

tiques. Ce rapport, le Power Usage Effectiveness, ou PUE, est toujours supérieur à 1.

Un centre de données de conception moderne a un PUE proche de 1 (Google annonce un PUE moyen de 1,12 sur ses centres). Un centre de données de conception ancienne ou sous-utilisé a parfois un PUE supérieur à 2 : pour 1kW qui va à l'informatique, au moins 1kW de plus est consommé.

Les progrès technologiques réduisent cette consommation, mais ne compensent pas la hausse de la demande cumulée du grand public, de l'industrie et du monde scientifique. Pire, plusieurs facteurs accélèrent cette hausse :

- la multiplication des services offerts à un nombre d'internautes lui-même croissant ;
- la diminution de la durée de vie des équipements (page 44) ;
- les effets rebonds qui engendrent une

hausse de la demande dès qu'un progrès technologique génère un gain financier ou temporel.

### Optimiser

Les centres de données sont dimensionnés pour pouvoir répondre aux pics d'usage. Mais les utilisations à 100 % sont rares. Dans les cas extrêmes, comme les applications de calcul intensif, les charges maximales observées tournent autour de 80 %. Dans le cas usuel hors pics de charge, la capacité sollicitée peut descendre très en dessous de 20 % sur de longues périodes.

Dans ce cas, pour atténuer la consommation d'électricité, il est pertinent de regrouper le travail sur un nombre réduit de serveurs et d'éteindre les autres. Les techniques de virtualisation facilitent cette optimisation en faisant en sorte qu'un seul serveur phy-

sique puisse exécuter plusieurs environnements logiciels distincts et cloisonnés, appelés serveurs virtuels.

Cela est possible sans dégrader les performances des applications grâce à la puissance croissante des processeurs traditionnels. Couplée à des techniques sophistiquées d'identification des serveurs à éteindre et à maintenir allumés, cette virtualisation abaisse le coût d'exploitation énergétique des centres de données.

Une autre option consiste à rentabiliser les serveurs non utilisés en les louant à des usagers distants. C'est le principe du Cloud. Cependant, une bonne partie des performances du Cloud dépend de la vitesse des réseaux qui relient les centres de données à leurs utilisateurs.

Au-delà de ces techniques d'optimisation du fonctionnement du matériel, l'architecture des serveurs est à repenser afin

## Mieux refroidir : suivez le guide

### Freecooling à air direct

Ce système aspire l'air extérieur par une ouverture qui régule son débit. L'air est ensuite filtré puis poussé par un système de ventilation dans le couloir froid en face avant des machines. L'hiver, quand il fait froid dehors, l'air extérieur est au préalable mélangé à de l'air chaud qui provient de l'arrière des serveurs avant d'être envoyé dans le couloir froid.

Quand l'été, au contraire, il fait chaud dehors, l'air extérieur est au préalable refroidi pour l'amener à une température adaptée aux serveurs. A Grenoble, la température extérieure est inférieure à 25°C environ 85 % du temps. Il est donc possible de ne faire appel à une autre source de froid que 15 % du temps, ce qui représente de fortes économies d'énergie.

### Freecooling à eau

Si on dispose d'eau froide, on peut en faire usage avec un simple échangeur eau/air pour refroidir l'air provenant de l'arrière des serveurs avant de le renvoyer dans le couloir froid. Cette eau peut provenir d'une rivière, d'une nappe phréatique, de la mer et même des eaux usées comme le fait Google dans la région de Douglas, en Géorgie, aux Etats-Unis.

### Refroidissement par évaporation

L'évaporation produit du froid. Ce principe est sollicité pour refroidir les centrales nucléaires ou les terrasses de café. Il est aussi appliqué pour refroidir les centres de données. L'énergie de vaporisation de l'eau est très importante. Il suffit d'évaporer 1,6 m<sup>3</sup> d'eau par heure pour refroidir un centre de données de 1 MW. A titre de compa-

raison, il faut pomper 200 m<sup>3</sup> d'eau par heure pour refroidir la même installation par freecooling à eau.

### Solutions mixtes

Selon le lieu géographique, la disponibilité des ressources, la météorologie locale, l'une ou l'autre de ces solutions est la mieux adaptée. Il est aussi possible de les combiner pour élaborer la solution la plus performante en fonction du contexte.

Le Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de Grenoble combine le freecooling à air direct 85 % du temps avec le freecooling à eau par simple échangeur à partir d'eau de pompage de la nappe le reste du temps. De même, l'ICECube de l'entreprise SGI combine de l'air direct lorsque cela est possible à un refroidisse-

ment par évaporation d'eau ou à base d'eau glacée lorsque cela est nécessaire.

### Refroidissement à eau

Dans la majorité des cas où l'eau sert de fluide caloporteur, elle refroidit l'air qui abaisse la température des serveurs, plus particulièrement leurs processeurs. Dans certains serveurs Bull récents, de l'eau refroidit directement les processeurs. Cette solution permet de recourir à de l'eau à température relativement élevée, ce qui évite de dépenser de l'énergie pour le refroidir.

Françoise Berthoud et coll.