m2/kW	1,72 pi2/kW 0,16 m2/kW	1,94 pi2/kW 0,18 m2/kW	3,34 pi2/kW 0,31 m2/kW	2,02 pi2/kW 0,19 m2/kW
<b>Besoin du mode réfrigérant de sauvegarde</b>	Sauvegarde entièrement dimensionnée en cas de mauvaise qualité de l'air extérieur	Partiellement dimensionné pour les conditions climatiques extrêmes	Partiellement dimensionné pour les conditions climatiques extrêmes	Partiellement dimensionné pour les conditions climatiques extrêmes	Partiellement dimensionné pour les conditions climatiques extrêmes	Partiellement dimensionné pour les conditions climatiques extrêmes

<sup>3</sup> Suppose que l'échangeur de chaleur est en série avec le groupe de production d'eau glacée, ce qui tient compte du fonctionnement en mode économiseur partiel.

## Compatibilité de l'enveloppe du bâtiment

La dérivation du climatiseur par l'air frais direct, par l'échangeur de chaleur d'air et par la roue thermique d'air ont toutes besoin des gaines d'air de l'équipement de refroidissement extérieur à la salle informatique du datacenter. En général, cela demande que le bâtiment soit spécifiquement conçu avec l'espace prévu pour cette gaine, ou qu'il soit conçu de sorte que la salle informatique soit directement contiguë à un emplacement extérieur approprié pour l'équipement de refroidissement. Par conséquent, ces types de modes économiseurs sont souvent difficiles à installer dans les enveloppes de bâtiments existants et dans les bâtiments de plusieurs étages. Les options d'installation des modes économiseurs qui utilisent les tuyaux sont plus flexibles parce que la conduite d'eau transfère la chaleur dans un espace physique bien plus petit qui peut être aménagé dans des voies de poursuite existantes.

## Possibilité de rééquipement

L'objectif type d'une application de rééquipement est de réutiliser autant que possible l'infrastructure de refroidissement existante. Il est pratiquement impossible de rééquiper un système de refroidissement traditionnel avec une dérivation du climatiseur via le mode économiseur d'air frais direct, étant donné que l'infrastructure de refroidissement existante est incompatible (le système traditionnel utilise l'eau alors que l'autre utilise l'air). Dans un datacenter typique utilisant des unités CRAH ou de climatisation, il existe en général trois manières de rééquiper un mode économiseur tout en réutilisant l'équipement existant.

La première manière et celle la plus courante consiste à ajouter un échangeur de chaleur qui contourne le groupe de production d'eau réfrigérée (c.-à-d. dérivation du groupe de production d'eau glacée via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur). Cela exige en général l'installation d'un échangeur de chaleur à plaques près du groupe de production d'eau glacée, avec des contrôles et vannes de dérivation associés. L'échangeur de chaleur est bien plus petit qu'un groupe de production d'eau glacée ; il y a donc souvent assez d'espace pour l'échangeur de chaleur dans la salle de production d'eau glacée existante.

La deuxième manière consiste à ajouter un échangeur de chaleur qui contourne un groupe de production d'eau glacée refroidi par air (c.-à-d. dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré via le mode économiseur du refroidisseur par évaporation). Cela exige en général l'installation d'un refroidisseur par évaporation près du groupe de production d'eau glacée, avec des contrôles et vannes de dérivation associés. L'encombrement total du refroidisseur par évaporation peut être bien plus grand que celui du groupe de production d'eau glacée et ce en fonction du climat ; un espace suffisant est donc nécessaire.

La troisième manière consiste à ajouter un échangeur de chaleur qui contourne le compresseur d'un système DX refroidi au glycol (c.-à-d. dérivation du compresseur de la climatisation via le mode économiseur de la deuxième batterie). Cela est bien plus difficile et peu réalisable à faire, car la deuxième batterie doit être placée à l'intérieur d'une armoire de l'unité de refroidissement. Le rééquipement de ce type de système de refroidissement exige de manière réaliste le remplacement d'une unité de climatisation entière par une qui comporte une deuxième batterie.

## Complexité des contrôles

La transition entre le mode économiseur et le mode à base de réfrigérant peut être très compliquée et pourrait entraîner une perte provisoire de refroidissement pendant la transition. En définitive, la fiabilité de cette transition dépend des contrôles. **Le système de contrôle des systèmes de refroidissement préfabriqués et normalisés avec mode économiseur intégré est développé en combinaison avec le matériel. Cela rend le système de**

// Le système de contrôle des systèmes de refroidissement préfabriqués et normalisés avec mode économiseur intégré est développé en combinaison avec le matériel. Cela rend le système de contrôle par essence plus fiable que les systèmes de contrôle personnalisés développés pour les installations de systèmes de refroidissement uniques sur le terrain. //

## > Réglementations et modes économiseurs

Les modes économiseurs ont généralement été considérés comme une option dans la conception d'un datacenter. Le client avait la possibilité de décider s'il voulait inclure les capacités du mode économiseur, en fonction de sa propre appréciation des coûts et avantages. Cependant, il existe une tendance à réglementer les exigences de performance minimale pour les nouveaux datacenters et ces exigences peuvent explicitement ou implicitement demander la mise en œuvre des modes économiseurs.

La réglementation de base qui affecte cette question est la norme ANSI/ASHRAE 90.1-2010 « Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (Norme de l'énergie pour les bâtiments excepté les immeubles résidentiels à construction basse) ». Cette norme spécifie les exigences de performance minimale pour l'efficacité énergétique des bâtiments et a récemment été élargie pour inclure les datacenters. Bien que ASHRAE ne soit pas un organe juridique qui fasse respecter les normes, de nombreuses autorités de réglementation, notamment le Gouvernement américain et les codes locaux de construction ont adopté cette norme. Par ailleurs, les organisations qui formulent des exigences pour les bâtiments écologiques, comme la norme LEED de l'US Green Building Council, ont adopté la norme ASHRAE 90.1 comme une référence minimale pour la performance énergétique.

Pour la plupart des datacenters qui suivent les directives ASHRAE, la norme ASHRAE 90.1 définit un système de refroidissement des datacenters de référence qui est utilisé pour établir l'exigence de performance minimale. Cette référence est un système type d'eau réfrigérée doté du mode économiseur « dérivation du groupe de production d'eau glacée par l'échangeur de chaleur de liquide » décrit plus tôt dans ce livre. Bien que la norme 90.1 ne prescrive pas l'utilisation de ce système même, n'importe quel système utilisé dans un datacenter doit respecter ou dépasser la performance de ce système de référence, qui comporte un mode économiseur. Cela donne à penser que **presque chaque nouveau datacenter doit avoir un type de mode économiseur.**

**contrôle par essence plus fiable que les systèmes de contrôle personnalisés développés pour les installations de systèmes de refroidissement uniques sur le terrain.**

La dérivation du climatiseur via l'échangeur de chaleur ou via les modes économiseurs de la roue thermique ont les systèmes de contrôle les plus simples. Le système de contrôle du mode économiseur le plus complexe est la dérivation du groupe de production d'eau glacée via l'échangeur de chaleur à cause de la zone morte entre la température basse de l'eau du condenseur requise par l'échangeur de chaleur à plaques et la température élevée de l'eau du condenseur requise par le groupe de production d'eau glacée.

## Contrôle d'humidité du datacenter

Tous les types de mode économiseur dans le **Tableau 1** sauf un isolent l'air extérieur de l'air intérieur du datacenter. L'humidité du datacenter n'est, par conséquent, pas affectée par le mode économiseur, même lorsque le niveau de l'humidité extérieure est élevé. Cependant, la dérivation du climatiseur via le mode économiseur d'air frais direct fournit l'air extérieur directement dans le datacenter, ce qui réduit considérablement le nombre d'heures en mode économiseur sous des climats humides. Bien qu'il soit possible de réguler l'humidité, l'énergie supplémentaire utilisée peut compenser les économies d'énergie du mode économiseur.

## Durée de vie

Les systèmes de refroidissement qui utilisent l'eau pour transporter l'énergie thermique ont en général une durée de vie plus courte que ceux qui utilisent l'air. Cela est dû aux effets de salissure de l'eau circulant à travers des conduits. Les surfaces soumises à l'eau ont tendance à limiter les systèmes de refroidissement qui utilisent l'assistance par évaporation. Dans l'ensemble, la durée de vie de tout système de refroidissement est considérablement affectée par la quantité de maintenance effectuée tout au long de sa vie.

## Risques en matière de disponibilité

Tous les types de mode économiseur sont vulnérables aux menaces externes comme les ouragans, tornades et tremblements de terre. Cependant, il existe des menaces plus courantes qui doivent être considérées.

- **Perte de l'eau de refroidissement** : il peut y avoir une perte des services municipaux d'approvisionnement en eau en raison des projets de construction dans le voisinage d'un datacenter, à travers des coupures prévues ou imprévues. Étant donné que les groupes de production d'eau réfrigérée dépendent entièrement des tours de refroidissement qui fonctionnent de manière continue, la dérivation du groupe de production d'eau glacée via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur est plus sensible. Cette menace est généralement traitée en installant des réservoirs de stockage d'eau assez grands pour suppléer l'approvisionnement en cas de coupure de 24 heures ou plus. Une menace de perte de refroidissement à l'étape d'assistance par évaporation des autres types de modes économiseurs a beaucoup moins de chance de se produire, car elle doit coïncider avec des conditions climatiques extérieures chaudes et sèches.

Les systèmes qui dépendent également de l'assistance par évaporation comme moyen pour assurer le refroidissement tout au long de l'année sont également vulnérables à la perte de l'eau de refroidissement. L'on peut pallier cette faiblesse en installant une réserve d'eau de secours tel que décrit ci-dessus, ou en dimensionnant le système de refroidissement mécanique de sorte à gérer 100 % de la charge.

- **Mauvaise qualité de l'air** : les modes économiseurs qui fournissent l'air extérieur directement dans le datacenter peuvent constituer une menace pour l'équipement

informatique. Certains filtres à air de ces systèmes de refroidissement sont efficaces pour la filtration des particules de la taille de micron comme les micro-organismes. Cependant, sous la menace des cendres volcaniques, des fumées émanant d'un incendie proche ou d'une tempête de sable, les modes économiseurs air frais doivent probablement basculer au refroidissement au réfrigérant, au risque de voir les filtres rapidement s'obstruer. Cette menace est généralement traitée en installant une unité de réfrigération redondante capable de supporter la charge thermique pour l'ensemble du datacenter. Dans les modes économiseurs qui utilisent des médias humides pour l'assistance par évaporation, les médias sont vulnérables à l'accumulation de particules. Dans ces cas, il est fort probable que les médias nécessitent d'être remplacés après cette menace.

ASHRAE dispose d'un livre blanc et d'un livre portant sur la *contamination particulaire et gazeuse dans des environnements datacoms*. Ces deux publications fournissent des détails sur les modes de défaillances qui peuvent être causés par la contamination gazeuse et particulaire, en particulier dans les applications en mode économiseur d'air frais direct placées dans les zones industrielles. Celles-ci donnent également des directives pour les substances autorisées et les conditions d'utilisation afin d'assurer un fonctionnement sans problème.

- **Extinction des incendies à l'intérieur du datacenter** : les datacenters qui dépendent des agents propres de lutte contre l'incendie (c.-à-d. FM200, INERGEN, ECARO-25) doivent sceller l'espace des datacenters afin de maintenir la concentration appropriée d'agents propres afin d'efficacement lutter contre un incendie. Cela exige la fermeture de tous les registres d'air et les ouvertures, ce qui est problématique pour les modes économiseurs qui fournissent l'air frais directement dans le datacenter. Tout comme avec la menace de la mauvaise qualité de l'eau, cette menace est gérée en s'assurant que le système mécanique est capable de gérer 100 % de la charge thermique du datacenter.

## Encombrement

L'encombrement des différents systèmes de refroidissement représente l'espace qu'occupent tous les composants, notamment ceux requis pour le mode économiseur et les unités de refroidissement du datacenter. L'encombrement est normalisé en fonction de la capacité nominale du datacenter (c.-à-d. la charge informatique maximale pouvant être supportée par le datacenter). La dérivation du climatiseur via le système de refroidissement à l'air frais direct a le plus petit encombrement. L'encombrement de la dérivation du climatiseur par le système de refroidissement mode échangeur de chaleur d'air n'est que légèrement supérieur en raison de l'ajout d'un échangeur de chaleur air-air. La dérivation du climatiseur par le système de refroidissement roue thermique d'air a le plus grand encombrement de tous les « modes économiseurs à base d'air » et est presque aussi grande qu'une unité d'eau réfrigérée avec tour de refroidissement.

## Besoin du mode réfrigérant de sauvegarde

Bien qu'il soit possible qu'un système de refroidissement se passe d'un mode de refroidissement à base de réfrigérant et dépende entièrement d'un mode économiseur, cela augmente le risque d'indisponibilité et n'est pas recommandé pour les datacenters de production à haute disponibilité. Par ailleurs, très peu d'endroits dans le monde disposent d'un climat froid tout au long de l'année. Pour ceux dont c'est le cas, peu ont l'accessibilité nécessaire, les lignes en fibre optique, le réservoir de main-d'œuvre et les autres ressources requises pour faire fonctionner un datacenter. Ainsi, dans la plupart des cas, un mode économiseur aura besoin au moins d'un mode de secours à base de réfrigérant partiellement dimensionné pour intervenir pendant les jours les plus chauds de l'année. Plus les « passages de relais d'échange de chaleur » se produisent dans un mode économiseur, plus il est probable qu'un mode à base de réfrigérant entièrement dimensionné soit nécessaire.

Par exemple, un datacenter avec une dérivation du groupe de production d'eau glacée via un mode économiseur de l'échangeur de chaleur échange l'énergie thermique à trois niveaux : au niveau du CRAH, de l'échangeur de chaleur à plaques et de la tour de refroidissement.

**Afin que ce datacenter fournisse un air de 20 °C (68 °F) aux serveurs fonctionnant à 100 % en mode économiseur, la température maximale de bulbe humide extérieur maximal doit être d'environ 2 °C (35 °F) ou moins, sur toute l'année<sup>4</sup>.** Si le groupe de production d'eau glacée est limité à 50 % de sa capacité prévue, la température maximale du bulbe humide extérieur doit être d'environ 7 °C (45 °F) ou moins, sur toute l'année, ce qui est toujours trop bas pour un emplacement pratique du datacenter. C'est pourquoi ce type de mode économiseur demande un refroidisseur entièrement dimensionné pour un système mécanique de secours.

La dérivation du climatiseur via le mode économiseur de l'air frais direct n'a pas d'échange de chaleur, car l'air extérieur est fourni directement dans le datacenter. Cela signifie qu'elle peut fonctionner toute l'année, sous des climats plus secs, avec un système de refroidissement mécanique partiellement dimensionné. Cependant, en raison du risque lié à la qualité de l'air décrit ci-dessus et du besoin de régulation de l'humidité, un système mécanique entièrement dimensionné est requis. Bien que la dérivation du climatiseur via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur d'air ait un « échange de chaleur », cela permet d'éviter le risque lié à la qualité de l'air et les problèmes de régulation de l'humidité et par conséquent les dépenses en capital et d'exploitation d'un système mécanique entièrement dimensionné.

Dans un avenir où les machines virtuelles permettront aux processus critiques de basculer vers d'autres datacenters, il est réaliste de s'attendre à voir certains datacenters fonctionner entièrement en mode économiseur sans aucune réserve de réfrigération. Les seuils de température d'entrée des équipements informatiques devraient s'accroître dans l'avenir, rendant même plus probable le fonctionnement à temps plein en mode économiseur.

---

<sup>4</sup> Suppose que le datacenter est chargé à 100 % avec le confinement des allées chaudes, distribution d'eau réfrigérée de 14 °C (57 °F)

**Tableau 2**

Comparaison quantitative entre les types de modes économiseurs

Attribut du mode économiseur	Modes économiseurs d'air			Modes économiseurs d'eau		
	Dérivation du climatiseur par l'air frais direct (avec assistance par évaporation)	Dérivation du climatiseur par l'échangeur de chaleur air (avec assistance par évaporation)	Dérivation du climatiseur par la roue thermique d'air (avec assistance par évaporation)	Dérivation du groupe de production d'eau glacée par l'échangeur de chaleur <sup>5</sup>	Dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré par le refroidisseur par évaporation <sup>5</sup>	Dérivation du compresseur du climatiseur par le deuxième serpentin (avec assistance par évaporation)
<b>Les attributs suivants sont basés sur un datacenter 1MW à charge informatique de 50 %, situé à St. Louis, MO, États-Unis.</b>						
Consommation d'eau annuelle	100 gal 379 L	1 262 000 gal 4 777 000 L	1 257 000 gal 973 000 L	7 000 000 gal 26 000 000 L <sup>6</sup>	128,000 gal 485,000 L	128,000 gal 485,000 L
Coût en capital du système de refroidissement entier	2,2 \$/watt	2,4 \$/watt	2,8 \$/watt	3,0 \$/watt	2,3 \$/watt	2,0 \$/watt
Coût de maintenance annuel du système entier <sup>7</sup>	75 %	75 %	83 %	100 %	100 %	92 %
Total de l'énergie de refroidissement	737,506	340,365	377,625	589,221	736,954	960,974
Heures annuelles - mode économiseur complet	5,723	7,074	5,990	4,705	5,301	4,918
Heures annuelles - mode économiseur partiel	0	1,686	2,770	3,604	1,773	3,800
PUE annuel estimé	1.34	1.25	1.26	1.31	1.34	1.39

### > Économie de l'assistance par évaporation

Le coût des refroidisseurs par évaporation et de l'assistance par évaporation englobe en général le coût du matériel, l'utilisation de l'eau et le traitement de l'eau. Ces coûts doivent être pris en compte lors du choix du système de refroidissement d'un datacenter.

L'assistance par évaporation est plus efficace sous des climats secs comme celui de Las Vegas et Dubai. Le coût d'un refroidisseur par évaporation doit être équilibré au regard de son efficacité sous des climats plus humides. Il est possible de dépenser plus sur un refroidissement par évaporation que d'économiser l'énergie d'un système de refroidissement.

### Consommation d'eau annuelle

Les modes économiseurs utilisés avec les tours de refroidissement sont plus soumis à la consommation d'eau que d'autres types de modes économiseurs à cause de l'évaporation de l'eau de la tour de refroidissement. Ceci est dû au processus d'évaporation qui se produit continuellement toute l'année. Les tours de refroidissement consomment près de 40 gallons par minute/1 000 tonnes de capacité de climatisation (151,4 litres par minute, 2,58 litres par heure et pas kW)<sup>8</sup>. Le composant d'assistance par évaporation des modes économiseurs consomme l'eau à une bien moindre mesure, car elle n'utilise que le processus d'assistance par évaporation pendant les périodes chaudes de l'année.

<sup>5</sup> Suppose que l'échangeur de chaleur est en série avec le groupe de production d'eau glacée, ce qui tient compte du fonctionnement en mode économiseur partiel.

<sup>6</sup> Total de la consommation d'eau de la tour de refroidissement estimé à partir de l'évaporation, le décalage et la purge <http://www.cheresources.com/ctowerszz.shtml> (faire défiler la page) - accès le 23 juillet 2010

<sup>7</sup> Le coût de maintenance est présenté comme le pourcentage d'un groupe de production d'eau glacée traditionnel de référence/système de refroidissement de la tour

<sup>8</sup> Arthur A. Bell, Jr., *HVAC Equations, Data, and Rules of Thumb* (New York: McGraw-Hill, 2000), p. 243

## Coût en capital du système de refroidissement entier

Le coût en capital englobe tous les matériels, la main-d'œuvre d'installation, les coûts de conception et tous les frais du projet associés au système de refroidissement entier exprimés en termes de dollars par Watt de charge informatique. Par exemple, dans un mode économiseur « dérivation du groupe de production d'eau glacée par l'échangeur de chaleur », le groupe de production d'eau glacée est également inclus dans le coût en capital. En fait, ce système de refroidissement a le coût en capital le plus élevé de tous les autres systèmes en raison du coût supplémentaire de la tour de refroidissement, des conduites, des pompes et du système de contrôle personnalisé. La conception et la mise en œuvre d'un tel système de contrôle représentent un coût considérable parce que la plupart, voire la totalité des composants individuels sont fournis par différents fournisseurs qui exigent un codage, des tests, une vérification et un réglage personnalisés pour s'assurer que le système de refroidissement entier est fiable et réalise les économies attendues. Le coût du « réglage » de ce système peut s'étendre sur un an ou plus. Cette analyse a traité ces coûts comme une dépense en capital, mais ils peuvent également être considérés comme des dépenses d'exploitation. Le système de refroidissement avec la dérivation du groupe de production d'eau glacée intégré via le mode économiseur du refroidisseur par évaporation coûte près de 23 % moins cher, étant donné qu'il n'a pas besoin des composants d'évacuation de la chaleur énoncés et du degré de réglage. Cependant, le rendement énergétique général du datacenter est moins performant à cause de la faible efficacité de ce système.

### > Hypothèses du Tableau 2

Capacité du datacenter :  
1 000 kW (pas de redondance)

Emplacement : St. Louis,  
Missouri, États-Unis

Charge informatique totale :  
500 kW

Refroidissement par rangée  
(modes économiseurs d'eau)

Faux-plafond (modes  
économiseurs d'air)

Confinement de l'air chaud  
(tous les modes)

Ventilateurs CRAH à vitesse  
variable

Delta de température moyenne  
entre les serveurs : 13,9 °C/25 °F

Température moyenne d'entrée  
de la baie : 24 °C/75 °F

Humidité relative de 55 % de l'air  
maximum entrant dans le serveur

Point de rosée maximum :  
10 °C/60 °F

Coefficient du refroidisseur par  
rapport au débit d'air des  
équipements informatiques :  
120%

Delta-T de l'eau réfrigérée de  
conception : 6,7 °C/12 °F

Groupe de production d'eau  
glacée COP \* IPLV : 9

Température minimale de l'eau de  
la tour : 4,4 °F/40 °C limitée par  
un système de chauffage du  
bassin pour empêcher le gel

Plage prévue de la tour de  
refroidissement : 5,6 °C/10 °F

## Coût de maintenance annuel du système de refroidissement entier

Le système groupe de production d'eau glacée/tour de refroidissement est un système de refroidissement très courant utilisé dans les datacenters de grande capacité qui sert de bon point de référence pour d'autres coûts de maintenance du système de refroidissement. Par conséquent, les coûts de maintenance annuels sont présentés dans le **Tableau 2** comme pourcentage d'un groupe de production d'eau glacée/système de refroidissement de la tour. La maintenance annuelle inclut la maintenance de tous les composants du système de refroidissement de tous les modes de fonctionnement, notamment le mode économiseur. Par exemple, dans une dérivation du groupe de production d'eau glacée via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur, le groupe de production d'eau glacée est également inclus dans le coût de maintenance. Les systèmes de refroidissement avec modes économiseurs « à base d'air » ont un coût de maintenance plus réduit que les autres modes économiseurs qui ont un plus grand nombre de composants et sont plus complexes.

## Total de l'énergie de refroidissement

Il s'agit du total de l'énergie annuelle consommée par le système de refroidissement entier. Le mode économiseur ayant le plus grand coût énergétique est la dérivation du compresseur de la climatisation par le deuxième serpentin. Ceci est principalement dû à la pénalité sur l'énergie liée au fait d'avoir des systèmes de refroidissement répartis. Le mode économiseur ayant la plus faible consommation d'énergie est la dérivation du climatiseur par l'échangeur de chaleur. La dérivation du climatiseur par la roue thermique d'air consomme juste un peu plus d'énergie.

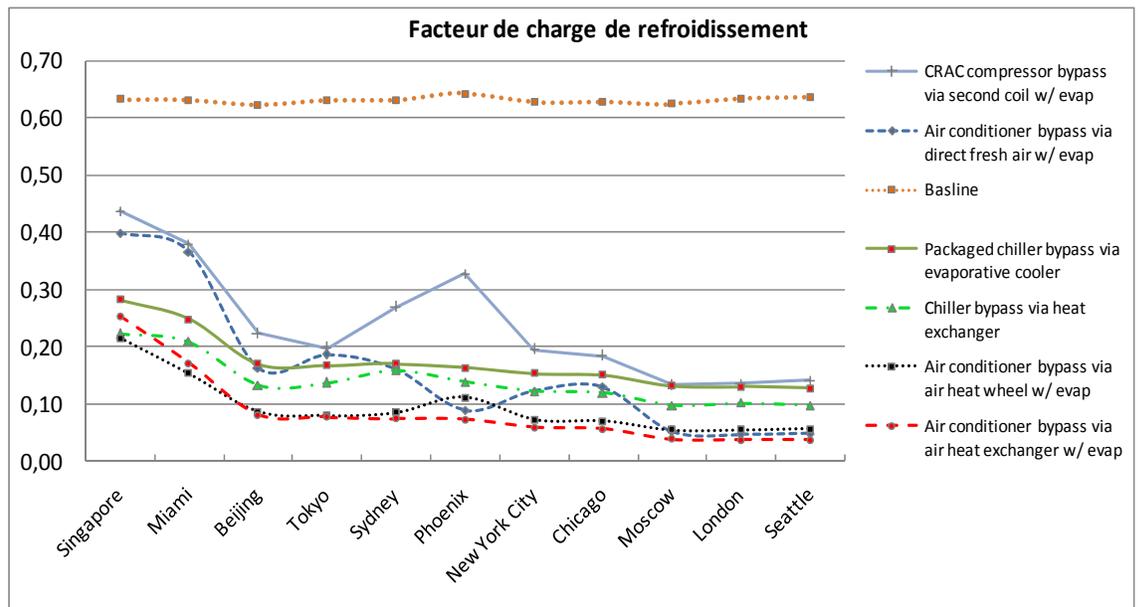
Il est également utile de comparer la consommation d'énergie du mode économiseur avec un système eau réfrigérée traditionnel/tour de refroidissement, étant donné que la majorité de datacenters 1MW et plus grands utilisent cela. Le système de référence suppose un refroidissement périmétrique sans confinement, sans mode économiseur, une température de

la distribution d'eau réfrigérée de 7,2 °C (45 °F)<sup>9</sup> et des ventilateurs CRAH à vitesse constante. À l'aide de ce point de référence, la **Figure 8** compare les facteurs de charge de refroidissement (CLF)<sup>10</sup> des types de mode économiseur par rapport à l'unité d'eau réfrigérée de référence dans 11 villes où de grands datacenters sont en général localisés. Le CLF est la partie du rendement énergétique dédiée au système de refroidissement du datacenter.

Tous les modes économiseurs ont fourni des économies d'énergie de refroidissement sur le système de refroidissement de référence. Le mode dérivation du climatiseur par l'échangeur de chaleur d'air fournit la plus faible consommation d'énergie de refroidissement sous presque tous les climats avec une moyenne de 381 385 kWhrs. **Cela représente 86 % d'économies d'énergie du système de refroidissement lorsqu'il est comparé à la moyenne de consommation d'énergie de refroidissement de référence de 2 761 262 kWhrs.** Le mode dérivation du climatiseur par la roue thermique d'air fonctionne bien également.

**Figure 8**

Facteurs de charge de refroidissement pour les modes économiseurs comparés à la base de référence.



### Heures annuelles - mode économiseur complet

Voici comment chaque type de mode économiseur fonctionne à 100 % en mode économiseur plusieurs heures par jour. Cette analyse est basée sur un datacenter 1MW à charge informatique de 50 %, situé à St. Louis, MO, États-Unis (le nombre d'heures dépend énormément de la géographie). Le mode économiseur dérivation du climatiseur par l'air frais direct fournit le plus petit nombre d'heures en mode économiseur complet en raison des conditions d'humidité et de point de rosée requises dans le datacenter. La dérivation du climatiseur via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur d'air fournit 7 074 heures en mode économiseur complet.

<sup>9</sup> Pour les modes économiseurs qui utilisent l'eau réfrigérée, la température de la distribution d'eau réfrigérée doit être supérieure à celle des unités d'eau réfrigérée types. Le réglage de la température de la distribution d'eau réfrigérée à 10-15 °C (50-59 °F) augmente considérablement le nombre d'heures en mode économiseur.

<sup>10</sup> Le facteur de charge de refroidissement (CLF) est le total de l'énergie consommée par le système de refroidissement divisé par l'énergie de la charge informatique. L'énergie de la charge informatique utilisée dans cette analyse a été de 500 kW x 8 760 heures/an. Pour plus d'informations sur le CLF, consultez la page 7 du livre blanc n° 1 de Green Grid - accès le 21 décembre 2010 [http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/Green\\_Grid\\_Metrics\\_WP.ashx?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/Green_Grid_Metrics_WP.ashx?lang=en)

## Heures annuelles - mode économiseur partiel

Le fonctionnement en mode économiseur partiel se produit lorsque le mode économiseur seul est incapable de refroidir le datacenter en raison des conditions extérieures et a besoin de l'assistance du compresseur. Il s'agit d'un attribut très important de tout mode économiseur, car très peu d'endroits dans le monde tiennent compte du fonctionnement à 100 % du temps en mode économiseur. Dans certains endroits, les heures en mode économiseur partiel sont bien supérieures aux heures en mode économiseur complet, ce qui favorise plus d'économie d'énergie grâce au fonctionnement partiel. La dérivation du climatiseur via le mode économiseur de l'air frais direct fournit le plus petit nombre d'heures en mode économiseur partiel en raison des conditions d'humidité requises dans le datacenter.

## PUE annuel estimé

Le rendement énergétique (PUE) est le pourcentage de l'énergie totale utilisée pour le datacenter entier comparée à l'énergie totale utilisée par l'équipement informatique. Cette estimation annualisée est basée sur une infrastructure d'alimentation commune. La dérivation du compresseur de la climatisation via le mode économiseur du deuxième serpentin fournit le PUE annuel le plus élevé (c.-à-d. le pire) de 1,39. La dérivation du climatiseur via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur d'air fournit le PUE le plus bas de 1,25 à St. Louis.

Lorsqu'on considère tous les climats dans la **Figure 8**, la dérivation du climatiseur via le mode économiseur de l'échangeur de chaleur d'air fournit le plus faible PUE sous presque tous les climats avec une moyenne de 1,34. **Cela représente une facture énergétique inférieure de 30 % pour le datacenter entier comparée au PUE moyen (1,92) du système de référence.**

## Facteurs qui influencent le fonctionnement en mode économiseur

Il existe plusieurs facteurs qui influencent le nombre d'heures en mode économiseur possibles avec un mode économiseur donné. Le facteur dominant est l'emplacement géographique du datacenter. Cependant, la conception et les points de consigne du système de refroidissement du datacenter y ont également une forte influence.

### Emplacement géographique

L'utilisation d'un mode économiseur dépend complètement de l'emplacement géographique du datacenter. Les conditions saisonnières du site sont même un facteur déterminant pour une bonne utilisation d'un mode économiseur. ASHRAE, The National Renewable Energy Lab (NREL), et The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sont juste quelques sources qui fournissent des données météorologiques pour évaluer le nombre d'heures en mode économiseur possibles. Ces données sont habituellement appelées « données poubelles », car les données météorologiques sont éliminées à des intervalles de température. L'on peut calculer le nombre d'heures en mode économiseur à l'aide des données météorologiques d'un emplacement donné.

### Points de consigne du système de refroidissement

Il existe fondamentalement deux manières d'augmenter les heures en mode économiseur : 1) transférer le datacenter vers un climat plus froid et 2) augmenter la température de la conception d'entrée du serveur. La première option est bien évidemment peu réaliste pour les datacenters existants. La deuxième option est réaliste et est actuellement mise en œuvre dans des datacenters existants ainsi que dans les nouveaux. En fait, la version 2008 de la norme ASHRAE TC9.9 a augmenté la température maximale d'entrée (bulbe sec) du serveur

comprise entre 25 °C (77 °F) et 27 °C (80,6 °F). Cependant, le degré de température d'approvisionnement des équipements informatiques dépend de la qualité de la séparation des flux d'air chaud et froid.

## Séparation des flux d'air chaud et froid

Les flux d'air chaud et froid dans les datacenters types ont tendance à considérablement se mélanger à cause de la mauvaise disposition des racks et des mauvaises pratiques de gestion de l'air. Si les points de consigne du refroidissement s'élèvent à 27 °C (80,6 °F) dans ce scénario, au moment où l'air entrant arriverait à l'entrée du serveur, la température avoisinerait 32 °C (90 °F). C'est pourquoi il est courant de voir les points de consigne du système de refroidissement en-deçà de la température d'entrée du serveur

Afin d'augmenter les points de consigne du système de refroidissement et par conséquent les heures en mode économiseur, les flux d'air chauds et froids doivent être séparés. Cela peut être accompli avec les systèmes de confinement des allées froides et des allées chaudes. Cependant, le confinement des allées chaudes entraîne considérablement plus d'heures en mode économiseur et est de ce fait toujours préféré pour les nouvelles conceptions. Ce sujet est davantage présenté dans le Livre blanc n° 135, *Impact du confinement des allées froides et chaudes sur la température et l'efficacité du datacenter*. **Tout datacenter qui utilise un mode économiseur constatera un spectaculaire gain d'efficacité lorsqu'un système de confinement est utilisé. Cela n'a généralement pas beaucoup de sens d'investir dans un mode économiseur sans d'abord investir dans un système de confinement.**

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 135

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

## Suppression ou réduction des modes sans économiseur dans les systèmes de refroidissement

Historiquement, les modes économiseurs ont été considérés comme une fonction supplémentaire d'économie d'énergie qui complète le principal système de refroidissement. La plupart des conceptions sont créées de sorte que le mode économiseur puisse être arrêté et que le datacenter continue de fonctionner en mode de refroidissement de base. Cependant, de même que les conceptions des datacenters sont optimisées afin que le mode économiseur deviennent le mode de fonctionnement prédominant, certaines nouvelles possibilités s'ouvrent pour améliorer la rentabilité du datacenter :

1. Si une conception permet le mode économiseur partiel, même sous les conditions les plus extrêmes, de sorte que le système de compresseur principal ne soit jamais requis pour prendre la charge complète du datacenter, il existe une possibilité de réduire la taille du système de compresseur principal, d'économiser le coût et d'améliorer l'efficacité.
2. Si une conception permet le mode économiseur complet, même sous les conditions les plus extrêmes, il est possible de considérer le retrait complet du système de compresseur principal et le fonctionnement permanent du datacenter en mode économiseur.
3. Si une conception permet le mode économiseur complet à l'exception de quelques conditions les plus extrêmes, il est possible de considérer de placer des contrôles sur les systèmes informatiques pour plafonner la charge informatique lorsque les conditions extérieures les plus extrêmes se produisent, de sorte que le système de compresseur principal puisse être éliminé. De tels contrôles peuvent limiter la performance du serveur par une gestion agressive de l'énergie ou en déplaçant les charges informatiques vers un autre site.

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 136

*Modules de refroidissement à rendement très élevé pour les grands datacenters*

La mise en œuvre de caractéristiques de conception qui réduisent ou éliminent l'utilisation d'un système de compresseur peut conduire à des systèmes de refroidissement de datacenter très efficaces. Le Livre blanc n° 136 : *Modules de refroidissement à rendement très élevé pour les grands datacenters*, examine une nouvelle approche pour le refroidissement des datacenters qui utilise près de la moitié de l'énergie des méthodes traditionnelles, mais fournit tout de même une grande évolutivité, disponibilité et facilité de maintenance.

## Conclusion

Auparavant, les modes économiseurs du système de refroidissement n'ont pas été sérieusement pris en considération dans la plupart des datacenters. Cela était largement dû au faible coût de l'électricité, aux basses températures d'alimentation des équipements informatiques et à la non-existence de réglementations sur les émissions de carbone. Aujourd'hui, des normes comme la norme ANSI/ASHRAE 90.1-2010 et les réglementations comme la UK Carbon Reduction Commitment (Engagement en faveur de la réduction des émissions de carbone au Royaume-Uni), font pression sur les datacenters afin de réduire l'utilisation de l'énergie. Certains modes économiseurs sont un moyen efficace pour la réduction de l'utilisation de l'énergie sous plusieurs climats. Les opérateurs de datacenters sous certains climats pensent que les modes économiseurs peuvent fonctionner comme le principal système de refroidissement, permettant au système mécanique de jouer le rôle de mode secondaire ou de secours.

Sous certains climats, des modes économiseurs peuvent permettre d'économiser plus de 70 % dans les coûts énergétiques annuel de systèmes de refroidissement, ce qui correspond à une réduction de plus de 15 % dans le PUE annualisé. Cependant, avec au moins 15 différents types de modes économiseurs sans définitions industrielles précises, l'établissement d'une terminologie pour décrire différents types de modes économiseurs est nécessaire afin de comparer, sélectionner ou spécifier les modes économiseurs. La terminologie et les définitions proposées dans ce livre accompagnées des comparaisons qualitatives et quantitatives de différents types de modes économiseurs aident les concepteurs de datacenters à prendre de meilleures décisions.



### 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, 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 à la Washington University à St. Louis, Missouri.

**John Bean Jr.** est le directeur de l'innovation pour les solutions de refroidissement des racks chez American Power Conversion by Schneider Electric. Auparavant, John a été le responsable mondial de l'ingénierie pour les solutions de refroidissement chez Schneider Electric, a développé plusieurs nouvelles plateformes de produit et établi des installations d'ingénierie et des laboratoires aux États-Unis et au Danemark. Avant de rejoindre APC, John a été le responsable de ingénierie pour d'autres sociétés impliquées dans le développement et la fabrication de solutions de refroidissement critiques.

**Victor Avelar** est analyste de recherche senior au sein du Datacenter 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 à la ressource



**Les différents types de systèmes de climatisation pour les environnements informatiques**

Livre Blanc 59



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

Livre Blanc 135



**Modules de refroidissement à rendement très élevé pour les grands datacenters**

Livre Blanc 136



**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:

Data Center 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)