

Optimisation des performances de refroidissement d'un rack à l'aide de panneaux-caches

Par Neil Rasmussen

Livre blanc n° 44

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Révision n° 1

Résumé de l'étude

L'espace vertical inutilisé dans les racks à cadre ouvert et dans les armoires rack crée un recyclage d'air chaud non maîtrisé qui fait chauffer les équipements inutilement. L'utilisation de panneaux-caches peut minimiser ce problème. Ce document explique et quantifie les effets des panneaux-caches sur les performances du système de refroidissement.

Introduction

Les équipements informatiques montés en racks se refroidissent d'eux-mêmes en utilisant l'air ambiant du centre de données ou de la salle réseaux. Si l'air chaud évacué a la possibilité de retourner vers l'arrivée d'air de l'équipement, une surchauffe indésirable peut se produire. Les centres de données et les salles réseaux doivent être conçus de façon à éviter l'utilisation de l'air chaud. Ceci peut être possible en respectant des pratiques d'installation courantes ou en utilisant des systèmes préfabriqués.

Au sein même du rack, il est possible que l'air chaud évacué soit recyclé dans la prise d'air de l'équipement. Cela se produit principalement lorsque l'air chaud évacué retourne en dessus ou en dessous de l'équipement, puis revient vers la prise d'air. Ce phénomène n'est pas unanimement apprécié par les utilisateurs et est la première cause de surchauffe dans les centres de données réels.

Ce document décrit comment survient ce problème, fournit des exemples réels de ses effets, et montre comment un tel problème peut largement compromettre le refroidissement de l'équipement. Ce document explique et quantifie également l'avantage qu'offrent les panneaux-caches dans le cadre de la réduction de ce problème.

« Re-circulation » de l'air évacué

La surchauffe provoquée par la « re-circulation » de l'air évacué et les avantages présentés par les panneaux-caches sont largement reconnus par les fabricants d'équipements informatiques. De fait, ces derniers recommandent vivement aux utilisateurs d'installer de tels panneaux. L'extrait suivant est tiré d'un guide d'installation d'un serveur Compaq :

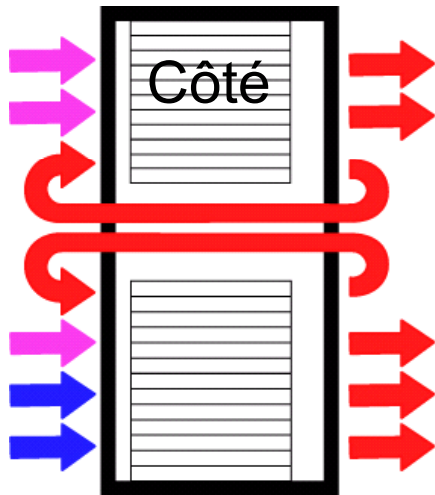
Panneaux-caches

ATTENTION : utilisez toujours des panneaux-caches pour fermer les logements verticaux vides dans le rack afin de garantir une ventilation adéquate. L'utilisation d'un rack sans panneau-cache risque d'affecter le refroidissement et de provoquer des dommages thermiques. Si l'un des logements verticaux du rack est vide, les espacements entre les différents composants provoquent une modification du flux d'air dans le rack et entre ces composants. Fermez ces espacements avec des panneaux-caches afin de garantir une ventilation adéquate.

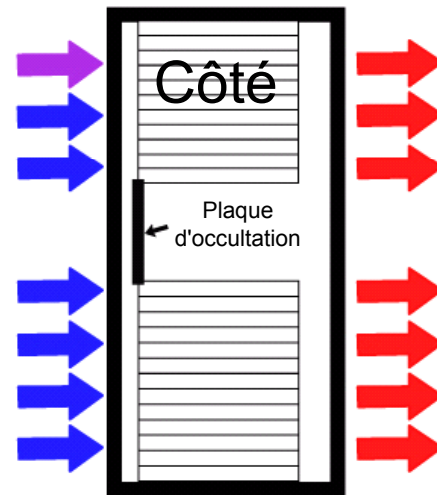
La **figure 1** illustre la circulation d'air dans un rack type. La **figure 1A** illustre quant à elle la circulation de l'air en l'absence de panneaux-caches. La **figure 1B** montre de quelle manière l'installation de panneaux-caches modifie la circulation de l'air.

Figure 1 – Effet des panneaux-caches sur la circulation de l'air dans un rack

1A : Sans panneaux-caches



1B : Avec panneaux-caches



Lorsque la « re-circulation » de l'air provoque une surchauffe et que cette « re-circulation » n'est pas éliminée, la seule solution pratique est de baisser la température de l'air de la pièce pour tenter de contrebalancer cet effet. L'efficacité du système de climatisation s'en trouve réduite, le système principal génère une condensation supplémentaire (eau) et il devient nécessaire de prévoir une humidification additionnelle de l'air. Il peut en résulter une hausse significative des frais d'électricité, et rendre le centre de données inconfortable pour les utilisateurs.

Pourquoi les panneaux-caches ne sont-ils pas couramment déployés ?

Les panneaux-caches ne sont pas couramment déployés pour deux raisons essentiellement. La première est le manque d'informations. Beaucoup ignorent le rôle réel que jouent les panneaux-caches dans un rack. Certaines personnes croient qu'ils n'ont qu'un but esthétique. Ce document devrait servir à clarifier ce point grâce à des résultats d'expériences.

La seconde raison est la difficulté d'installation. L'installation des panneaux-caches à visser conventionnels nécessite quatre vis, quatre bagues et quatre écrous à cage. Cette opération est longue et renforce la difficulté inhérente à l'installation d'un rack. L'erreur humaine est un problème important lors de l'installation de panneaux-caches à visser. Il arrive en effet très souvent que les petits écrous à cage, les vis et les panneaux tombent vers les équipements de production, entraînant d'éventuelles interruptions. De plus, les panneaux-caches à visser conventionnels sont généralement livrés en kit de différentes hauteurs en U. Par exemple, un kit peut contenir des panneaux de 1, 2, 4 et 8 U. L'installation est donc particulièrement difficile puisqu'il faut non seulement disposer de la bonne hauteur totale en U, mais également trouver comment combiner au mieux les panneaux de différentes tailles pour masquer les espaces qui le nécessitent. Ces deux raisons peuvent ralentir la procédure de déploiement ou de rafraîchissement d'un centre de données pour laquelle le facteur temps est essentiel.

Le temps et les coûts de main-d'œuvre liés à l'installation des panneaux peuvent être significativement réduits en installant, sans outils, des panneaux-caches emboîtables sur n'importe quelle armoire à rack à orifices carrés. De plus, l'adoption généralisée de panneaux de 1 U peut faciliter le comblement des racks. Cela évite de diviser les espaces libres en panneaux de 1, 2, 4 et 8 U. Par exemple, si un espace de 3 U doit être fermé dans un rack mais qu'il ne reste que deux panneaux de 2 U, l'espace ne peut pas être masqué par le matériel à disposition. Il est alors nécessaire de commander et d'attendre de nouveaux panneaux de 1 U pour pouvoir terminer l'installation.

Les **figures 2a et 2b** illustrent une solution qui répond à toutes ces exigences : le panneau-cache AR8136BLK d'APC.

Figure 2a – Exemple d'un panneau-cache modulaire emboîtable



Figure 2b – Procédé d'emboîtement du panneau-cache



Imaginez le coût du matériel et de la main-d'œuvre nécessaires pour installer des panneaux-caches dans un centre de données contenant 100 racks, si l'on suppose une moyenne de 10 U d'espace vide dans chaque rack (ce qui équivaut à un total de 1 000 U de panneaux-caches). Le **tableau 1** compare le coût d'installation de panneaux-caches emboîtables de 1 U avec le coût d'installation de plaques à visser conventionnelles de différentes tailles. Les économies de matériel et de main-d'œuvre sont de l'ordre de 41 % et de 97 % respectivement, soit une économie totale de 48 % en cas d'utilisation de panneaux-caches emboîtables.

Tableau 1 – Analyse du coût des panneaux-caches pour un centre données de 100 racks.

	Plaques d'occultation emboîtables 1 U	Plaques d'occultation conventionnelles à visser				
		Pack d'assortiment	Plaques d'occultation 1 U	Plaques d'occultation 2 U	Plaques d'occultation 4 U	Plaques d'occultation 8 U
Coût type des plaques d'occultation par unité	3,06 €	4,67 €	12,00 €	7,25 €	6,13 €	4,00 €
Coût des plaques d'occultation pour 1 000 U	3.061,36 €	4.666,67 €	12.000,00 €	7.250,00 €	6.125,00 €	4.000,00 €
Temps moyen d'installation par plaque d'occultation (secondes)	4,29 €	300,00 €	300,00 €	300,00 €	300,00 €	300,00 €
Temps d'installation de 1 000 U de plaques d'occultation	1,19 €	22,22 €	83,33 €	41,67 €	20,83 €	10,42 €
Coût d'installation de 1 000 U sur une base de 19,13 € / heure de main-d'œuvre	29,76 €	555,56 €	2.083,33 €	1.041,67 €	520,83 €	260,42 €
Coût du matériel						
Coût total du matériel pour des plaques d'occultation emboîtables de 1 U	3.061,36 €					
Coût total moyen du matériel pour des plaques d'occultation à visser	6.808,33 €					
Coût de la main-d'œuvre						
Coût total de la main-d'œuvre pour des plaques d'occultation emboîtables de 1 U	29,76 €					
Coût total moyen de la main-d'œuvre pour des plaques d'occultation à visser	892,36 €					
Économies						
% d'économies de matériel avec l'utilisation de plaques d'occultation emboîtables de 1 U	55,0%					
% d'économies de main-d'œuvre avec l'utilisation de plaques d'occultation emboîtables de 1 U	96,7%					
En moyenne, le temps d'installation des plaques d'occultation emboîtables de 1 U est 30 fois inférieur à celui de l'installation de plaques à visser						
Hypothèses d'analyse						
Centre de données de 100 racks avec une moyenne de 10 U d'espace à combler par rack ou 1 000 U de plaques d'occultation nécessaires						
Installation en 3 minutes pour des plaques d'occultation emboîtables de 1 U (42)						
Installation en 5 minutes avec des plaques d'occultation conventionnelles à visser						
Chaque plaque d'occultation conventionnelle est munie de 4 trous.						
Le pack d'assortiment contient des plaques d'occultation de 1, 2 et 3 U (1 de chaque). Pour 1 000 U, 67 kits sont utilisés.						

Autres facteurs entraînant une mauvaise ventilation

L'absence de panneaux-caches dans les espaces inutilisés des racks n'est qu'une des raisons de la « re-circulation » de l'air évacué. Il existe également des types d'équipements montés en rack qui permettent à l'air chaud évacué de se diriger vers l'avant du rack. De plus, certaines conceptions de racks ne séparent pas d'office l'air entrant et l'air sortant. Les principales raisons contribuant à la fuite d'air et les méthodes permettant de les contrôler sont récapitulées dans le **tableau 2**. Cette liste peut servir de liste de contrôle lors de l'audit de centres de données existants, ou lors de l'évaluation des conceptions proposées pour des

centres de données et des salles réseaux. Le **tableau 2** montre que le choix des équipements, tels que les racks et les écrans, doit prendre en compte la ventilation des racks. La mise en œuvre des principes de contrôle résumés dans le **tableau 2** est essentielle pour garantir un système de refroidissement de rack fiable et optimal.

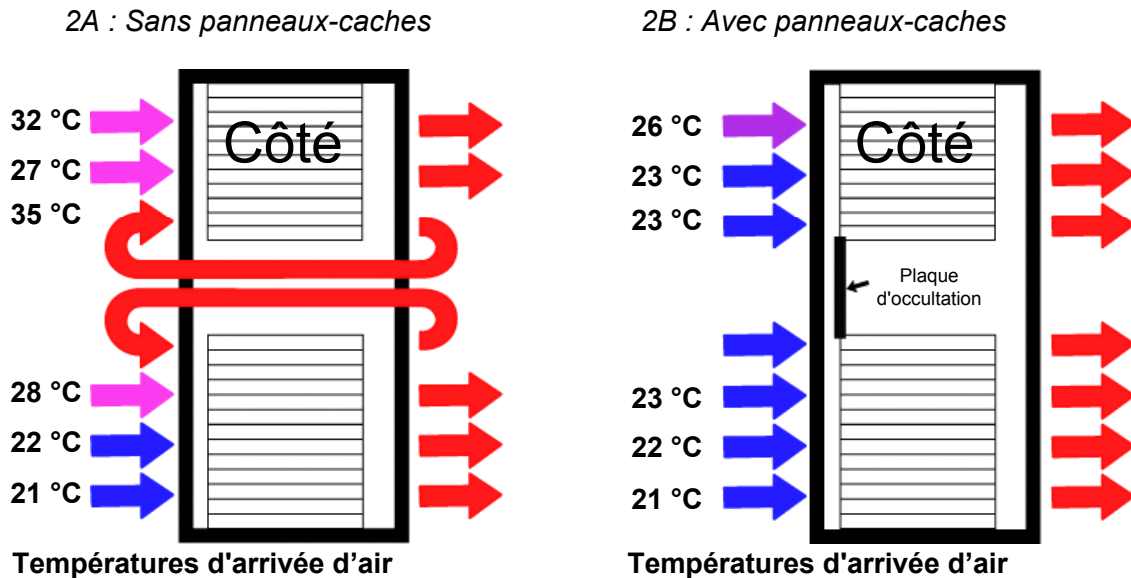
Tableau 2 – Facteurs contribuant à la surchauffe causée par la « re-circulation » de l'air dans le rack et méthodes de contrôle

Facteur	Conséquence	Contrôle / Vérifications
Espace vertical inutilisé dans le rack	Les zones ouvertes permettent à l'air chaud évacué de se rediriger vers l'arrivée d'air de l'équipement, ce qui provoque une surchauffe.	Utilisez des panneaux-caches dans chaque espace inutilisé du rack.
Espace libre entre le rail de montage du rack et le côté de l'armoire	Les zones latérales ouvertes permettent à l'air chaud évacué de se rediriger vers l'arrivée d'air de l'équipement, ce qui provoque une surchauffe.	N'utilisez pas des racks de 584 mm avec des rails de 483 mm. Utilisez des racks ne présentant aucune ouverture entre le rail et le bord de l'armoire.
Écrans sur plateaux	Les zones ouvertes situées autour de l'écran permettent à l'air chaud évacué de se rediriger vers l'arrivée d'air de l'équipement, ce qui provoque une surchauffe.	Utilisez des écrans à cristaux liquides plats articulés. Pour les écrans à tube cathodique, procurez-vous des encadrements pour montage en rack.
Serveurs tour sur plateaux	Les zones ouvertes situées autour des serveurs permettent à l'air chaud évacué de se rediriger vers l'arrivée d'air de l'équipement, ce qui provoque une surchauffe.	Utilisez des serveurs à monter en rack. Remarque : la très faible densité de puissance des serveurs tour dans le rack réduit l'ampleur de ce problème.
Espace vertical utilisé pour passer les câbles de l'avant vers l'arrière du rack	Les zones ouvertes situées autour des câbles permettent à l'air chaud évacué de se rediriger vers l'arrivée d'air de l'équipement, ce qui provoque une surchauffe.	Utilisez des panneaux-caches équipés d'une brosse ou d'un couvercle flexibles pour laisser passer les câbles tout en réduisant la fuite d'air.
Portes avant ou arrière du rack, avec restriction de la ventilation	La résistance des portes à la circulation de l'air crée un degré de pression qui amplifie tous les effets cités ci-dessus.	Utilisez des portes avant et arrière perforées sur toute la surface. N'utilisez pas de portes en verre ni de porte avec peu de perforations.
Espace entre les racks	Les zones ouvertes permettent à l'air chaud évacué de se rediriger vers l'arrivée d'air de l'équipement, ce qui provoque une surchauffe.	Regroupez autant que possible les racks dans l'armoire.

Exemple en situation réelle

L'avantage quantitatif que présente l'utilisation de panneaux-caches a été évalué en mesurant leur effet sur une installation réelle de serveurs en rack dans des conditions type. Les conditions de cette expérience sont décrites dans l'**annexe A**. La réduction de la hausse de température d'arrivée d'air du serveur, qui résulte de l'installation d'un panneau-cache, est illustrée à la **figure 3**.

Figure 3 – Incidence des panneaux-caches sur la température d'arrivée d'air du serveur



La synthèse de ces données est présentée dans le **tableau 3**. Les données montrent que les serveurs les plus froids sont situés au bas du rack et ne sont pas sensibles à l'utilisation des panneaux-caches. Le serveur le plus chaud se trouve juste au-dessus de l'espace vertical ouvert et inutilisé du rack. Il bénéficie d'une baisse de température de plus de 11,1 °C une fois le panneau-cache installé.

Tableau 3 – Données expérimentales montrant l'incidence des panneaux-caches sur la température d'arrivée d'air du serveur

Sans panneaux-caches	35 °C – Serveur le plus chaud	21 °C – Serveur le plus froid
Avec panneaux-caches (même serveur)	23 °C	21 °C
Différence de température	12 °C	0 °C

Dans ce test sous contrôle, plusieurs racks de haute densité sont situés l'un à côté de l'autre en longues rangées. En pratique, les racks hauts à haute densité de puissance se situent souvent près des racks à faible densité de puissance, et sont fréquemment regroupés dans de courtes rangées. Dans ces cas de figure, l'effet des panneaux-caches sur la réduction de la température est supposé être atténué. Pour confirmer cet effet, des mesures de température ont été effectuées dans des salles réseaux réelles présentant des rangées à densités de puissance mixtes et des rangées courtes. Des réductions de la température d'arrivée d'air des serveurs, résultant de l'utilisation de panneaux-caches pour couvrir l'espace vertical inutilisé du rack, ont ici été observées. Les réductions réelles de température mesurées varient entre 2,8 °C et 8,3 °C.

La compréhension du principe de la « re-circulation » de l'air ainsi que les résultats expérimentaux permettent de tirer les conclusions suivantes :

- En situation réelle, l'utilisation de panneaux-caches peut réduire la température de fonctionnement des équipements informatiques de près de 10 °C.
- Les avantages liés à l'utilisation de panneaux-caches sont plus importants pour les équipements situés contre l'espace inutilisé fermé par une plaque, ou au-dessus.
- L'utilisation de panneaux-caches peut réduire l'incidence des problèmes de surchauffe et de « points chauds » survenant dans les centres de données et les salles réseaux.
- L'ajout de panneaux-caches permet d'obtenir la même température d'arrivée d'air du serveur malgré une température de ventilation plus élevée du système de climatisation. Ceci réduit la déshumidification et augmente l'efficacité du système de climatisation.
- Le discours des fabricants d'équipements informatiques conseillant l'utilisation de panneaux-caches est justifié.

Conclusions

Les équipements informatiques installés en rack peuvent connaître des surchauffes si l'air chaud évacué se redirige vers l'arrivée d'air. Dans un rack, plusieurs facteurs peuvent permettre, voire favoriser, la « re-circulation » de l'air et la surchauffe qui en résulte.

Pour un rack convenablement conçu et utilisé conjointement avec un équipement monté en rack, l'une des principales raisons de la « re-circulation » de l'air est l'espace inoccupé dans le rack. L'utilisation de panneaux-caches pour masquer cet espace inoccupé élimine ce problème.

Ce document fournit la liste éléments à prendre en considération lors de la conception d'un nouveau centre de données ou d'une nouvelle salle réseaux. Elle peut être utilisée pour réaliser l'audit de sites existants. Le respect de ces directives permet de réduire significativement la surchauffe causée par la « re-circulation » de l'air et d'augmenter les performances du système de climatisation.

À propos de l'auteur :

Neil Rasmussen est l'un des fondateurs d'American Power Conversion et occupe le poste de directeur des technologies. À ce titre, il est responsable du plus important budget de R&D au monde exclusivement consacré à l'infrastructure des racks, des alimentations et du refroidissement des réseaux critiques. Les principaux centres de développement des produits APC sont situés dans le Massachusetts, le Missouri, au Danemark, au Rhode Island, à Taiwan et en Irlande. Neil dirige actuellement les efforts d'APC en vue d'établir des solutions modulaires et extensibles pour les centres de données.

Avant la fondation d'APC, en 1981, Neil Rasmussen a obtenu un diplôme d'ingénieur et une maîtrise en génie électrique au Massachusetts Institute of Technology avec une thèse sur l'analyse de l'alimentation de 200 MW d'un réacteur à fusion Tokamak. De 1979 à 1981, il a travaillé aux Lincoln Laboratories du MIT sur les systèmes de stockage d'énergie à volant d'inertie et sur la génération électrique à partir de l'énergie solaire.

Annexe A : Description des conditions expérimentales

Le but de l'expérience est de recréer un environnement similaire à un centre de données réel. L'expérience a été effectuée sur un seul rack, contenant trente simulateurs de serveurs 1 U. Chaque simulateur de serveur 1 U est composé d'un châssis de serveur 1 U, avec une alimentation et des ventilateurs, mais la carte mère de l'unité centrale a été remplacée par une charge résistive. La charge simulée de chaque serveur a été configurée pour consommer 150 Watts. Trente simulateurs de serveurs ont été placés dans une armoire APC NetShelter VX de 42 U et de 1 067 mm de profondeur, pour une charge totale de 4,5 kW. Les simulateurs de serveurs ont été répartis de façon à ce qu'un seul espace de 11 U soit laissé libre vers le centre de l'armoire. Les températures en entrée ont été relevées tous les 7 U, du 2^e au 41^e.

Pour modéliser la présence d'un rack expérimental dans une rangée de racks, il est admis que tous les racks de la rangée sont identiques et que le rack expérimental se situe vers le centre d'une longue rangée. Il est admis que la source d'air est une ligne uniforme de dalles ventilées d'un plancher surélevé devant le rack. Dans ce cas de figure, tous les vecteurs de degrés de pression de l'air horizontal entre les racks adjacents s'annulent presque, et le mouvement de l'air latéral entre les racks est presque nul. De plus, il est admis que les racks sont positionnés en rangées alternant allées chaudes et allées froides. Par conséquent, les degrés de pression d'air entre des rangées adjacentes s'annulent presque, et le mouvement de l'air latéral entre les rangées est presque nul le long d'une ligne à mi-chemin entre les rangées. Pour simuler les conditions d'un centre de données en laboratoire avec un seul rack comme décrit auparavant, des partitions ont été placées comme illustré dans la **figure A1**. Celles-ci permettent d'équilibrer les degrés de pression d'air sans avoir à installer ni à utiliser réellement un grand nombre de racks.

Les températures d'arrivée d'air du serveur ont été mesurées avec un enregistreur de données Agilent 34970A utilisant des thermocouples de type « T » avec une précision publiée de +/- 1,0 °C. Les thermocouples ont été montés dans l'air, à une distance de 5 cm environ à l'avant de la grille d'arrivée d'air. La température de l'air ambiant a été mesurée aux ouvertures d'entrée et de sortie de la partition, comme indiqué sur la **figure A1**.

Figure A1 – Installation expérimentale

Pendant l'expérience, la température de l'air ambiant à l'entrée était de 21 °C, et la température de sortie était de 35 °C.

