

L'optimisation de la consommation électrique d'un *cloud provider*

Par Aurélien TANIÈRE
OVHcloud

OVHcloud : de l'hébergement *web* au *cloud* souverain européen

OVHcloud est une société créée en 1999 par Octave Klaba avec pour activité première l'hébergement de sites *web*. Au fil des années, l'activité s'est développée et a évolué, en fonction du marché dit du *cloud computing* (ou informatique en nuage, un concept visant à déporter les ressources informatiques au sein de centres de données, ou *data centers*, accessibles par Internet) et donc de l'évolution des usages de nos clients. Le nombre de serveurs hébergés a évolué en conséquence ainsi que les gammes de services. Dès les premières étapes de croissance franchies, plusieurs questions se sont posées sur le fonctionnement et la maintenance d'un grand nombre de serveurs, et particulièrement à propos de leur alimentation en électricité et leur refroidissement. L'équation de base étant : plus la densité de serveurs augmente dans un *data center*, plus il faut d'équipements pour refroidir le tout, sachant que ces équipements consomment de l'électricité pour fonctionner. Rapidement, l'enjeu, économique à l'époque, écologique aujourd'hui, a été de diminuer la consommation électrique d'un *data center*, ou centre de données. Dans un de ces centres, classiquement, une bonne partie de l'électricité est consommée par les systèmes de ventilation utilisés pour refroidir le bâtiment et surtout les machines. Pour rappel, plus la machine est sollicitée, en particulier le processeur, plus elle dégage de la chaleur, et, bien sûr, il faut veiller à ne pas dépasser une certaine température afin d'éviter la panne. D'ailleurs, il existe même une température optimale de fonctionnement. L'objectif est de maintenir cette température sachant que celle-ci sera influencée également par la température ambiante, c'est-à-dire la température de la pièce du *data center* qui est influencée par les autres serveurs et équipements, mais aussi par la température extérieure au *data center*. Il faut préciser aussi que maintenir le serveur à une température de fonctionnement idéale va permettre aussi de maximiser la durée de vie des composants pour que nous puissions envisager pour eux une seconde et une troisième vie, sur des machines, des services, plus accessibles mais bâtis sur des composants qui ne sont pas de dernière génération.

Dès 2003, la décision a été prise d'industrialiser en centre de données le *water cooling*. Courant chez les *gamers* PC (joueurs de jeux vidéo sur ordinateur) à la fin des années 1990, le *water cooling* consiste à refroidir son ordinateur, particulièrement le processeur, grâce à de l'eau. Un *water block* est posé sur le CPU (pour *central processing unit*, ou processeur) afin de capter la chaleur dégagée par ce dernier. L'eau froide en entrée ressort ainsi chaude et est refroidie plus loin dans le circuit, afin de repasser à nouveau dans le *water block* et fonctionner ainsi de manière cyclique. Il est donc possible de solliciter davantage le processeur sans prendre le risque que celui-ci ne brûle, car refroidi de manière performante. Ce principe a été repris chez OVHcloud afin de maîtriser le dégagement de chaleur au sein des centres de données, et ainsi réduire la consommation d'énergie liée au fonctionnement des ventilateurs.

Avant de présenter deux initiatives visant à contrôler la consommation électrique des services non productifs, et principalement le refroidissement, il est important de rappeler que, aujourd'hui, OVHcloud gère plus de 400 000 serveurs répartis dans 34 centres de données dans le monde, dont plus de la moitié sur le continent européen. Cet ensemble de machines est mis à disposition de nos

clients, qui les consomment de différentes manières sous forme de services : hébergement de sites Internet ou de boîtes mails, machines virtuelles (hôte physique découpé en plusieurs instances virtuelles) publiques (basées sur la solution code source ouvert « Open Stack ») ou privées (basées sur une solution propriétaire de VMWare), ou encore serveurs dédiés. Aujourd'hui, le marché est de plus en plus demandeur de solutions que l'on considère comme managées : un service sera apporté, par exemple un environnement pour entraîner un modèle d'intelligence artificielle, sans que le consommateur n'ait à se soucier de l'orchestration de ses ressources.

Derrière cette activité, qui paraît très logicielle d'un point de vue extérieur, il y a une réalité industrielle forte. En effet, l'intégralité des serveurs est conçue par OVHcloud sur deux sites de production : un dans la métropole lilloise et l'autre au Canada. Ce sont des milliers de serveurs qui sont produits chaque mois par les équipes, pour ensuite être « rackés » au sein d'une baie de serveurs qui est envoyée, en fonction des plannings, vers un *data center* afin d'y être branchée, au réseau, en électricité, mais aussi sur le circuit de *water cooling*, pour être mise en production. En plus de cette construction de serveurs en fonction des composants électroniques que nous commandons à des partenaires, il faut préciser que les châssis des serveurs, les baies, les structures d'accueil de ces baies et, autre exemple, les *water blocks* sont fabriqués par OVHcloud, à partir de tôle découpée et pliée automatiquement pour les deux premiers.



Figure 1. La réalité industrielle derrière le métier de *cloud provider*

La diminution de la consommation électrique par le refroidissement liquide

Selon Johnson et Marker (2009⁽¹⁾), la répartition de la consommation d'électricité dans un centre de données est de :

- 44 % d'usage par l'équipement informatique du *data center* ;
- 40 % par le système de refroidissement ;
- 16 % par le reste (UPS – *uninterruptible power supply* –, distribution de la puissance électrique, éclairage du bâtiment...).

(1) JOHNSON P. & MARKER T. (2009), "Data centre energy efficiency product profile", report to the Equipment Energy Efficiency Committee (E3) of the Environment, Water, Heritage and the Arts (DEWHA).

À partir de ces premiers chiffres, il est intéressant d'introduire le PUE, ou *power usage effectiveness*, qui est le rapport entre l'énergie totale consommée par un centre de données sur l'énergie consommée uniquement par les serveurs. Le PUE idéal serait de 1,00. Chez OVHcloud, le PUE moyen est compris en 1,10 et 1,30, alors que la moyenne mondiale des plus grands *data centers* est de l'ordre de 1,67, selon une étude datant de 2019 menée par l'Institut UpTime⁽²⁾.

Pour la gestion d'un système de *water cooling*, en circuit fermé à l'échelle d'un centre de données, le défi technique était de trouver le bon équilibre entre température de l'eau, pression, diamètre des tuyaux du circuit et débit, le tout en fonction de la température de fonctionnement de la machine, mais aussi de la météo.

La première version de notre *water block* devait dissiper 30 W à partir d'une eau à 30°C. Au fil des années, le design des *water blocks* a évolué pour être adapté à des processeurs différents : par leur dimension, mais aussi parce que les composants dégagent plus de chaleur, comme les GPU (processeurs graphiques). Par exemple, c'est en 2013 que nous avons commencé à travailler la question du cheminement de l'eau, au sein du *water block*, pour optimiser le transfert de chaleur entre le composant et, finalement, l'eau circulant dans le *water block*. C'est à cette époque que les premiers serpentins sont apparus. À partir de 2015, nous nous sommes équipés des machines nécessaires pour accélérer notre prototypage, et notamment des imprimantes 3D qui nous ont permis de rapidement expérimenter, à partir de simulation numérique, de nouveaux dessins de *water blocks*. Également, les machines nous permettant d'usiner nos *blocks* de cuivre ont aidé l'accélération du prototypage : il était ainsi possible d'avoir l'idée d'un concept, d'en faire un croquis puis une simulation numérique, et d'avoir un prototype à expérimenter en à peine quelques jours. C'est en 2015 également que nous avons revu les performances de nos *water blocks* : toujours à une température d'eau à 30°C, il fallait dissiper 120 W. Dans la poursuite de cet objectif d'amélioration des performances, deux années plus tard, en 2017, nous avons réalisé un *water block* capable d'absorber 200 W d'énergie à une température d'eau toujours à 30°C. Pour 2021, nous avons comme objectif d'augmenter la performance de nos *water blocks* à 400 W, toujours avec une eau à 30°C. En outre, pour atteindre de nouveaux critères de qualité de service, la redondance a été introduite au niveau de la baie, afin de garantir un fonctionnement du refroidissement malgré la panne d'un des deux circuits.

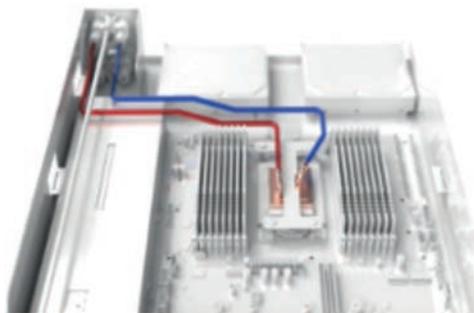


Figure 2. Illustration d'un *water block* posé sur le processeur d'un serveur conçu par OVHcloud

Ainsi, grâce à notre stratégie d'industrialisation du *water cooling* en *data center*, l'on peut estimer que, pour un centre de données consommant 1 MW au total par exemple, c'est environ 90 kW qui sont consommés par les équipements autres que les serveurs, pour un PUE à 1,10 contre 400 kW pour un centre de données avec un PUE à 1,67. Autrement dit, dans le premier cas, l'on peut octroyer 910 kW d'alimentation aux serveurs *versus* 600 kW, ce qui permet bien sûr d'augmenter le nombre mais aussi la densité de serveurs au sein d'un même bâtiment. Enfin, en théorie, pour refroidir 910 kW de serveurs

pour un *data center* avec un PUE à 1,67, il faudrait au total 1 520 kW, soit 52 % de puissance supplémentaire.

Pour approfondir les détails, plusieurs références vous sont proposées :

- articles de blog sur le *water cooling* chez OVHcloud :

(2) <https://uptimeinstitute.com/resources/asset/2019-data-center-industry-survey>

- <https://www.ovh.com/blog/water-cooling-from-innovation-to-disruption-part-i/>
- <https://www.ovh.com/blog/water-cooling-from-innovation-to-disruption-part-ii/>
- Zimmermann *et al.* (2012⁽³⁾), qui présentent les concepts de base du *water cooling* en *data center*.

La mesure de la consommation d'électricité

En tant que client d'un *cloud provider* (fournisseur de nuages en ligne), je peux être amené à louer des serveurs dédiés. Connaître la consommation d'un serveur, voire même d'une baie de serveurs, *via* mon interface client est devenu un besoin client. Côté *cloud provider*, le *monitoring* d'un serveur, d'un groupe de serveurs au sein de la baie ou de la baie de serveurs au sein du centre de données est aussi très intéressant, d'où la nécessité d'équipements dédiés à cette fonction.

À l'origine, le projet de PDU (*power distribution unit*) intelligent est parti du besoin de passer d'un appareil de distribution de puissance de 16 A en monophasé à un appareil de 32 A en triphasé, et de diminuer les risques de pannes électriques, plus particulièrement de les isoler au niveau du serveur. Ainsi, nous nous sommes fixé comme objectif de développer un équipement qui serait la combinaison de plusieurs équipements communiquant par CPL (courants porteurs en ligne). Les principaux besoins étaient de :

- diminuer l'effet d'une panne électrique sur une baie de serveurs ;
- mesurer la consommation électrique à différents niveaux (serveurs, baie, pièce et *data center*) ;
- déterminer si un nouveau serveur peut être installé dans une baie existante sur surconsommation électrique.

Ainsi a été développée une solution qui, au sein de chaque centre de données, s'implémente selon la même architecture (*cf.* Figure 3) :

- une armoire électrique qui distribue de l'électricité triphasée aux baies ;
- des baies de serveurs équipées chacune de PDU intelligents ;
- un coordinateur, au sein de l'armoire électrique, qui fait le pont entre les communications CPL et les communications IP.

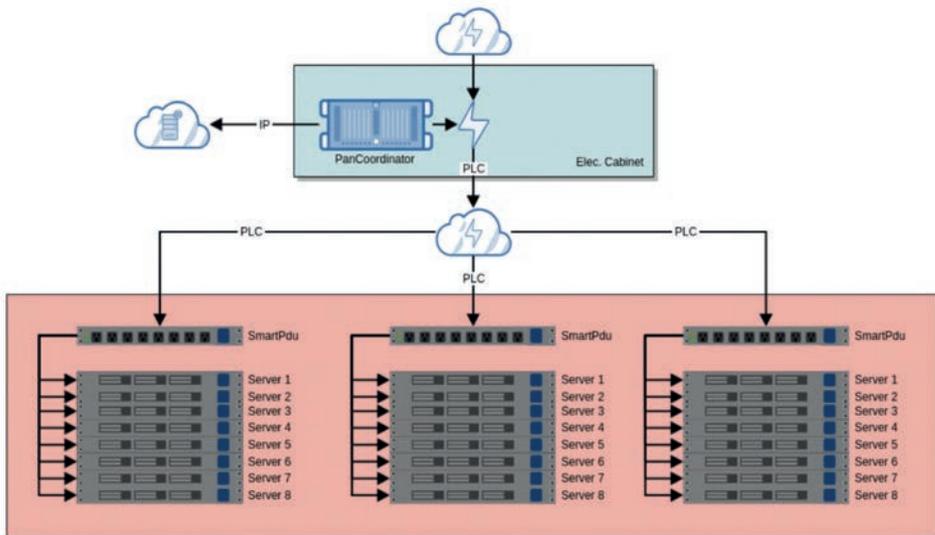


Figure 3. Vue d'ensemble du PDU intelligent et du coordinateur au sein d'un centre de données

(3) ZIMMERMANN S., MEIJER I., TIWARI M. K., PAREDES S., MICHEL B. & POULIKALOS D. (2012), "Aguasar: A hot water-cooled data center with direct energy reuse", *Energy*, p. 9.

Grâce à notre PDU intelligent, nous sommes donc en mesure de connaître, en temps réel, la consommation électrique au sein d'un *data center*, selon plusieurs échelles, comme le montre la Figure 4. Dès les résultats des mesures disponibles, nous avons envisagé des applications internes, mais aussi à destination des utilisateurs finaux. Pour notre usage interne, par exemple, il sera possible de caractériser des alimentations différentes à destination d'un même serveur. Nous pourrons aussi améliorer nos prévisions de croissance en fonction de ses mesures de consommation électrique. Au niveau de l'interface client, il sera aussi pertinent de faire remonter la consommation électrique de la machine. À partir de ces informations, nous pourrons, avec une vue globale, encourager une utilisation moins énergivore des infrastructures de *cloud computing*.

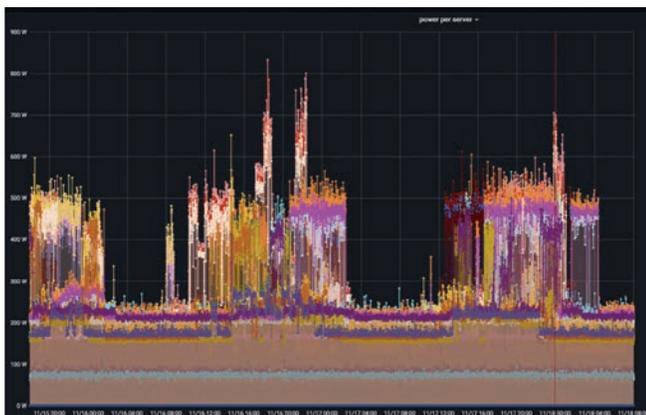


Figure 4. Graphique de la mesure par serveur, au sein d'une baie

Dans le prolongement de cet appareil, nous avons amorcé le travail sur un autre produit qui va permettre de réguler la puissance de refroidissement à partir de métriques et d'algorithmes prédictifs. Par exemple, l'on pourra imaginer jouer sur la vitesse des pompes de *water cooling* et des ventilateurs d'*air cooling* en fonction de la température actuelle, de la tendance sur son évolution, de la température extérieure et de l'utilisation des ressources que nous anticipons.

Prochain défi : la sobriété numérique et l'écoconception de services numériques

On l'a vu, les défis ont été, sont et restent nombreux. Cela dit, la marge de manœuvre au niveau du matériel s'amenuise avec le temps : l'optimisation de la consommation électrique sera de plus en plus difficile et coûteuse. En revanche, des efforts doivent être encore fournis à propos de la consommation électrique du logiciel qui est exécuté sur les infrastructures *cloud*. Aujourd'hui, estimer la consommation d'un logiciel, que ce soit celle de son développement, de son maintien ou même de son exécution, reste complexe. Par exemple, comment déterminer la consommation d'une machine virtuelle exécutée sur un hôte physique ?

Sur ce chantier, nous en sommes au début. La première étape est d'avoir la capacité de mesurer la consommation du logiciel. Ensuite, nous pourrons aborder d'autres questions : comment orchestrer les ressources pour diminuer la consommation énergétique sans dégrader la qualité de service ? Au sein d'un *data center*, mais aussi entre les *data centers*. Quelle est la meilleure stratégie de placement des données ? Un langage de programmation est-il plus écologique qu'un autre ? Comment faire prendre conscience de la consommation électrique d'infrastructures *cloud* en fonction de l'usage du client ? Toutes ces questions nous animent depuis plusieurs mois, et représentent des challenges que nous allons relever avec un institut de recherche spécialisé en informatique, et en particulier sur la question de la frugalité numérique, l'Inria.