

L'ESSENTIEL

- L'essor du *big data* repose sur deux piliers, le calcul à haute performance (HPC) et l'analyse de données à haute performance (HPDA).
- Ces deux aspects se rapprochent dans leurs contraintes techniques, théoriques et matérielles, notamment au travers de l'intelligence artificielle.
- Les progrès récents concernent le développement de nouveaux processeurs, d'algorithmes adaptés, de langages de programmation inédits...
- La physique quantique et les neurosciences sont aussi des sources d'inspiration pour l'innovation dans ces domaines.

L'AUTEUR



JEAN-LAURENT PHILIPPE est spécialiste du HPC, chez Intel.

L

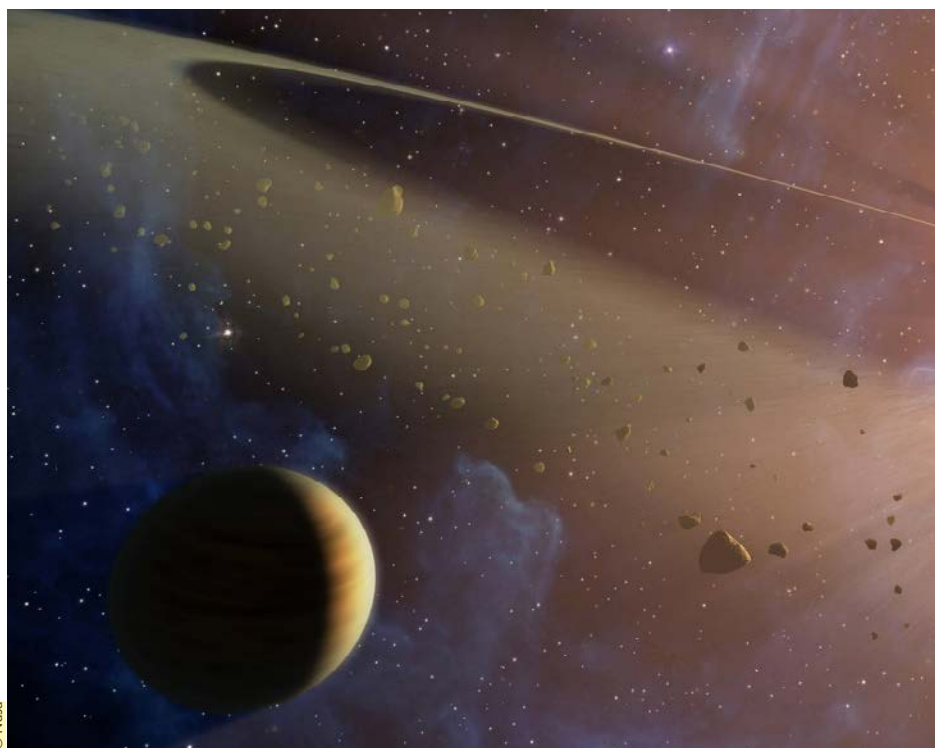
e 14 avril 2003, après bien des péripéties, notamment une course entre un consortium public et une entreprise privée, le séquençage complet de l'ADN du génome humain était annoncé. Un exploit faramineux qui avait coûté la modique somme de 100 millions de dollars et nécessité plusieurs années de travail intensif. Aujourd'hui, cet acte est pratiqué en routine, en une journée et pour seulement une centaine de dollars. L'idée de médecine personnalisée est désormais à notre portée.

On doit ces progrès fulgurants à la formidable augmentation des puissances de calcul, aux progrès dans la conception d'algorithmes et aux avancées dans les capacités de traitement des gros volumes de données. En 2018, un séquenceur de génome produira quotidiennement 3 à 4 téraoctets (To) de données par jour. Cela tient en deux sigles, HPC et HPDA, les deux piliers du *big data*.

Le premier, le calcul à haute performance (*High Performance Computing*), correspond à la science des supercalculateurs, c'est-à-dire des ordinateurs. Ainsi, les machines actuelles exécutent de nombreuses opérations en parallèle, de façon à diminuer le temps de calcul. Ceux installés en France dépassent la puissance de 1 pétaflops, soit 1 million de milliards d'opérations par seconde, ou 10^{15} flops (*floating point operations per second*, soit opérations avec des

décimales par seconde). Par comparaison, un Mac Pro récent de chez Apple atteint 7×10^{12} flops. Le second, le HPDA (*High Performance Data Analytics*, ou analyse de données à haute performance), concerne la science du traitement et de l'analyse des gros volumes de données, voire très gros volumes : les 150 millions de capteurs du LHC fournissent des zettaoctets (10^{21}) de données par an dans lesquels on doit extraire des informations pertinentes !

Ces chiffres donnent le vertige, mais ils ne doivent pas cacher que les besoins en ces deux domaines sont immenses. Par exemple, les capacités en HPC actuelles sont encore insuffisantes pour soulager les riverains des aéroports gênés par le bruit des avions au décollage. En effet, pour diminuer l'empreinte acoustique d'un avion dans sa totalité, les concepteurs doivent modéliser la



© Nasa

contribution des réacteurs, mais aussi celle des mouvements d'air turbulents autour de l'appareil. Or pour une simulation adaptée, il faudrait compter environ une semaine de calcul sur une machine de quelque 500 000 processeurs dédiés. Pure théorie, car le plus gros calculateur installé en France, la machine Pangea chez Total Exploration Production, n'a que 18 400 processeurs de ce type. Sur cette machine, la simulation d'un avion requerrait des mois voire des années de calcul. Impensable !

La future voiture autonome illustre quant à elle les besoins en traitement de gros volumes de données (HPDA). Toutes les 90 minutes, un tel véhicule générera environ 4 To de données par jour, venues des radars, sonars, GPS, lidars, caméras embarquées... En déplacement dans un environnement complexe, la voiture devra traiter les données en temps réel, et prendre des décisions immédiates afin d'éviter des accidents. Il lui faudra donc aussi une capacité de calcul importante à bord.

VERS LA CONVERGENCE

Ces exemples montrent que les attentes en capacités de calcul sont importantes, surtout dans une société où le *big data* sera un carburant central (voir l'entretien avec D. Cohen, page 8). Les efforts de recherche pour les améliorer sont à la hauteur des attentes, et l'on pourrait même assister à une convergence entre HPC et HPDA. Pour quelles raisons ?

Les gros centres de calcul, autrefois dédiés au HPC et équipés pour effectuer des opérations très nombreuses sur des données souvent peu

nombreuses, ont cependant des capacités de stockage très importantes. Or le HPDA est justement le traitement de gros volumes de données. De plus, outre l'infrastructure de stockage des données, les centres de calcul ont également celle nécessaire à leur traitement, même si parfois les capacités requises pour les gros volumes de données du HPDA sont légèrement différentes des capacités de traitement pour le HPC.

Plus précisément, un centre de calcul HPC dispose d'un espace de stockage rapide des données, de nombreux nœuds de calcul, d'un système d'interconnexion rapide entre ces nœuds ainsi qu'avec le système de stockage. Les nœuds sont par ailleurs équipés pour faire du calcul décimal très efficacement (pour la résolution d'équations mathématiques bien souvent).

Puisque les infrastructures pour le HPC sont en place, il est tentant de leur faire exécuter des programmes de traitement de type HPDA, puisque tous les ingrédients existent et permettent d'effectuer les traitements HPDA. Il suffirait de les adapter en augmentant l'espace de stockage des données et en améliorant l'efficacité des interconnexions entre les nœuds de calcul et avec le stockage. En fin de compte, la convergence HPC-HPDA permettrait de mieux utiliser les ressources matérielles existantes.

On observe également un rapprochement des communautés HPC et intelligence artificielle, notée IA, car elles exécutent les mêmes types d'applications intensives en données ou en calcul que le HPDA, que ce soit sur de très gros supercalculateurs, sur des petits groupes institutionnels de machines (des *clusters*), ou dans le nuage (on parle alors de *cloud computing*).

L'ENVOL DE L'IA

La révolution de l'IA, par laquelle les ordinateurs arrivent à créer des modèles prédictifs à partir de données (voir *La révolution de l'apprentissage profond*, par Y. Bengio, page 42), conduit à l'adoption rapide de cette technologie HPC qui a également rendu possibles de nombreux développements scientifiques, algorithmiques, logiciels et matériels.

Le fait que la communauté IA utilise l'infrastructure HPC est un élément important dans la convergence HPC-HPDA, car le matériel, très cher, est déjà en place et suffisant pour du traitement HPDA. Les *data scientists* n'ont donc pas à investir dans du matériel, tandis que les utilisateurs du HPC peuvent maximiser l'utilisation de leurs ressources en les mettant à la disposition d'autres applications.

On peut en conséquence s'attendre à un essor de l'IA : les machines nous aideront de plus en plus à prendre des décisions complexes. Pour ce faire, des jeux de données de plus grande taille et plus complexes doivent être utilisés lors de la phase d'apprentissage de l'IA. L'IA sera présente dans les voitures autonomes, >



À quoi ressemble l'atmosphère des exoplanètes ? RobERT vous répond. Il a appris à les sonder grâce au *deep learning*.