

# Calculer la totalité des besoins en refroidissement des centres de données

par Neil Rasmussen

Livre blanc  
APC n° 25

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

Révision n° 1

## Résumé

**Ce document traite des calculs de dissipation de chaleur du matériel informatique et des autres équipements installés dans un centre de données, notamment les onduleurs, de dimensionner correctement la capacité de conditionnement de l'air. Il contient également plusieurs facteurs de conversion communs et des conseils sur les valeurs numériques pour la conception des installations.**

## Introduction

Tous les équipements électriques dégagent de la chaleur qui doit être évacuée afin d'éviter que la température n'atteigne un niveau inacceptable. La plupart des matériels informatiques et de télécommunications que l'on retrouve dans les centres de données ou les salles réseaux, sont refroidis avec de l'air. Pour dimensionner le système de conditionnement d'air, il faut connaître les quantités de chaleur dissipées par l'équipement à l'intérieur du centre, ainsi que de la chaleur provenant de diverses autres sources.

## Mesure de la dissipation thermique

La chaleur est une forme d'énergie et s'exprime en joules, BTU, tonnes ou calories. La dissipation thermique d'un équipement s'exprime couramment en BTU par heure, en tonnes par jour ou en joules par seconde (un joule par seconde est l'équivalent d'un Watt). Il n'y a pas de raison logique à la diversité de ces unités de mesure, mais chacune d'elle peut être utilisée pour exprimer la puissance ou la capacité de refroidissement. L'emploi simultané de ces mesures est une source de grande confusion, tant pour les utilisateurs que pour les spécialistes. Heureusement, les organismes de normalisation du monde entier cherchent à promouvoir une unité standard, le Watt, pour toutes les mesures de puissance et de capacité de refroidissement. Les BTU et les tonnes de réfrigération sont des unités archaïques qui finiront par disparaître<sup>1</sup>. Pour cette raison, nous utiliserons dans ce document uniquement le watt pour exprimer les puissances et les capacités de refroidissement. L'utilisation du watt comme unité standard est fortuite car elle simplifie les calculs lors de la conception d'un centre de données, comme nous l'expliquerons plus tard.

En Amérique du Nord, les puissances et les capacités de refroidissement sont encore souvent exprimées en BTU (British Thermal Unit) et en tonnes. Pour cette raison, nous avons inclus un tableau de conversion des unités dans le but d'aider le lecteur :

Valeur en	Multipliée par	Donne
BTU par heure	0,293	Watts
Watts	3,41	BTU par heure
Tonnes	3 530	Watts
Watts	0,000283	Tonnes

La puissance transmise par les équipements informatiques ou de télécommunications sur les lignes de données est négligeable. La consommation de courant alternatif est donc essentiellement convertie en chaleur. De ce fait, la dissipation thermique exprimée en watts d'un appareil est tout simplement égale à sa consommation électrique en watts. Les BTU par heure que l'on trouve parfois sur les fiches techniques ne

---

<sup>1</sup> Le terme « tonnes » fait référence à la capacité de refroidissement de la glace et remonte à la période 1870 - 1930, quand on mesurait la capacité des installations de réfrigération d'après leur production quotidienne de blocs de glace.

sont pas nécessaires pour déterminer la dissipation de chaleur. La dissipation thermique est égale à la consommation électrique<sup>2</sup> de l'équipement.

## Calcul de la dissipation thermique d'un système complet

La dissipation thermique totale du système est la somme des dissipations de tous ses composants. Le système complet inclut l'équipement informatique, mais aussi les onduleurs, la distribution électrique, les climatiseurs, l'éclairage et les personnes présentes. Heureusement, la chaleur dégagée par ces différentes sources peut être déterminée facilement par des règles standardisées.

La chaleur dissipée par les onduleurs et de distribution électrique consiste en des pertes fixes et des pertes proportionnelles à la puissance fournie. Ces pertes sont suffisamment constantes d'une marque et d'un modèle à l'autre pour pouvoir être estimées approximativement sans erreur importante. La chaleur dégagée par l'éclairage et les personnes présentes peut également être estimée à partir de valeurs standard. Les seules données pour déterminer la charge de refroidissement du système complet sont quelques valeurs faciles à obtenir, comme la surface de plancher et la puissance nominale du système électrique.

Les unités de conditionnement de l'air dégagent des quantités de chaleur significatives au niveau de leurs ventilateurs et de leurs compresseurs. Cette chaleur est évacuée à l'extérieur et ne crée pas une charge thermique supplémentaire pour le centre de données. Elle réduit cependant le rendement du système de conditionnement d'air et on doit normalement en tenir compte dans le dimensionnement de l'équipement.

Il est possible de faire une analyse thermique détaillée à partir des caractéristiques de dissipation de chaleur de chaque appareil installé dans le centre de données, mais une estimation rapide basée sur des règles simples donne des résultats suffisamment proches pour être dans la marge d'erreur de l'analyse complète. En outre, l'estimation rapide a l'avantage de pouvoir être faite par une personne n'ayant pas de connaissances ni de formation spécialisées.

Le tableau 1 ci-après montre comment calculer rapidement la charge thermique. En utilisant cette feuille de calcul, il est possible de déterminer rapidement la dissipation de chaleur totale de manière fiable. Les instructions d'utilisation de la feuille de calcul sont données à la suite du tableau 1.

---

<sup>2</sup> Remarque : il y a toutefois une exception à cette règle dans le cas des routeurs VoIP dont près de 30 % de la consommation électrique sert à alimenter les terminaux à distance, de sorte que la dissipation thermique est nettement inférieure à la consommation électrique. Cependant, le fait de considérer la consommation électrique des routeurs VoIP comme leur dissipation thermique, comme nous le faisons dans ce document, crée un écart minime et insignifiant dans la plupart des cas.

**Tableau 1 – Calcul de la dissipation de chaleur dans une salle réseau ou un centre de données**

Élément	Données requises	Calcul de la dissipation thermique	Sous-total dissipation thermique
Matériel informatique :	Charge totale du matériel informatique exprimée en Watts	Égale à la puissance nominale totale en Watts	_____ Watts
Onduleur avec batterie	Puissance nominale d'alimentation, en Watts	(0,04 x Puissance nominale système) + (0,06 x Charge totale du matériel informatique)	_____ Watts
Distribution électrique	Puissance nominale d'alimentation, en Watts	(0,02 x Puissance nominale système) + (0,02 x Charge totale du matériel informatique)	_____ Watts
Eclairage	Surface de plancher en pieds ou en mètres carrés	2,0 x surface plancher (p <sup>2</sup> ) ou 21,53 x surface plancher (m <sup>2</sup> )	_____ Watts
Personnel	Nombre maximum de personnes admises dans le centre	100 x Nb de personnes	_____ Watts
Total	Sous-total des données requises	Somme des sous-totaux de dissipation de chaleur	_____ Watts

### Marche à suivre

Rassemblez les informations nécessaires mentionnées dans la colonne « Données requises ». Consultez ci-dessous les définitions de certains termes en cas de question. Effectuez les calculs de dissipation de chaleur indiqués et inscrivez les résultats dans la colonne « Sous-total ». Additionnez les sous-totaux pour obtenir la dissipation thermique totale.

### Définitions

**Charge thermique totale du matériel informatique** – Somme des consommations électriques de tous les éléments physiques des systèmes informatiques.

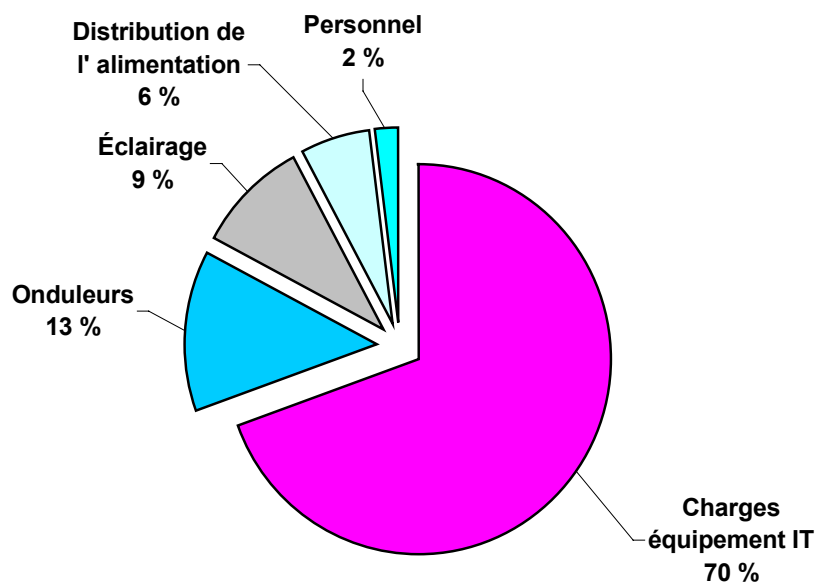
**Puissance nominale de l'alimentation** – Puissance nominale délivrée par l'onduleur. Si un système redondant est utilisé, ne pas inclure la capacité de l'onduleur redondant.

## Exemple de calcul pour un système type

L'exemple suivant illustre le calcul de dissipation thermique pour un système type. Prenons le cas d'un centre de données de 465 m<sup>2</sup> (5 000 ft<sup>2</sup>) contenant 150 baies informatiques dont la consommation nominale est 250 kW, avec un effectif maximum de 20 personnes. Dans l'exemple, on admettra que le centre de données travaille à 30 % de sa capacité, ce qui est une hypothèse courante. Pour plus d'information sur l'utilisation type, consultez le Livre blanc APC n° 37 « Comment éviter les coûts liés au surdimensionnement d'infrastructure de centres de données et de salles réseaux ». La charge totale de l'équipement informatique du centre de données sera donc 30 % de 250 kW, soit 75 kW. Dans ces conditions, la dissipation thermique du centre de données est de 108 kW, soit environ 50 % de plus que la charge représentée par le matériel informatique seul.

Le graphique de la figure 1 montre la contribution relative des différentes sources de chaleur à la dissipation thermique globale du centre de données type.

**Figure 1** – Contributions relatives à la dissipation thermique totale d'un centre de données type



A noter que les contributions des onduleurs et de la distribution électrique à la dissipation de chaleur sont amplifiées du fait que le centre de données ne tourne qu'à 30 % de sa capacité. S'il opérait à pleine capacité, le rendement des installations d'alimentation électrique augmenterait et leurs contributions relatives à la charge thermique globale seraient plus faibles. Cette baisse importante de rendement est le coût réel d'une installation surdimensionnée.

## Autres sources de chaleur

L'analyse ci-dessus fait abstraction des sources extérieures, comme la chaleur solaire entrant par les fenêtres et la chaleur conduite à travers les murs extérieurs. Beaucoup de petits centres de données et de salles réseaux n'ont ni murs ni fenêtres donnant sur l'extérieur, ainsi il n'y a pas d'erreur dans les calculs. Par contre, pour les grands centres de données dont les murs ou les plafonds sont exposés à l'extérieur, des charges thermiques supplémentaires pénètrent dans le centre de données et doivent être évacuées par la climatisation.

Si la salle informatique est située à l'intérieur d'un bâtiment climatisé, on peut ignorer les sources de chaleur extérieures. Si les murs ou le toit du centre de données sont beaucoup exposés sur l'extérieur, alors un spécialiste en calculs de chauffage et de climatisation devra évaluer la charge thermique maximale et l'ajouter à la charge du système complet calculée dans la section précédente.

## Contrôle de l'humidité

Les systèmes de climatisation sont conçus non seulement pour évacuer la chaleur, mais aussi pour réguler le degré d'humidité. Idéalement, lorsque l'humidité désirée est atteinte, le système de climatisation assure le maintien d'une quantité constante de vapeur d'eau dans l'atmosphère sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à un dispositif d'humidification. Malheureusement, la plupart des systèmes de conditionnement d'air produisent une condensation importante au niveau de leur module de refroidissement et il en résulte une perte de vapeur d'eau et d'humidité. Ainsi, un humidificateur d'appoint est requis pour maintenir le niveau d'humidité désiré.

L'humidification supplémentaire crée une charge thermique additionnelle et réduit efficacement la capacité de refroidissement du système de climatisation et donc requiert un surdimensionnement.

Pour les salles informatiques de petite taille et les grandes armoires de câblage, un système de conditionnement d'air à gaines séparant l'air de retour de l'air d'entrée évite la condensation et ne nécessite aucune humidification supplémentaire. Cela permet d'utiliser 100 % de la capacité du système de conditionnement d'air avec un rendement optimal.

Dans les grands centres de données, il se produit un brassage important entre les flux d'air et le système de climatisation doit abaisser la température de l'air d'entrée afin de compenser le recyclage d'une partie de l'air chaud. Ce régime entraîne une perte appréciable d'humidité et crée le besoin d'une humidification supplémentaire de l'air. Il en résulte une baisse importante du rendement et de la capacité utile du système de climatisation. Ainsi le surdimensionnement nécessaire du système de climatisation peut aller jusqu'à 30 %.

En résumé, le surdimensionnement de la capacité de conditionnement d'air va de 0 % pour les petits systèmes dont l'air chaud est évacué par gaines, à 30 % pour une salle dans laquelle il y a un important

brassage des flux d'air chaud et froid. Pour de plus d'information sur l'humidification, consultez le Livre blanc n° 58 d'APC « Humidification Strategies for Data Centers and Network Rooms » (uniquement disponible en anglais).

## Dimensionnement de la climatisation

Une fois les besoins de refroidissement définis, il est possible de dimensionner le système de conditionnement de l'air. Comme nous l'avons vu plus tôt, il faut tenir compte des facteurs suivants :

Valeur de la charge de refroidissement de l'équipement (y compris de l'alimentation électrique)

Valeur de la charge de refroidissement du bâtiment

Surdimensionnement pour tenir compte de la fonction d'humidification

Surdimensionnement pour créer la redondance

Surdimensionnement en vue des besoins futurs

C'est la somme des charges en Watts de tous ces facteurs qui donne la charge thermique totale.

## Conclusion

La détermination des besoins de refroidissement des systèmes d'information se résume à un calcul simple, à la portée d'une personne sans formation spécialisée. La conversion en Watts de toutes les valeurs de puissance électrique et de charge thermique simplifie le processus. En règle générale, la capacité nominale d'un système de climatisation doit être 1,3 fois la charge thermique prévue pour les matériels informatiques, plus toute capacité supplémentaire pour la redondance. Cette approche convient parfaitement pour les centres de données de petite taille et les salles réseaux jusqu'à une superficie de 372 m<sup>2</sup> (4 000 ft<sup>2</sup>).

Pour les grands centres de données, les besoins de refroidissement seuls sont typiquement insuffisants pour sélectionner un conditionneur d'air. On doit généralement tenir compte des autres sources de chaleur, comme les échanges de chaleur à travers les murs et le toit, le brassage des flux chaud et froid, et chaque installation doit faire l'objet d'une étude particulière.

La conception du système de gaines de climatisation ou du faux-plancher a un effet important sur le fonctionnement global du système de climatisation et peut influencer grandement sur l'uniformité des températures à l'intérieur du centre de données. L'adoption d'une architecture simple, standard et modulaire de distribution de l'air, combinée à la méthode simple d'estimation de la charge thermique, permettrait de réduire sensiblement le coût des études techniques lors de la conception du centre.



## A propos de l'auteur :

**Neil Rasmussen** est l'un des fondateurs d'American Power Conversion et occupe le poste de directeur des technologies. A ce titre, il est responsable du plus important budget de R&D au monde exclusivement consacré à l'infrastructure des baies informatiques, 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, à Rhode Island, à Taïwan et en Irlande. Neil dirige actuellement les efforts d'APC visant à 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'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.