

# Choisir entre un refroidissement par salle, par rangée ou par rack dans les datacenters

## Livre Blanc 130

Révision n° 2

Par Kevin Dunlap et Neil Rasmussen

### > Résumé Général

Les équipements informatiques de dernière génération, à haute densité et à densité variable, créent des conditions pour lesquelles les systèmes de refroidissement classiques n'ont jamais été conçus et qui rendent ces systèmes à la fois inefficaces, surdimensionnés et imprévisibles. Pour résoudre ces problèmes, des méthodes de refroidissement par salle, par rangée et par rack ont été développées. Ce document décrit ces méthodes de refroidissement améliorées et aide à choisir celles qui conviennent le mieux pour la plupart des datacenters de nouvelle génération.


### Table Des Matières

*Cliquez sur une section pour y accéder directement*

Introduction	2
Refroidissement par salle, par rangée et par rack	2
Comparaison de trois méthodes de refroidissement	7
Conclusion	15
Ressources	16


## Introduction

La quasi-totalité de la puissance électrique fournie aux charges informatiques d'un datacenter se transforme, à terme, en chaleur résiduelle qu'il faut évacuer pour éviter les surchauffes. Presque tous les équipements informatiques sont refroidis par air : chacun aspire l'air ambiant et rejette de la chaleur résiduelle avec l'air évacué. Un datacenter peut contenir des milliers d'appareils informatiques. Il s'y forme donc des milliers de trajectoires d'air chaud dont l'ensemble représente la chaleur résiduelle totale en sortie du datacenter, qui doit être neutralisée. Le système de climatisation du datacenter doit capter efficacement ce flux complexe de chaleur résiduelle et l'extraire de la salle.

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 55

*Les différents types de distribution de l'air pour les environnements informatiques*

La méthode utilisée depuis toujours pour refroidir les datacenters consiste à utiliser des appareils de refroidissement périmétriques qui font circuler de l'air froid sous un plancher technique sans aucune forme de confinement. C'est ce que l'on appelle une distribution d'air entrant ciblée et d'air sortant libre, traitée dans le livre blanc n° 55, *Les différents types de distribution de l'air pour les environnements informatiques*. Avec cette méthode, un ou plusieurs systèmes de climatisation fonctionnant en parallèle introduisent de l'air froid dans le datacenter et en évacuent l'air ambiant plus chaud. Le principe de base est le suivant : les systèmes de climatisation fournissent une capacité brute de refroidissement et servent aussi à brasser l'air en permanence dans la salle pour l'amener à une température moyenne homogène et éviter la formation de points chauds. Cette approche est efficace tant que la puissance nécessaire au brassage de l'air ne représente qu'une faible part de la consommation totale du datacenter. Les données de simulation et l'expérience montrent que ce système est efficace tant que la densité de puissance moyenne reste de l'ordre de 1 à 2 kW par rack, soit 323 à 753 W/m<sup>2</sup>. Diverses mesures peuvent être prises pour augmenter la densité de puissance dans le cadre de cette méthode de refroidissement classique, mais certaines limites pratiques restent infranchissables. Ces limites sont décrites plus en détail dans le livre blanc n° 46 « *Stratégies de refroidissement pour racks et serveurs lames de très haute densité* ». Les densités de puissance des équipements informatiques modernes font grimper la densité de puissance de pointe à 20 kW par rack, voire plus. Dans ces conditions, les données de simulation et l'expérience montrent que le refroidissement classique (sans confinement) avec brassage d'air devient insuffisant.

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 46

*Stratégies de refroidissement pour racks et serveurs lames de très haute densité*

Pour résoudre ce problème, on peut faire appel à des méthodes de refroidissement qui agissent au niveau de la salle, de la rangée ou du rack. Ces méthodes intègrent spécifiquement les systèmes de climatisation avec la salle, les rangées de racks ou les racks eux-mêmes afin de limiter le brassage d'air. Elles présentent de nombreux avantages, notamment une bien meilleure prévisibilité, une densité supérieure et une plus grande efficacité. Ce livre blanc décrit ces différentes méthodes et les compare. Il montre que chacune correspond à des applications précises et que le refroidissement par rangée tend à s'imposer pour les datacenters de petite taille et les zones à haute densité, tandis que le refroidissement par salle se généralise dans les grands datacenters.

## Refroidissement par salle, par rangée et par rack

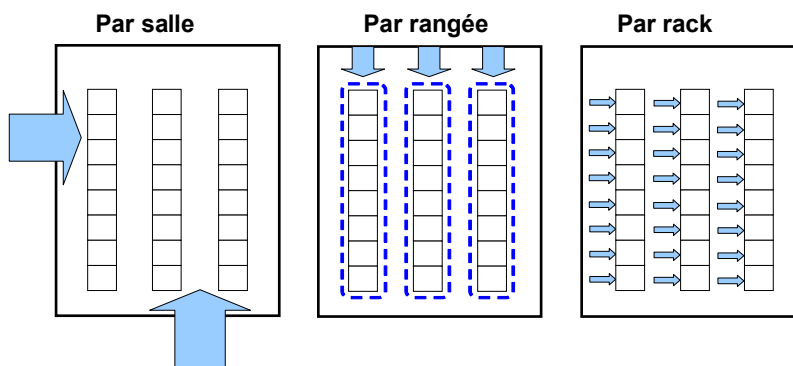
Le système de climatisation d'un datacenter remplit deux fonctions essentielles : fournir la capacité de refroidissement et distribuer l'air aux charges informatiques. La première fonction est la même pour chacune des méthodes, qu'il s'agisse de refroidir une salle, une rangée ou un rack : la capacité volumétrique de refroidissement en kilowatts du système de climatisation doit évacuer la totalité de la charge (en kW) de l'équipement informatique. Les diverses technologies qui remplissent cette fonction sont les mêmes pour les trois systèmes qui nous intéressent. La principale différence tient à la façon dont elles remplissent la seconde fonction essentielle, à savoir la distribution d'air aux charges. Contrairement à la distribution de l'alimentation électrique, qui emprunte des câbles et constitue un aspect concret et visible de la conception, le flux d'air n'est que sommairement canalisé par la conception de la salle,

il n'est pas visible et varie considérablement suivant les installations. Contrôler la circulation de l'air est l'objectif principal des différents types de systèmes de refroidissement.

Les plans au sol de la **figure 1** illustrent les trois configurations de base. Les carrés noirs représentent les baies disposées en rangées et les flèches bleues représentent l'association logique entre les systèmes de climatisation (unités CRAH) et les charges des baies informatiques. La disposition réelle des unités CRAH peut varier. Dans le cas d'un refroidissement par salle, les unités CRAH sont associées à la salle. Elles sont liées à des rangées ou à des groupes dans le cas d'un refroidissement par rangée et à chaque rack dans le cas d'un refroidissement par rack.

**Figure 1**

Plans au sol présentant le concept de base du refroidissement par salle, par rangée et par rack. Les flèches bleues montrent comment la salle est alimentée en air



Les sections suivantes décrivent brièvement les principes de fonctionnement de chaque méthode.

### Refroidissement par salle

Dans une architecture de refroidissement par salle, les unités CRAH sont associées à la salle et fonctionnent ensemble pour traiter sa charge thermique totale. Un ou plusieurs systèmes de climatisation fournissent de l'air froid non canalisé par des conduites, des registres, des bouches d'aération, etc., ou la fourniture et/ou le retour d'air peuvent être partiellement canalisés par un système de faux-plancher ou par une conduite de retour sur faux plafond. Pour en savoir plus, se reporter au livre blanc n° 55, *Les différents types de distribution de l'air pour les environnements informatiques*.

Au stade de la conception, l'attention portée à la circulation de l'air est très variable. Pour les plus petites salles, l'agencement des racks et la circulation de l'air ne sont pas forcément planifiés. Pour les grandes installations plus complexes, il est possible d'utiliser des faux-planchers pour distribuer l'air dans des agencements en allées chaudes et froides conçus de façon ingénieuse pour diriger la circulation d'air et l'aligner sur les armoires informatiques.

Le refroidissement par salle est largement tributaire des contraintes propres à la salle comme la hauteur du plafond, la forme de la salle, les obstacles au sol et sous le plancher, l'agencement des racks, l'emplacement des unités CRAH, la distribution de l'alimentation entre les charges informatiques, etc. **Lorsque les flux entrants et sortants ne sont pas canalisés, il n'est pas possible de prévoir précisément les performances, lesquelles sont par ailleurs peu homogènes, surtout quand la densité de puissance augmente.** Il peut donc être nécessaire, dans le cas d'architectures classiques, de recourir à des simulations informatiques complexes baptisées CFD (computational fluid dynamics, dynamique de calcul des fluides) pour mieux comprendre les performances de la conception de certaines installations. De plus, des changements comme le déplacement, l'ajout et l'adaptation d'équipements informatiques risquent d'invalider le modèle de performance et supposent des analyses et/ou des tests supplémentaires. En particulier, assurer la redondance

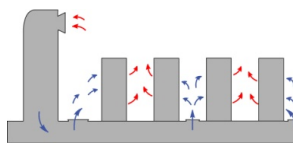
 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 55

Les différents types de distribution de l'air pour les environnements informatiques

des unités CRAH relève d'une analyse très compliquée difficile à valider. La **figure 2** montre un exemple de configuration classique de refroidissement par salle.

**Figure 2**

*Exemple de configuration classique de refroidissement par salle sans confinement*



L'impossibilité d'utiliser la capacité nominale totale des unités CRAH est un autre inconvénient majeur du refroidissement par salle sans confinement. Cela se produit quand une part importante de l'air distribué par les unités CRAH ne parvient pas aux charges informatiques et revient directement à ces unités. Cet air « perdu » représente la part du flux d'air des unités CRAH qui ne contribue pas au refroidissement des charges, ce qui entraîne une réduction de la capacité de refroidissement totale. Celle-ci risque alors de ne plus couvrir les besoins de refroidissement de la configuration informatique, même si le système CRAH présente la capacité nominale requise. Ce problème est traité plus en détail dans le livre blanc n° 49, *Erreurs compromettant les performances de refroidissement des datacenters et des salles réseaux et pouvant être évitées*.

 Lien vers les ressources  
**Livre Blanc 49**

*Erreurs compromettant les performances de refroidissement des datacenters et des salles réseaux et pouvant être évitées*

 Lien vers les ressources  
**Livre Blanc 135**

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

Pour les nouveaux datacenters d'une puissance supérieure à 200 kW, il conviendra de préconiser un refroidissement par salle avec confinement des allées chaudes pour éviter les problèmes évoqués ci-dessus. Cette méthode est efficace avec ou sans plancher technique et les unités de refroidissement peuvent être installées à l'intérieur ou à l'extérieur du datacenter. Pour les datacenters existants avec refroidissement par salle et plancher technique, il sera préférable d'utiliser un confinement des allées froides, en général plus facile à mettre en place. Le confinement des allées chaudes et froides est aujourd'hui utilisé pour limiter le brassage dans les datacenters. Chacune de ces solutions présente ses propres avantages, décrits plus en détail dans le livre blanc n° 135, *Impact du confinement des allées froides et chaudes sur la température et l'efficacité du datacenter*. La **figure 3** montre deux exemples de système de refroidissement par salle de nouvelle génération.

**Figure 3**

*Exemples de système de refroidissement par salle de nouvelle génération avec confinement*



## Refroidissement par rangée

Dans ce type de configuration, les unités CRAH sont associées à une rangée et lui sont en principe dédiées. Elles peuvent être installées entre les racks informatiques ou suspendues au-dessus. Par rapport à une solution classique de refroidissement par salle sans confinement, les trajets de ventilation sont plus courts et plus clairement définis. De plus, la circulation de l'air étant beaucoup plus prévisible, la totalité de la capacité nominale des unités CRAH peut être utilisée, ce qui permet d'atteindre une densité de puissance supérieure.

Le refroidissement par rangée offre divers avantages annexes, qui viennent s'ajouter aux performances de refroidissement. Les trajets de ventilation plus courts réduisent la puissance nécessaire pour les ventilateurs des unités CRAH, d'où un gain d'efficacité. Cet avantage est loin d'être mineur si l'on considère que dans de nombreux datacenters à faible charge, la perte de puissance de ces seuls ventilateurs est supérieure à la puissance consommée par la charge informatique totale.

Le refroidissement par rangée permet de cibler la capacité de refroidissement et la redondance en fonction des besoins réels de telle ou telle rangée. Par exemple, une rangée de racks peut être dédiée à des applications haute densité, comme des serveurs lames, et une autre réservée à des applications à plus faible densité de puissance, comme des armoires de

communication. En outre, il devient possible d'appliquer une redondance N+1 ou 2N à des rangées spécifiques.

Pour les nouveaux datacenters de moins de 200 kW, le refroidissement par rangée sera plus indiqué, même sans plancher technique. Pour les datacenters existants, ce type de refroidissement peut être envisagé pour déployer des charges à haute densité (5 kW ou plus par rack). Le livre blanc n° 134, *Déploiement de modules haute densité dans un datacenter à faible densité* traite des différentes façons de déployer des zones à haute densité dans un datacenter existant. Les **figures 4a** et **4b** montrent des exemples de refroidissement par rangée.

 Lien vers les ressources  
**Livre Blanc 134**

*Déploiement de modules haute densité dans un datacenter à faible densité*

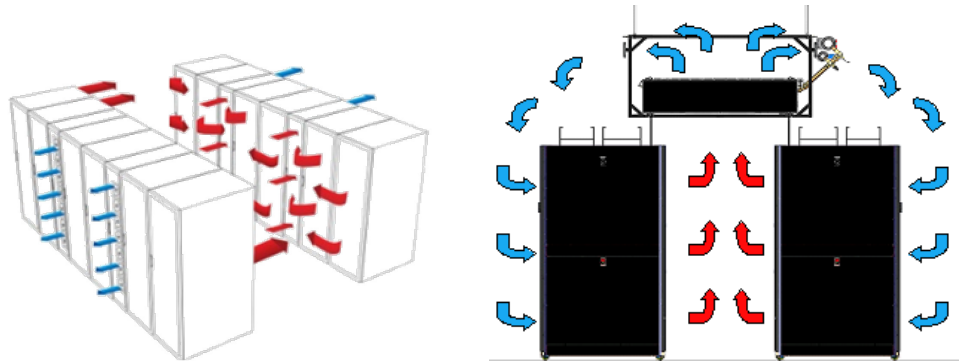
#### Figure 4

##### 4a (gauche)

Refroidissement par rangée avec montage au sol

##### 4b (droite)

Refroidissement par rangée avec montage suspendu



Les deux systèmes de refroidissement des figures **4a** et **4b** peuvent aussi être configurés sous forme de système de confinement des allées chaudes pour augmenter la densité de puissance. Cette conception rend les performances plus prévisibles en éliminant les risques de brassage d'air. La configuration simple et prédéfinie du refroidissement par rangée se traduit par des performances prévisibles qui peuvent être entièrement décrites par le fabricant et qui sont relativement insensibles à la forme de la salle ou à ses autres contraintes spécifiques. Cela simplifie à la fois la spécification et la mise en œuvre de ces conceptions, en particulier pour des densités de plus de 5 kW par rack. La spécification de la densité de puissance est définie en détail dans le livre blanc n° 120, *Les étapes de spécification de la densité de puissance des datacenters*.

 Lien vers les ressources  
**Livre Blanc 120**

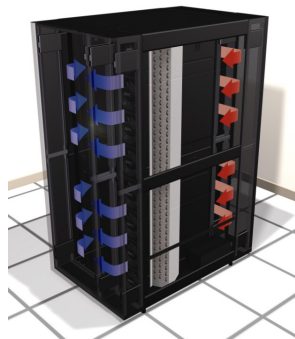
*Les étapes de spécification de la densité de puissance des datacenters*

## Refroidissement par rack

Avec ce type de refroidissement, les unités CRAH sont associées à un rack et lui sont en principe dédiées. Ces unités sont montées directement sur les racks informatiques ou à l'intérieur. Par rapport au refroidissement par salle ou par rangée, les trajectoires de ventilation sont encore plus courtes et plus précisément définies. Elles sont donc tout à fait insensibles aux modifications de l'installation ou aux contraintes propres à la salle. Toute la capacité nominale des unités CRAH peut être utilisée et la densité de puissance la plus élevée (jusqu'à 50 kW par rack) peut être atteinte. La figure **5** montre un exemple de refroidissement par rack.

#### Figure 5

Solution de refroidissement par rack avec unité de refroidissement totalement intégrée au rack



À l'instar du refroidissement par rangée, le refroidissement par rack présente des caractéristiques originales, en plus d'offrir une capacité de densité extrême. Les trajets de ventilation plus courts réduisent la puissance nécessaire pour les ventilateurs des unités CRAH, d'où un gain d'efficacité. Comme nous l'avons vu, cet avantage est loin d'être mineur puisque dans beaucoup de datacenters à faible charge, la perte de puissance des seuls ventilateurs des unités CRAH excède la puissance consommée de la charge informatique totale.

Un système de refroidissement par rack permet d'adapter la capacité de refroidissement et la redondance aux besoins des racks et, par exemple, de prévoir des densités de puissance différentes pour les serveurs lames et les armoires de communication. En outre, la redondance N+1 ou 2N peut être appliquée à certains racks. En revanche, le refroidissement par rangée ne permet de spécifier ces caractéristiques qu'au niveau de la rangée. De même, le refroidissement par salle ne peut les spécifier qu'au niveau de la salle.

Comme pour le refroidissement par rangée, la topographie du refroidissement par rack permet de prévoir les performances, que le fabricant peut alors intégralement afficher. Elle facilite ainsi la spécification de la densité de puissance et la mise en œuvre de la densité spécifiée. Le refroidissement par rack convient aux datacenters de toutes tailles qui contiennent des racks autonomes à haute densité devant être refroidis. Le principal inconvénient de ce système, c'est qu'il exige beaucoup plus de tuyauteries et de dispositifs de climatisation que les autres, en particulier quand la densité de puissance est faible.

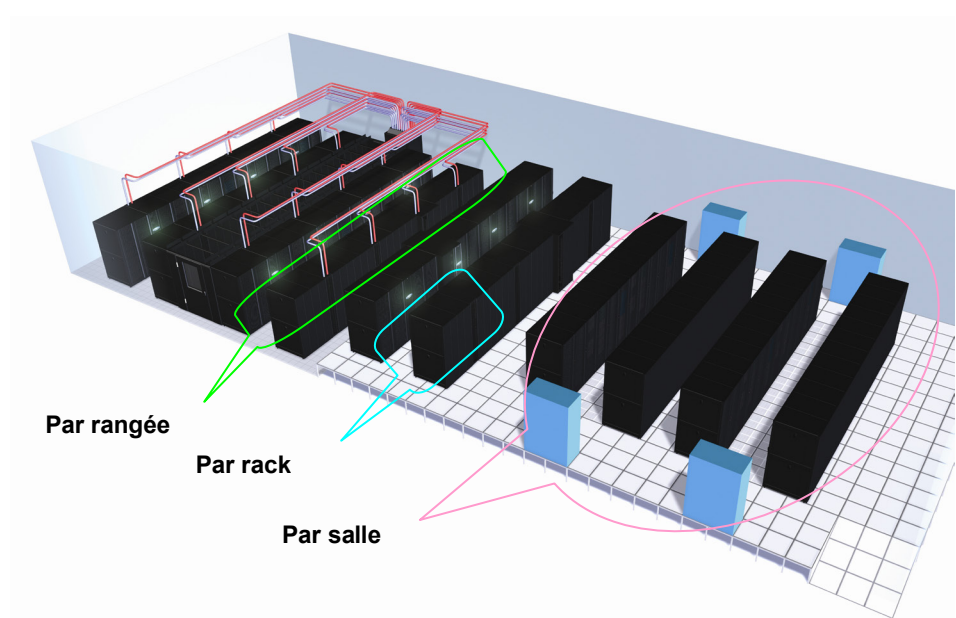
## Refroidissement mixte

Rien n'empêche de combiner des systèmes de refroidissement par salle, par rangée et par rack dans une même installation. En fait, cette utilisation mixte présente très souvent des avantages. L'installation de plusieurs unités de refroidissement à différents endroits d'un même datacenter est une solution mixte, comme le montre la **figure 6**. Elle sera intéressante pour les datacenters utilisant un large spectre de densités de puissance de racks.

Le refroidissement par rangée et par rack s'avère également efficace lors du passage à des densités supérieures dans des salles à faible densité. De petits groupes de racks d'un datacenter existant sont alors dotés de systèmes de refroidissement par rangée ou par rack. Ce type d'équipement isole efficacement les nouveaux racks à haute densité et les rend « thermiquement neutres » pour le système existant de refroidissement par salle. Toutefois, cette solution aura très probablement un effet positif net puisqu'elle ajoute de la capacité de refroidissement au reste de la salle. Il est donc possible d'ajouter des charges haute densité à un datacenter de faible densité sans devoir modifier le système de refroidissement par salle. Une fois déployée, cette approche correspond à l'architecture mixte de la **figure 6**.

**Figure 6**

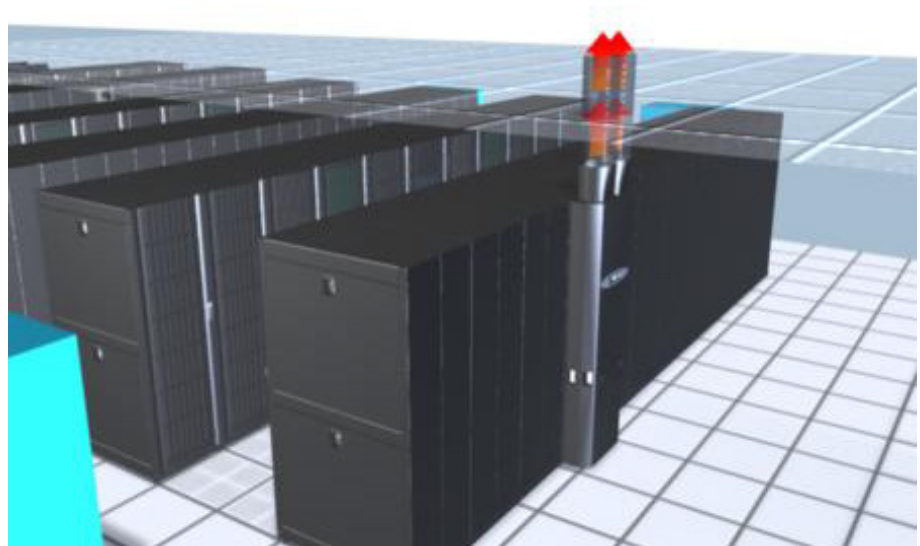
*Plan au sol d'un système utilisant simultanément un refroidissement par salle, par rangée et par rack*



Les systèmes qui capturent l'air évacué au niveau du rack à l'aide d'une cheminée et le réinjectent directement dans un système de refroidissement par salle utilisent également un concept de refroidissement mixte. Cette solution présente certains des avantages des systèmes de refroidissement par rack, mais peut s'intégrer dans un système de refroidissement par salle, existant ou prévu. La **figure 7** illustre ce genre d'équipement.

**Figure 7**

*Évacuation de l'air chaud au niveau d'un rack vers le faux-plafond*



## Comparaison de trois méthodes de refroidissement

Pour ne pas se tromper lors du choix du système de refroidissement d'un nouveau datacenter ou d'un datacenter modernisé (par salle, par rangée ou par rack), il est essentiel de mettre en relation les caractéristiques de performances des méthodes de refroidissement avec les problèmes pratiques qui affectent la conception et le fonctionnement des datacenters.

Ce chapitre compare les trois méthodes de refroidissement selon des critères communs identifiés par les utilisateurs de datacenters. Ces critères sont les suivants :

- Adaptabilité
- Disponibilité du système

- Coût sur le cycle de vie (TCO)
- Facilité d'entretien
- Facilité de gestion
- Coûts initiaux
- Coût de l'électricité
- Conduites d'eau ou autres conduites à proximité des équipements informatiques
- Emplacement des unités de refroidissement
- Redondance
- Méthode d'évacuation de la chaleur

Le **tableau 1** résume les cinq premiers critères et compare les avantages et les inconvénients du refroidissement par rack, par rangée et par salle. Les conclusions suivantes peuvent être tirées de ce tableau :

- Le refroidissement par rack est le plus souple, le plus rapide à mettre en place et autorise des densités extrêmes, mais pour un coût plus élevé.
- Le refroidissement par rangée offre un grand nombre d'avantages : flexibilité, rapidité et de capacité de densité des systèmes par rack, mais de façon plus économique.
- Le refroidissement par salle permet de modifier rapidement le schéma de distribution du refroidissement en reconfigurant les dalles au sol. La redondance du refroidissement est partagée par tous les racks du datacenter ayant de faibles densités. Cette méthode est à la fois simple et économique.



**Tableau 1**

Avantages et inconvénients du refroidissement par rack, par rangée et par salle. Les performances satisfaisantes sont surlignées en bleu.

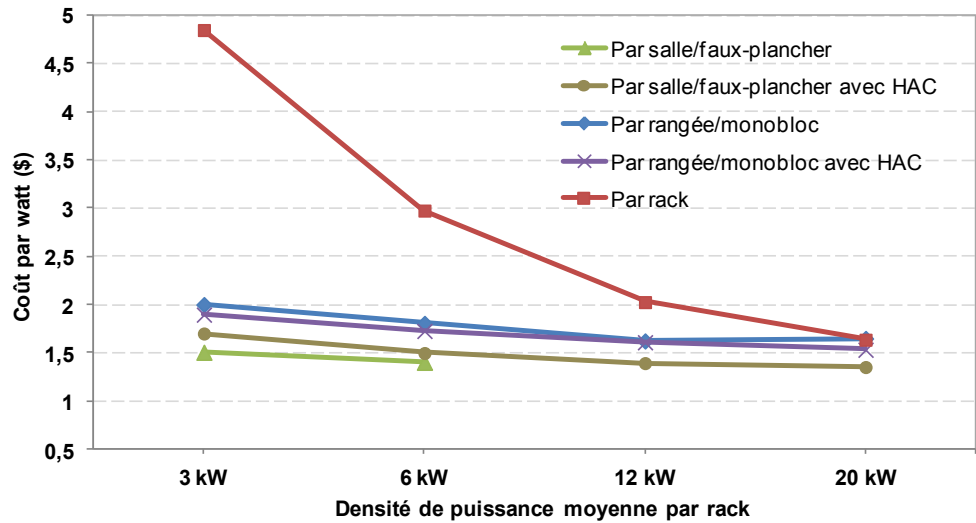
Catégorie		Par rack	Par rangée	Par salle
Adaptabilité	Avantages	Planification facile de n'importe quelle densité de puissance ; isolation du système de refroidissement existant	Planification facile de n'importe quelle densité de puissance ; la capacité de refroidissement peut être partagée	Modification rapide du schéma de distribution du refroidissement pour une densité de puissance < 3 kW
	Inconvénients	La capacité de refroidissement ne peut pas être partagée avec d'autres racks	Exige un aménagement en allée froides et chaudes	Moins efficace lorsque tout l'espace n'est pas confiné
Disponibilité du système	Avantages	Le refroidissement monobloc supprime les points chauds et les variations de température verticales ; les solutions standardisées limitent les erreurs humaines	Les unités redondantes peuvent être partagées entre plusieurs racks d'un module ; le refroidissement monobloc supprime les variations de température verticales	Les unités redondantes peuvent être partagées entre tous les racks du datacenter
	Inconvénients	Redondance nécessaire pour chaque rack	Redondance nécessaire pour chaque module de racks	Confinement nécessaire pour séparer les flux d'air
Coût sur le cycle de vie (TCO)	Avantages	Un système préfabriqué et des composants standardisés suppriment ou réduisent la planification et l'ingénierie nécessaires	Possibilité de satisfaire les besoins de refroidissement ; la planification et l'ingénierie peuvent être supprimées ou réduites	Facilité de reconfiguration des dalles de sol perforées
	Inconvénients	Le système de refroidissement sera probablement surdimensionné et de la capacité sera perdue, ce qui peut augmenter les coûts initiaux	Les coûts initiaux de cette méthode peuvent augmenter parallèlement à la taille du datacenter	La distribution d'air impose une capacité surdimensionnée ; la pression requise pour la distribution sous le plancher dépend de la taille de la pièce et de la hauteur sous plancher
Facilité d'entretien	Avantages	Les composants standardisés limitent l'expertise technique nécessaire ; le personnel interne peut se charger des procédures d'entretien de routine	Les composants modulaires limitent les interruptions de service ; les composants standardisés limitent l'expertise technique nécessaire	Le matériel de refroidissement est placé sur le périmètre de la salle ou à l'extérieur, ce qui éloigne encore les techniciens de l'équipement informatique
	Inconvénients	Redondance 2N nécessaire pour la réparation et l'entretien simultanés du système	Le matériel de refroidissement est placé sur la rangée où travaillent les techniciens à côté de l'équipement informatique	L'entretien exige un technicien qualifié ou des spécialistes
Facilité de gestion	Avantages	Facilité de navigation grâce à une interface avec menu et capacité d'effectuer des analyses prévisionnelles des pannes	Facilité de navigation grâce à une interface avec menu et capacité d'effectuer des analyses quasi-prévisionnelles des pannes	Les systèmes de grande taille simplifient le nombre de points à connecter et à gérer
	Inconvénients	Pour des déploiements de grande taille, exige de nombreux points de connectivité	Pour des déploiements de grande taille, exige de nombreux points de connectivité	Exige une formation poussée à l'entretien ; impossibilité d'effectuer des analyses en temps réel

## Coûts initiaux

La plupart des responsables de datacenter s'inquiètent des coûts initiaux des différentes méthodes de refroidissement. Une analyse montre comment ces coûts varient pour les trois méthodes de refroidissement à eau réfrigérée en fonction des densités de puissance des racks. La **figure 8** fait apparaître les résultats pour un datacenter à partir des hypothèses de l'encadré.

**Figure 8**

Coût initial en fonction de la densité de puissance d'un rack moyen pour les trois méthodes de refroidissement



### > Hypothèses pour un datacenter

- Charge informatique : 480 kW
- Lieu d'installation : St. Louis, Missouri, États-Unis
- Densité des racks : 3, 6, 12, 20 kW par rack (120 cfm/kW)
- Brassage de l'air et détournement de l'air froid pour un système par salle sans HAC : 125 % de la valeur nominale
- Coût des conduites d'après la base de données des coûts RSMears : conduites en acier
- Coût de l'énergie : 0,15 \$/kWh
- Composition des coûts initiaux : unité de refroidissement, conduites, groupe frigorigène à refroidissement naturel, installation et confinement
- Composition du coût annuel de l'électricité : ventilateur de l'unité de refroidissement, groupe frigorigène et pompes
- Redondance du système de refroidissement : N

Le refroidissement par salle présente les coûts initiaux les plus faibles car il nécessite moins d'unités de refroidissement et de conduites. Les coûts diminuent légèrement à mesure que la densité de puissance des racks augmente. En effet, pour une même capacité de datacenter, le modèle suppose que l'encombrement diminue lorsque la densité augmente. Il faut donc moins de plancher technique et de conduites, ce qui réduit les coûts initiaux. Vous remarquerez que le rendement électrique de la salle diminue lorsque la densité de puissance des racks augmente (cela sera traité à la section suivante). Le confinement des allées chaudes (HAC, hot aisle containment) augmente la densité de puissance des racks pour les deux méthodes et diminue sensiblement la consommation électrique du système de refroidissement (nous le verrons dans la section suivante), bien que le coût du confinement augmente légèrement les coûts initiaux.

Le refroidissement par rangée présente des coûts initiaux légèrement supérieurs à ceux du refroidissement par salle car il nécessite relativement plus d'unités de refroidissement et de conduites. Le coût diminue lorsque la densité de puissance des racks augmente, pour la même raison que dans le cas du refroidissement par salle. En revanche, le nombre d'unités de refroidissement diminue avec l'augmentation de la densité. Le HAC diminue non seulement la consommation électrique du système de refroidissement par rangée, mais également le montant des coûts initiaux puisqu'il limite le nombre d'unités de refroidissement nécessaires.

Les coûts initiaux du refroidissement par rack sont sensiblement supérieurs à ceux des deux autres méthodes lorsque les densités de puissance de racks restent modérées. Cela s'explique par l'augmentation du nombre d'unités de refroidissement, qui augmente le coût des investissements dans ces unités et dans les conduites pour de faibles densités. Par exemple, dans le cas du scénario supposant une puissance de 3 kW par rack, le refroidissement par rangée implique un total de 48 unités de refroidissement. Dans le cas du refroidissement par rack, ce nombre s'élève à 160 unités. En outre, le refroidissement par rack nécessite un confinement avant et arrière du rack et de l'unité de refroidissement, ce qui alourdit encore les coûts initiaux du système. À mesure que la densité augmente, les coûts

initiaux s'améliorent considérablement puisque le nombre d'unités de refroidissement est réduit afin d'optimiser ces coûts initiaux. Le refroidissement par rack est donc plus économique lorsque les densités de puissance des racks sont élevées.

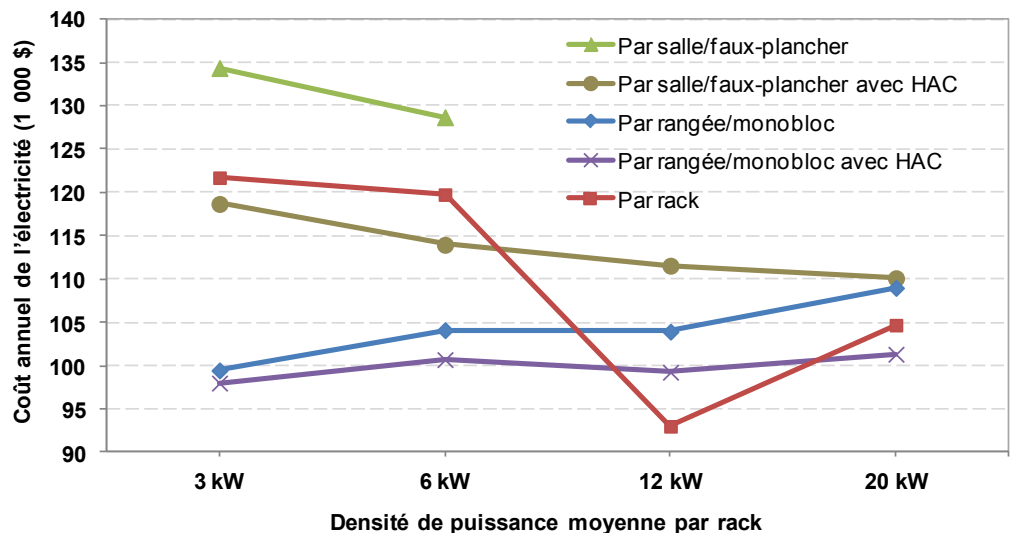
### Coût de l'électricité

La part du coût de l'électricité dans les coûts d'exploitation augmente en raison, d'une part, de la hausse des prix de l'électricité requise par les serveurs et, d'autre part, de l'augmentation de la densité de puissance. Si chacun comprend bien que le coût de l'électricité dépend des tarifs de l'électricité et de la puissance des serveurs, l'effet de la densité de puissance sur ce coût est rarement pris en compte.

La **figure 9** montre les effets de la densité de puissance sur les coûts électriques annuels pour trois méthodes différentes de refroidissement à eau réfrigérée, selon les mêmes hypothèses que celle de la **figure 8**.

**Figure 9**

Coûts électriques initiaux en fonction de la densité de puissance d'un rack moyen pour les trois méthodes de refroidissement



Les coûts électriques d'un refroidissement par salle sans HAC sont plus élevés car ce système exige d'acheminer davantage d'air sur de plus grandes distances et parce que les unités CRAH doivent consommer de l'énergie pour brasser ou agiter l'air dans la pièce afin d'éviter la formation de points chauds. L'utilisation d'un HAC diminue les coûts électriques grâce à la séparation des flux d'air. À mesure que la densité augmente, les coûts énergétiques diminuent légèrement puisque les conduites raccourcissent et que la consommation électrique des pompes baisse en conséquence.

Les coûts électriques d'un refroidissement par rangée sont systématiquement inférieurs à ceux d'un refroidissement par salle car les unités CRAH sont étroitement couplées à la charge et dimensionnées pour elle. Il n'y a plus de flux d'air inutile, ce qui permet d'économiser plus de 50 % de la consommation électrique des ventilateurs par rapport à l'option du refroidissement par salle. Les coûts électriques augmentent en même temps que la densité de puissance des racks car le nombre d'unités de refroidissement diminue, mais chaque unité de refroidissement exige davantage d'eau et d'air en circulation pour atteindre la capacité requise afin de maintenir les températures au niveau souhaité. Le ventilateur tourne plus vite, ce qui limite l'économie réelle qu'offrent les ventilateurs à vitesse variable. Dans ce cas, l'ajout d'unités redondantes fera effectivement baisser la consommation énergétique,

mais au prix d'une hausse des coûts initiaux. L'intensification de la circulation d'eau, nécessaire pour maintenir la capacité, consomme par ailleurs davantage d'énergie.

Les coûts électriques du refroidissement par rack sont supérieurs lorsque les densités sont faibles puisqu'il faut davantage d'unités de refroidissement, ce qui nécessite davantage d'électricité pour faire circuler l'eau et l'air. Même avec des ventilateurs à vitesse variable, l'augmentation du nombre d'unités de refroidissement pour de faibles densités limite les économies d'énergie car les ventilateurs ont une vitesse minimale. Lorsque les densités sont faibles, cette vitesse minimale fait circuler plus d'air que nécessaire. En outre, la circulation d'eau exige davantage de conduites. À mesure que la densité de puissance des racks augmente, les coûts énergétiques diminuent. En revanche, lorsque les densités sont élevées, les coûts commencent à augmenter puisque chaque rack possède une unité de refroidissement et que chacune de ces unités nécessite davantage d'air. Les ventilateurs des CRAH approchent alors de leur vitesse de fonctionnement maximale, ce qui diminue les économies réelles que peuvent offrir les ventilateurs à vitesse variable. En outre, l'intensification de la circulation d'eau, nécessaire pour maintenir la capacité, consomme aussi davantage d'énergie.

### Conduites d'eau ou autres conduites à proximité des équipements informatiques

Les études montrent que les utilisateurs s'inquiètent de voir cohabiter des conduites d'eau ou de liquide frigorigène et des équipements informatiques. Ils craignent que des fuites de fluides n'endommagent ces équipements et provoquent des interruptions de service.

Les datacenters haute densité comportant un grand nombre d'appareils de climatisation utilisent en général des systèmes de refroidissement à eau réfrigérée. Cette tendance devrait se poursuivre pour des raisons d'environnement et de coût. Bien qu'il existe des produits frigorigènes présentant moins de risques pour les équipements informatiques, ces produits coûtent plus cher que l'eau. Les préoccupations en matière de disponibilité et la tendance à augmenter la densité des appareils ont poussé à introduire des systèmes à réfrigérants pompés dans l'environnement des datacenters. Ces systèmes sont en général constitués d'un échangeur de chaleur et d'une pompe qui isole le média réfrigérant de l'eau réfrigérée dans le datacenter. Cette réfrigération sans huile permet de limiter la contamination en cas de fuite. Cependant, le système peut également isoler d'autres liquides de refroidissement, tels que le glycol. Reportez-vous au livre blanc n° 59, *Les différentes technologies de refroidissement des datacenters* pour en savoir plus sur les systèmes à liquide frigorigène pompé.

 Lien vers les ressources  
Livre Blanc 59

*Les différentes technologies de refroidissement des datacenters*

### Emplacement de l'unité de refroidissement

L'emplacement d'un système de climatisation peut avoir un effet spectaculaire sur les performances du système.

Dans le cas d'un refroidissement par rack, ce problème de prévisibilité des performances disparaît complètement puisque l'emplacement exact du système de climatisation de la charge cible est déterminé. Cela permet d'afficher à l'avance les performances de refroidissement. Si la conception prévoit un déploiement échelonné, l'emplacement des futurs systèmes de climatisation ne nécessite qu'un minimum de planification ou d'anticipation puisque ces systèmes sont déployés automatiquement avec chaque rack.

Dans le cas d'un refroidissement par rangée, l'implantation des systèmes de climatisation est régie par des règles de conception simples. Le nombre et l'emplacement des appareils de climatisation par rangée sont déterminés par des règles établies lors de simulations et de tests. Il faut bien sûr s'assurer que les systèmes sont correctement dimensionnés pour la spécification de densité de rangée. D'autres règles, par exemple celle qui conseille d'éviter de placer les appareils en fin de rangée, optimisent les performances et la capacité du

système. Lors de futurs déploiements, il est possible de conserver une certaine souplesse quant aux emplacements jusqu'au moment du déploiement lui-même. La densité de puissance de rack moyenne ou de pointe/moyenne pour la rangée peut servir à déterminer au dernier moment la quantité et l'emplacement des climatiseurs. Le refroidissement par rangée est plus flexible que le refroidissement par rack, il est moins encombrant et plus économique.

Dans le cas d'un refroidissement par salle sans confinement, l'efficacité dépend fortement de l'emplacement des unités de refroidissement. Par exemple, les emplacements les plus efficaces ne sont pas forcément exploitables, en raison de contraintes physiques de la salle telles que les entrées de porte, les fenêtres, les rampes d'accès ou l'impossibilité d'accéder aux conduites. L'installation réalisée se révèle donc souvent peu performante même si de gros efforts d'ingénierie ont été consentis. De plus, la logistique nécessaire à l'installation de systèmes de climatisation par salle suppose généralement que ces systèmes soient implantés dans la salle avant toutes les phases de déploiement informatique. Le détail de ces phases futures n'étant pas forcément connu, l'emplacement des systèmes de climatisation est rarement optimal. C'est pourquoi le confinement est si important pour les conceptions modernes de refroidissement par salle. Il offre beaucoup plus de liberté quant à l'emplacement des unités de refroidissement. Le refroidissement par salle avec confinement permet aussi d'implanter les unités CRAH en dehors du datacenter.

## Redondance

La redondance est nécessaire pour pouvoir assurer la maintenance des systèmes de refroidissement sous tension et garantir la pérennité de la mission du datacenter en cas de panne d'un équipement de climatisation. Les systèmes d'alimentation utilisent souvent deux voies pour acheminer l'électricité vers les systèmes informatiques, cela pour garantir la redondance. En effet, les cordons d'alimentation et les connexions constituent un point unique de panne potentiel. Dans le cas du refroidissement, les conceptions N+1 sont plus fréquentes que les doubles voies d'alimentation. Les voies de distribution d'air se limitant à une circulation d'air autour de la baie, la probabilité de panne est en effet très faible. L'idée ici, c'est que si le système a besoin de quatre unités CRAH, l'ajout d'une cinquième unité permettra d'assurer le refroidissement de manière satisfaisante en cas de panne d'une des unités. D'où le terme de redondance « N+1 ». Pour les densités de puissance plus élevées, ce concept de redondance ne fonctionne plus. La façon dont la redondance est assurée, différente pour chacune des trois méthodes de refroidissement, est décrite ci-dessous :

Pour un refroidissement par rack, le refroidissement n'est pas partagé entre les racks et il n'y a pas de voie de distribution d'air commune. Par conséquent, le seul moyen d'assurer la redondance consiste à fournir une unité CRAH à double voie N+X ou 2N pour chaque rack, soit deux unités CRAH par rack. Il s'agit là d'une contrainte très lourde par rapport à ce qu'imposent les autres approches. Toutefois, pour les racks haute densité isolés, cette méthode est très efficace puisque la redondance est entièrement déterminée, prévisible et indépendante des autres unités CRAH.

Le refroidissement par rangée assure la redondance au niveau de la rangée et nécessite une unité CRAH supplémentaire (N+1) par rangée. Cela est pénalisant pour les faibles charges de 1 à 2 kW par baie, même si les unités CRAH pour rangée sont plus petites et moins onéreuses que les unités CRAH pour salle. Ce problème disparaît pour les densités supérieures et l'approche N+1 reste valable jusqu'à 25 kW par rack. Il se transforme même en avantage par rapport aux architectures de refroidissement par salle ou par rack qui requièrent souvent une redondance 2N pour les densités supérieures. Pouvoir assurer la redondance dans des environnements haute densité avec moins d'unités CRAH supplémentaires est un avantage clé du refroidissement par rangée et réduit notablement son coût total de possession (TCO).

Pour le refroidissement par salle, la salle elle-même est une voie de distribution d'air commune à toutes les charges informatiques. En principe, cela permet d'assurer la redondance en introduisant une seule unité CRAH supplémentaire, quelle que soit la taille de la salle. Cette approche vaut pour le refroidissement par salle sans confinement à faible densité et se révèle alors économique. Toutefois, pour des densités supérieures, la capacité d'une unité CRAH donnée à compenser la panne d'une autre unité CRAH dépend beaucoup de la topologie de la salle. Par exemple, le modèle de distribution d'air d'une unité CRAH spécifique ne peut pas être respecté par une unité CRAH de secours distante de l'unité en panne. C'est pourquoi, si une seule unité CRAH supplémentaire suffit à assurer la redondance pour les faibles densités, il faut multiplier leur nombre par deux pour des densités supérieures à 10 kW par baie. Cela n'est pas le cas pour un refroidissement par salle avec confinement parce que les trajectoires d'arrivée et d'évacuation de l'air sont distinctes.

### Méthode d'évacuation de la chaleur

Les problèmes spécifiques traités dans cette section dépendent de la méthode d'évacuation de la chaleur. Les climatiseurs de salle informatique (computer room air conditioners, CRAC) à détente directe utilisés pour refroidir les datacenters fonctionnent différemment des unités CRAH à eau réfrigérée. Ce type d'utilisation des unités CRAC influera sur leur efficacité, sur l'humidification, la redondance, etc. Il conviendra d'analyser la conception pour comprendre le fonctionnement et les contrôles de la solution de refroidissement spécifiée pour un projet donné. Reportez-vous au livre blanc n° 59, *Les différentes technologies de refroidissement des datacenters* pour en savoir plus sur les méthode d'extraction de la chaleur.

 Lien vers les ressources  
**Livre Blanc 59**

*Les différentes technologies  
de refroidissement des  
datacenters*

## Conclusion

L'approche classique du refroidissement par salle sans confinement se heurte à des limites techniques et pratiques dans les datacenters de nouvelle génération. La nécessité pour ces centres de s'adapter à l'évolution des besoins, de prendre en charge des densités de puissance élevées et variables et de réduire leur consommation électrique et leurs autres coûts de fonctionnement a directement conduit au développement de stratégies de confinement pour le refroidissement par salle, par rangée et par rack. Cette évolution permet désormais de traiter des densités de fonctionnement de 3 kW par rack, voire davantage. Le refroidissement classique par salle a rendu bien des services et reste une option efficace et pratique pour les installations à faible densité et les applications où la technologie informatique évolue peu.

Les solutions de refroidissement par salle, par rangée et par rack sont pratiques, prévisibles et évolutives. Elles réduisent la consommation électrique, abaissent le coût total de possession et offrent la disponibilité optimale qu'exigent les datacenters de nouvelle génération. Les utilisateurs doivent s'attendre à ce que les nouvelles offres de produits utilisent ces approches. Il faut prévoir que de nombreux datacenters utiliseront une combinaison de ces trois méthodes de refroidissement. Le refroidissement par rack sera employé dans les environnements caractérisés par des densités extrêmes, des déploiements à granularité élevée ou des agencements non structurés. Le refroidissement par salle sans confinement restera efficace pour les faibles densités et les applications qui subissent peu de modifications. Pour la plupart des utilisateurs de technologies plus récentes comme les serveurs haute densité, le refroidissement par salle et par rangée avec confinement offrira le meilleur équilibre entre prévisibilité, densité de puissance et adaptabilité, pour le meilleur coût total de possession global.



### À propos des auteurs

**Neil Rasmussen** est vice-président sénior du service Innovation de Schneider Electric. Il est responsable de la direction technique du plus gros budget mondial consacré à la recherche et au développement de l'infrastructure physique (alimentation, climatisation, rack) des datacenters.

Neil Rasmussen détient 25 brevets liés au haut rendement et à l'infrastructure d'alimentation et de refroidissement des datacenters à haute densité. Il a publié plus de 50 livres blancs dédiés aux systèmes d'alimentation et de refroidissement, dont une grande partie ont été traduits dans plus de 10 langues. Il s'est récemment intéressé plus spécifiquement à l'amélioration du rendement énergétique. C'est un conférencier reconnu dans le monde entier s'agissant des datacenters à haut rendement. Neil Rasmussen travaille actuellement au développement d'infrastructures évolutives à haut rendement et haute densité pour les datacenters. C'est l'un des principaux architectes du système InfraStruXure d'APC.

Après avoir fondé APC en 1981, Neil a assuré les fonctions de vice-président sénior de l'ingénierie et de Chief Technology Officer pendant 26 ans. Il occupe ses fonctions actuelles depuis qu'APC a rejoint Schneider Electric en 2007. Il est titulaire d'une licence et d'une maîtrise en génie électrique du Massachusetts Institute of Technology, obtenus grâce à une thèse sur l'analyse de l'alimentation de 200 MW d'un réacteur à fusion Tokamak. De 1979 à 1981, il a travaillé au Lincoln Laboratory du MIT sur les systèmes de stockage d'énergie à volant d'inertie et sur la génération électrique à partir de l'énergie solaire.

**Kevin Dunlap** est Directeur général des solutions de refroidissement chez Schneider Electric. Il est titulaire d'une licence en administration, avec spécialisation dans les systèmes d'information de gestion, décernée par l'université de Phoenix. Kevin Dunlap évolue dans l'industrie de la gestion de l'alimentation électrique depuis 1994. Il a d'abord travaillé pour Systems Enhancement Corp., un fournisseur de logiciels et de matériels de gestion de l'alimentation racheté par APC en 1997. Suite à l'acquisition, il a rejoint APC comme responsable produit en charge des cartes de gestion puis des solutions de refroidissement de précision après le rachat d'Airflow Company en 2000.

Il a participé à de nombreux panels de gestion de l'alimentation et du refroidissement, à des consortiums réunissant des acteurs de l'industrie et à des comités de l'ASHRAE sur la gestion thermique et sur les économiseurs d'énergie.



## Ressources

Cliquez sur l'icône pour accéder aux ressources



### Les différents types de distribution de l'air pour les environnements informatiques

Livre Blanc 55



### Stratégies de refroidissement pour racks et serveurs lames de très haute densité

Livre Blanc 46



### Erreurs compromettant les performances de refroidissement des datacenters et des salles réseaux et pouvant être évitées

Livre Blanc 49



### Les étapes de spécification de la densité de puissance des datacenters

Livre Blanc 120



### Systèmes d'humidification : réduction des coûts énergétiques dans les environnements informatiques

Livre Blanc 133



### Déploiement de modules haute densité dans des datacenters à faible densité

Livre Blanc 134



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

Livre Blanc 135



### Les différentes technologies de refroidissement des datacenters

Livre Blanc 59



### 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)