

Exemplarité environnementale

Les calories issues du supercalculateur de l'IDRIS-CNRS chauffent un quartier du Campus urbain Paris-Saclay.

L'IDRIS (Institut du Développement et des Ressources en Informatique Scientifique), fondé en 1993 est le centre national du CNRS pour le calcul numérique intensif de très haute performance (HPC) et de l'intelligence artificielle (IA), au service des communautés scientifiques de la recherche publique ou privée, tributaires de l'informatique extrême. La direction en est assurée par M. Pierre-François LAVALLEE.

Ses locaux sont situés sur le campus Paris-Saclay, à la limite du quartier du Moulon. Le centre héberge à ce jour le supercalculateur le plus puissant de France. Nommé Jean Zay, il rend hommage au ministre de l'Education nationale et des beaux-arts (1936-1939) qui en 1939 a été à l'origine avec M. Jean Perrin, de la création du CNRS. Aujourd'hui, le supercalculateur Jean Zay dispose d'une puissance crête cumulée de **36,85 Pflop/s (millions de milliard d'opérations par seconde)**. Basé sur configuration HPE SGI 8600 il est composé d'une partition scalaire (CPU) avec 89796 cœurs (Intel Xeon et AMD Milan) et d'une partition accélérée (GPU) avec 3152 Nvidia Tesla (2712 V100 + 440 A100). Son « écosystème » est aussi composé de nœuds dédiés au pré/post-traitement, à la visualisation et d'espaces de stockage d'une capacité de 37 Po, dont 2.2 Po SSD à haute bande passante.

Jean Zay peut consommer jusqu'à **2500 kW**, occupe **300 m²** et pèse **70 tonnes**.



Le supercalculateur dispose d'un système de refroidissement direct par eau (DLC pour *Direct Liquid Cooling*) composé de réseaux hydrauliques qui pénètrent dans le calculateur pour venir capter par contact avec les éléments électroniques (CPU et GPU) la chaleur qu'ils produisent. Cette chaleur est ensuite échangée avec un réseau hydraulique à eau tiède, à l'aide de plusieurs CDU (*Cooling Drive Unit*) et transportée vers l'extérieur de la salle d'ordinateurs pour être échangée, soit avec le réseau de chaleur urbain de l'EPAPS, soit avec l'atmosphère en période estivale, au moyen de refroidisseurs adiabatiques.

La puissance dissipée par le réseau d'eau tiède est en moyenne de 1,1 MW thermique mais peut atteindre jusqu'à 1.6 MW. Son régime de température est de 30°C en entrée et de ~36°C en sortie, en fonction de la charge du supercalculateur.

Eiffage, notamment sa branche Energie Systèmes, spécialiste du refroidissement et de la distribution électrique dans les salles informatiques et datacenter a été retenue dans le cadre d'un appel d'offres public en juin 2018, en vue de la refonte complète de la distribution hydraulique des salles d'ordinateurs de l'IDRIS, nécessaire pour accueillir le supercalculateur de nouvelle génération : Jean Zay.

C'est le moment de revenir avec M. Rafael MEDEIROS, responsable adjoint systèmes/exploitation de l'IDRIS, en charge des infrastructures techniques du Centre, sur le retour d'expérience après 2 années de fonctionnement du supercalculateur et des installations techniques qui y sont associées.

Journée du Datacenter : M. Medeiros, quelles sont les évolutions des supercalculateurs que vous avez vu passer au sein de vos murs à l'IDRIS ?

Rafael MEDEIROS – Depuis sa création, en 1993, l'IDRIS a exploité plusieurs générations de supercalculateurs dont l'architecture a évolué, du vectoriel, au scalaire, massivement parallèle et maintenant hybride accéléré (CPU + GPU). Au fil des générations, leur puissance a augmenté de façon importante, ainsi le supercalculateur IBM Blue Gene P installé en 2008 avec 139 Tflop/s a été classé 10^e au TOP 500, la configuration suivante, installée en 2012, a multiplié sa puissance par 8,6, soit 1,2 Pflop/s et la dernière (Jean Zay) a multiplié par 30.7 celle du supercalculateur de 2012, pour atteindre 36.85 Pflop/s. Leurs besoins en alimentation électrique et par conséquent en refroidissement ont aussi beaucoup augmenté : le supercalculateur de 2008 consommait 300kW, celui de 2012 600kW et l'actuel jusqu'à 2500kW. L'augmentations de leur densité et de la consommation des processeurs qu'ils utilisent ont conduit les fabricants de supercalculateurs à les équiper des systèmes de refroidissement direct, plus performants et avec une meilleure efficacité énergétique. Le refroidissement liquide n'est pas nouveau, il était déjà utilisé par les supercalculateurs Cray, dans les années 1980 et le Cray2, en technologie ECL, était refroidi par immersion dans un bain de *Fluorinerte* (liquide diélectrique). Depuis les supercalculateurs utilisent des processeurs de technologie CMOS moins énergivores et ont pu, pendant de nombreuses années, être refroidis facilement par air. Cependant, avec l'augmentation importante du nombre de transistors dans un processeur, comme l'a prédit Gordon E. Moore un des fondateurs de Intel, dans la loi qui porte son nom et indiquant que le nombre de transistors dans un processeur doublerait tous les 2 ans, la consommation par processeur a beaucoup augmenté ces dernières années. Le premier processeur Intel, le 4004 produit en 1971, avait 2250 transistors et consommait 0,63W. Les A100 utilisés dans Jean Zay ont chacun 54,2 milliards de transistors et peuvent consommer chacun jusqu'à 400W.

Dans le cadre de l'IDRIS, le supercalculateur de 2012 était déjà équipé d'un système de refroidissement directe à eau froide. Celui de Jean Zay est à eau tiède et il a une capacité de 1,6 MW, ce qui correspond aux besoins de refroidissement du supercalculateur en exploitation.

Journée du Datacenter : Ce sont des puissances très importantes pour une seule configuration matérielle !

Rafael MEDEIROS – Vous avez raison, mais il faut toujours raisonner par rapport à la puissance de calcul générée. A l'IDRIS, nous avons comme retour d'expérience que l'énergie consommée pour une puissance de calcul donnée a diminué de plusieurs ordres de grandeur lors des dernières années. En 12 ans, la puissance de calcul des supercalculateurs hébergés à l'IDRIS a été multipliée par 265, alors

que leur consommation électrique n'a elle été multipliée que par 8 ! Pour ces infrastructures, la puissance de calcul augmente bien plus vite que leur besoin en énergie.



Journée du Datacenter : Et concernant le circuit d'eau à refroidissement direct ?

Rafael MEDEIROS – La température d'utilisation de ces circuits de refroidissement direct a tendance à augmenter. Là où des armoires de climatisation, qui sont toujours utilisées, sont alimentées par de l'eau glacée, les régimes de température de fonctionnement des circuits d'eau à refroidissement direct sont beaucoup élevés et permettent d'envisager du free-cooling sur une plage annuelle très importante. A l'IDRIS, ce circuit ne nécessite plus de groupes froids et pour échanger les calories avec l'atmosphère, Eiffage les a remplacés par des refroidisseurs adiabatiques qui permettent nonobstant une consommation d'eau assez réduite pour un refroidissement efficace, même par les jours les plus chauds de l'été. Ce circuit est en eau glycolé et peut donc aussi parfaitement fonctionner lorsque le climat nous réserve des journées avec des températures négatives, en hiver.

Journée du Datacenter : Pourquoi parlons-nous à l'IDRIS d'une exemplarité environnementale ?

Rafael MEDEIROS – Nos installations hydrauliques au service du refroidissement de nos salles informatiques ont toujours été vertueuses. Nous disposons notamment de groupes froids équipés de double condenseurs nous permettant, depuis 2011, de récupérer la chaleur de notre salle d'ordinateurs, que nous utilisons pour chauffer les bâtiments de l'IDRIS et un bâtiment d'un laboratoire CNRS situé à proximité.

Ce qui a réellement changé avec le supercalculateur Jean Zay, c'est le refroidissement direct avec des températures élevées, comme indiqué dans votre introduction. De ce fait, avec des refroidisseurs et l'utilisation d'un appoint d'eau en été pour la fonction adiabatique, on arrive à s'affranchir des groupes froids, qui sont des équipements particulièrement énergivores.

Et surtout, en accord avec la convention signée entre le CNRS et l'EPA Paris-Saclay (https://www.epaps.fr/wp-content/uploads/2021/02/2021-02-16_CP_Signature-convention-EPA_Paris-Saclay_CNRS-IDRIS.pdf) il est même prévu de by-passer nos refroidisseurs adiabatiques pour livrer la totalité de l'énergie du système de refroidissement par eau tiède de Jean Zay au réseau de chaleur et de froid du Campus urbain de Paris-Saclay. Ainsi l'énergie fatale issue de notre supercalculateur servira à alimenter d'autres usages en chaleur. Nous avons la chance de nous trouver ici à proximité du quartier du Moulon, faisant partie du Campus Paris-Saclay, en pleine évolution et dont les besoins de chauffage et production d'Eau Chaude Sanitaire ne cessent de croître. Notre

supercalculateur va participer à la production de ces énergies. Nous pouvons donc dire que nous sommes ici dans une démarche particulièrement vertueuse ! Globalement c'est 1,1 MW d'énergie, soit l'équivalent chauffage de 1000 logements neufs, qui sera utilisée au sein de l'EPA Paris-Saclay en substitution des énergies carbonées habituelles, notamment le gaz, auquel le gestionnaire du réseau doit faire appel. L'IDRIS participe donc en partie à la décarbonation de notre environnement immédiat sur le plateau de Saclay. Ce raccordement devrait être finalisé par l'EPA Paris-Saclay en 2022.

Journée du Datacenter : Et les installations techniques réalisées par Eiffage vous donnent elles satisfaction ?

Rafael MEDEIROS – Nous avons maintenant plusieurs années de retour d'expérience sur les modifications apportées par Eiffage à nos installations techniques. Le chantier a été difficile, notamment parce qu'il fallait garantir au Centre de calcul une continuité de service et pour cela, permettre aux anciennes configurations de supercalculateurs de continuer à fonctionner dans de bonnes conditions d'exploitation. Le déploiement des nouvelles infrastructures a donc été exécuté avec un minimum de coupures techniques et peu d'impact sur le fonctionnement du Centre. Ce chantier a été pris en charge par les équipes d'Eiffage, localisées à quelques centaines de mètres de l'IDRIS. Et à notre plus grande satisfaction.

Journée du Datacenter : Il ne nous reste donc qu'à vous remercier M. Medeiros ! Merci pour votre témoignage et de nous avoir fait découvrir votre institut dédié au calcul intensif au sein du CNRS.