

FRANÇOISE BERTHOUD, BERNARD BOUTHERIN, ROMARIC DAVID,
ROBERT FERRET ET LAURENT LEFEVRE*

Les moyens de réduire la consommation électrique des centres de données sont très importants



Paul Steenberg

Véritables usines de la société de l'information et de la communication, les centres de données engouffrent une part de plus en plus grande de l'électricité mondiale. Les marges de manœuvre pour tempérer leur fringale énergétique sont pourtant nombreuses, faciles à actionner et très vite rentables. Avis à tous les gestionnaires de ces lieux, leurs propriétaires et leurs actionnaires. Avis aussi à tous les usagers d'internet.

33

Internet, moteurs de recherche, réseaux sociaux, messagerie électronique ou instantanée, stockage de données, vidéos en ligne. La liste des services qui se banalisent et font appel à de grandes concentrations de serveurs, ou centres de données, s'allonge de jour en jour.

Un centre de données est un bâtiment d'une surface de quelques centaines à plusieurs centaines de milliers de mètres carrés, qui héberge des baies de matériel informatique.

Chaque baie, de 60 à 80 cm de large, contient de 40 à 80 ordinateurs (comprenant les alimentations, les processeurs, la mémoire, etc.) appelés serveurs, ou jusqu'à 240 tiroirs de disques durs pour stocker les informations.

Les plus gros centres de données, ceux de Google ou de Facebook, alignent des milliers de baies qui totalisent des puissances de traitement et des capacités de stockage qui donnent

le tournis : un centre de 2000 baies nécessite environ 20 mégawatts (MW) de puissance électrique, soit l'équivalent d'une ville de 120 000 habitants, et une facture énergétique de 10 millions d'euros par an. Au niveau mondial, les centres de données englobent environ 2 % de l'électricité totale qui est consommée. Le plus alarmant est le niveau de croissance de leur demande en énergie : il est supérieur à 10 % par an.

La
consommation
ne fléchit pas

Mais dans ce domaine, les chercheurs en sont réduits aux conjectures, car les grandes entreprises informatiques refusent de dire combien de serveurs elles mobilisent ou où ils se situent. En 2010, Google aurait consommé 300 MW d'électricité, soit autant que Marseille, pour alimenter environ un million de serveurs (Kooimey, 2011).

Dans le monde scientifique, l'essor permanent de la demande en calcul et en stockage de

données, par exemple en physique des particules, en biologie, en climatologie ou en astrophysique amène à faire appel à des centres de calcul pouvant exiger jusqu'à 20 MW en ligne 24h sur 24h et sept jours sur sept. Outre la difficulté qu'il y a à trouver 10 millions d'euros chaque année pour financer cette électricité, il devient extrêmement difficile de pouvoir en disposer avec les moyens de production et de distribution d'électricité existants.

Demande croissante

Les équipements qui, dans un centre de données, ont besoin d'énergie sont, par ordre décroissant :

- les équipements informatiques ;
- les dispositifs de refroidissement ;
- les onduleurs ou ASSC (alimentation statique sans coupure) qui sécurisent l'alimentation des équipements quoi qu'il arrive sur le réseau électrique ;
- les équipements accessoires : éclairage, gestion technique du bâtiment, sécurité, etc.

L'efficacité énergétique d'un centre de données est souvent mesurée par le rapport entre sa consommation totale d'énergie et l'énergie qui est restituée aux équipements informa-

* Françoise Berthoud est ingénieure de recherche en informatique au CNRS, à Grenoble, et directrice du Groupement de service (GDS) EcoInfo ; Bernard Bouterin est responsable informatique du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie, à Grenoble ; Romaric David est ingénieur de recherche à l'Université de Strasbourg ; Robert Ferret est responsable commercial à la direction du Réseau national de télécommunications pour la technologie, l'enseignement et la recherche (Rénaver), à Paris ; Laurent Lefevre est chercheur à l'Inria, à Lyon. Tous les cinq sont membres du groupement GDS EcoInfo.

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 m³ d'eau par heure pour refroidir un centre de données de 1 MW. A titre de compa-

raison, il faut pomper 200 m³ 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.



Lisa F.Young/Dreamstime

Fascinant !

de revoir leur consommation d'énergie à la baisse. Pour cela, des architectures innovantes qui s'appuient sur les processeurs (par exemple issus des téléphones portables) qui ont énormément progressé dans le domaine des économies d'énergie sont en préparation. La puissance unitaire de ces processeurs est bien moindre, mais les possibilités inédites de densification permettent d'atteindre des capacités remarquables.

Mieux refroidir

Les quantités d'énergie mises en jeu pour produire du froid sont phénoménales. Ce poste est ainsi celui sur lequel la marge d'action pour abaisser le PUE est la plus grande. Un centre de données de 100 baies informatiques dissipe environ 1 MW, l'équivalent de 500 radiateurs électriques qui fonctionnent à pleine puissance. Toute l'énergie qu'un centre de données consomme est transformée en chaleur dans ses équipements.

Il y a plusieurs façons d'évacuer cette énergie. La plus courante, malheureusement, est héritée d'une époque où les centres de calcul étaient équipés de gros ordinateurs, ou mainframe, de type CRAY ou IBM. Pour refroidir la salle informatique, elle fait appel à des climatiseurs à l'énorme appétit électrique : de

30 à 70 % de la puissance à refroidir, soit en moyenne 500 kW pour un centre de données de 1 MW. Sur un an, 500 kW, c'est 250 000 euros de facture électrique et beaucoup d'énergie gaspillée.

Cette technique se justifiait pour refroidir les gros ordinateurs qui exigeaient des conditions physiques très stables pour fonctionner : une température de l'ordre de 20°C et une hygrométrie de 40 à 60 %. Ils utilisaient des composants très spécifiques et, surtout, des supports magnétiques très sensibles aux variations de température et d'humidité. Leurs spécifications de fonctionnement en température et en humidité étaient donc très strictes.

Les serveurs sont aujourd'hui constitués des mêmes composants (processeurs, mémoires, disques, etc.) que les ordinateurs grand public et leurs plages d'utilisation sont devenues elles aussi très larges. Un serveur actuel accepte des températures d'air de 10 à 35°C en entrée, de 45 à 50°C en sortie, et des variations d'humidité relative de 20 à 80 %. Il devient donc possible de recourir à des systèmes de refroidissement beaucoup plus économes, qui reposent sur l'air extérieur et/ou sur des sources d'eau.

Un maître mot : la modularité

Les centres de données aux plus mauvais PUE sont souvent surdimensionnés. Un climatiseur a un mauvais rendement si le centre n'est chargé qu'à 10 % de sa capacité. Une telle installation peut afficher un PUE supérieur à 2, plus encore si l'ASSC est elle aussi surdimensionnée.

Pour satisfaire efficacement un besoin initial et ses évolutions, le maître mot est la modularité. Elle permet d'échelonner les investissements pour répondre aux besoins au fur et à mesure de leur croissance et d'assurer une redondance minimale pour palier la défaillance d'un équipement.

Actionner tous les leviers

En phase de fonctionnement, il est toujours possible d'éteindre les climatiseurs superflus pour que ceux qui restent fonctionnent au plus près de leur rendement maximal. Une fois tous les leviers d'économies d'électricité actionnés, un centre de données peut encore améliorer son bilan écologique en produisant de l'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables ou en se branchant sur de l'électricité produite à partir de telles sources.

L'offensive des smartphones

De nombreuses solutions émergent ainsi pour faire fonctionner les centres de données avec moins d'énergie. À terme, leur consommation pourrait chuter de manière importante à condition, toutefois, que la demande se stabilise. Condition très loin d'être remplie : malgré la virtualisation et l'efficacité croissante des serveurs et des infrastructures, la consommation des centres de données ne fléchit pas, car ils font l'objet de sollicitations qui ne cessent de croître.

Il est cependant probable que les perspectives de hausse du prix de l'énergie inciteront opérateurs et constructeurs à poursuivre leurs efforts pour alléger leur facture électrique.

L'inquiétude pour l'avenir est plus liée à la prolifération des petits équipements terminaux, tels que les smartphones et les tablettes, dont la diffusion au plus grand nombre s'accompagne d'une baisse de leur prix et d'une durée de vie de plus en plus courte. Or, en plus de faire exploser le volume des métaux critiques qu'ils incor-



parent, ces appareils stimulent de plus en plus d'échanges de données et sollicitent donc de plus en plus les réseaux et les centres de données.

La recherche d'un usage plus raisonnable des équipements électroniques au profit de relations humaines directes ou de simples échanges téléphoniques constitue un axe de progrès pour tempérer les demandes en énergie de ces centres de données. Les citoyens ont un rôle décisif à jouer dans cette affaire. ■

BIBLIOGRAPHIE

KOOMEY J. *Growth in Data Center Electricity Use 2005 to 2010*, 2011.
www.koomey.com

POUR ALLER PLUS LOIN

GRUPE ECOINFO. *Impacts écologiques des technologies de l'information et de la communication*, EDP Sciences, 2012
www.ecoinfo.cnrs.fr

Un trésor au sous-sol des SIG

Faites ce que je dis... et ce que je fais. Pour mieux démontrer le bien-fondé de sa politique ambitieuse d'économies d'électricité, les Services industriels de Genève (SIG) ont entrepris de balayer devant leur porte. En l'occurrence, celle de leur siège – 100 000 m² de bureaux, d'ateliers et de dépôts sur le site du Lignon, où travaillent 1300 personnes – qu'ils cherchent à rendre neutre en énergie. En 2020, le bâtiment doit restituer autant d'énergie qu'il en requiert.

Christian Brunier, directeur des Services partagés, s'est lancé en

2010 dans la chasse aux économies d'énergie. Il a découvert un gros gisement au sous-sol, où se trouve le centre de données des SIG. « À l'origine, il y avait 400 m² de serveurs. Mais avec le temps, les machines, plus petites, n'ont plus occupé que la moitié de cette surface. Pourtant, on continuait de climatiser la totalité du local », s'étonne l'intéressé.

Puis, grâce à la virtualisation, le nombre de machines nécessaires a été divisé par trois. « Du coup, il n'y a plus que 50 m² d'espace dédié aux serveurs et, désormais,

seuls ces 50 m² carrés sont refroidis », se félicite Christian Brunier. Une installation de freecooling à air direct a remplacé la climatisation une grande partie de l'année. Dernier point : « Un câblage chaotique occasionnait 5 % de pertes d'électricité. » Tous les câbles ont été tirés au cordeau. « Ce qui nous fait gagner un temps précieux lors de la maintenance. »

Ces mesures ultra simples, pour un investissement de 200 000 francs amorti en deux ans, ont fait plonger la consommation d'énergie du centre de données de 70 %. Forts

de ce succès, les SIG ont conçu la prestation « Green Datacenter » pour aider leurs clients à s'emparer eux aussi de ce trésor. Stupeur : elle intéresse peu. « Focalisés sur la sécurité, les directeurs informatiques sont peu sensibles aux économies d'énergie », témoigne Christian Brunier.

LRD