

Les sept merveilles du monde du HPC

—

Comment le calcul haute performance (HPC) contribue à faire progresser les plus belles idées, à exploiter leur potentiel illimité et à repousser les limites de l'innovation.

Le HPC refaçonne le monde de demain en stimulant dès maintenant d'incroyables découvertes

La technologie HPC de Dell Technologies et d'AMD n'est autre que le moteur de la plupart des avancées actuelles. Les travaux de recherche produisent des découvertes remarquables, considérablement accélérées par le HPC, afin d'aider à façonner un avenir meilleur.

Les découvertes révolutionnaires d'aujourd'hui sont la clé du progrès de demain. Progrès médical, développement durable, avancement de l'humanité : toutes ces ambitions impliquent d'être capable d'innover en continu dans l'ingénierie et la science.

Le progrès dans chacun de ces domaines ne peut que susciter l'enthousiasme de tous, et pas seulement des ingénieurs et des scientifiques.

C'est là qu'entrent en scène les données et la technologie, et notamment les supercalculateurs, une catégorie particulière du calcul haute performance (HPC). Le HPC offre des possibilités inimaginables et permet d'entrevoir de nouvelles innovations capables de créer un avenir meilleur pour tous.

Sommaire

- 1 Le HPC refaçonne le monde de demain *page 1*
- 2 La puissance des supercalculateurs HPC. *page 2*
- 3 Démêler les mystères de l'univers *page 3*
- 4 Découvrir des solutions thérapeutiques *page 4*
- 5 Modéliser le comportement des feux de forêt *page 5*
- 6 Comprendre comment notre cerveau stocke les informations *page 6*
- 7 Soutenir la recherche dans la science des matériaux *page 7*
- 8 Étudier la biologie computationnelle *page 8*
- 9 Résoudre le mystère des maladies cardiovasculaires *page 9*



La puissance des supercalculateurs HPC.

Qu'est-ce que le calcul haute performance ?

Le calcul haute performance (HPC) traite d'immenses quantités de données, en effectuant des calculs complexes à très haute vitesse sur plusieurs serveurs en parallèle. Un supercalculateur désigne une catégorie spéciale du HPC que l'on pourrait décrire comme l'équivalent de milliers de PC qui fonctionnent simultanément pour produire davantage de puissance de calcul et effectuer des tâches complexes en un temps record.

Par exemple, un ordinateur équipé d'un processeur de 4,2 GHz est capable d'effectuer 4,2 milliards de calculs par seconde. En comparaison, depuis que le cap de l'exaoctet a été franchi en 2022, un ordinateur HPC peut désormais exécuter au moins un quintillion de calculs par seconde (soit 1 000 000 000 000 000 000 calculs).

Solutions HPC

Les solutions HPC reposent sur trois composants interdépendants : le calcul, le réseau et le stockage. L'architecture HPC regroupe des clusters composés de centaines, voire de milliers de serveurs, appelés « nœuds », lesquels sont mis en réseau. Les nœuds fonctionnent en parallèle pour atteindre des vitesses de traitement incroyables, qui ne sont ni plus ni moins que la marque de fabrique du calcul haute performance.

Les solutions HPC de Dell peuvent être déployées sur site, en périphérie ou dans le Cloud. Pour résumer, les technologies HPC utilisent des composants de pointe (notamment des processeurs et des processeurs graphiques qui prennent en charge des fonctionnalités de traitement de nouvelle génération), ainsi que des composants de stockage et de gestion de réseau.

Applications du HPC et secteurs d'activité

Avec ses performances exceptionnelles, le HPC est utilisé pour résoudre les problèmes les plus complexes au monde, grâce à sa capacité à convertir plus rapidement les données brutes en informations exploitables avec l'aide d'AMD. Cette technologie est utilisée dans divers secteurs d'activité et de nombreuses applications, notamment la recherche, l'énergie, l'ingénierie, la santé, les services financiers, l'automobile et l'aérospatiale.

Pour mieux mettre tout cela en perspective, nous allons voir sept exemples concrets du HPC en action et étudier leur impact profond sur l'humanité.

Démêler les mystères de l'univers

Nous aider à comprendre d'où nous venons et où nous vivons.

Avec l'aide de simulations HPC, le télescope spatial James Webb (JWST) a récemment fait une découverte importante et inattendue sur la formation de la galaxie. Des travaux de recherche sont en cours pour vérifier la véracité de cette découverte. Le JWST a découvert six nouvelles galaxies, qui remontent à l'aube de la création de l'univers (soit 13,5 milliards d'années), toutes plus matures et massives que ce à quoi l'on pouvait s'attendre.

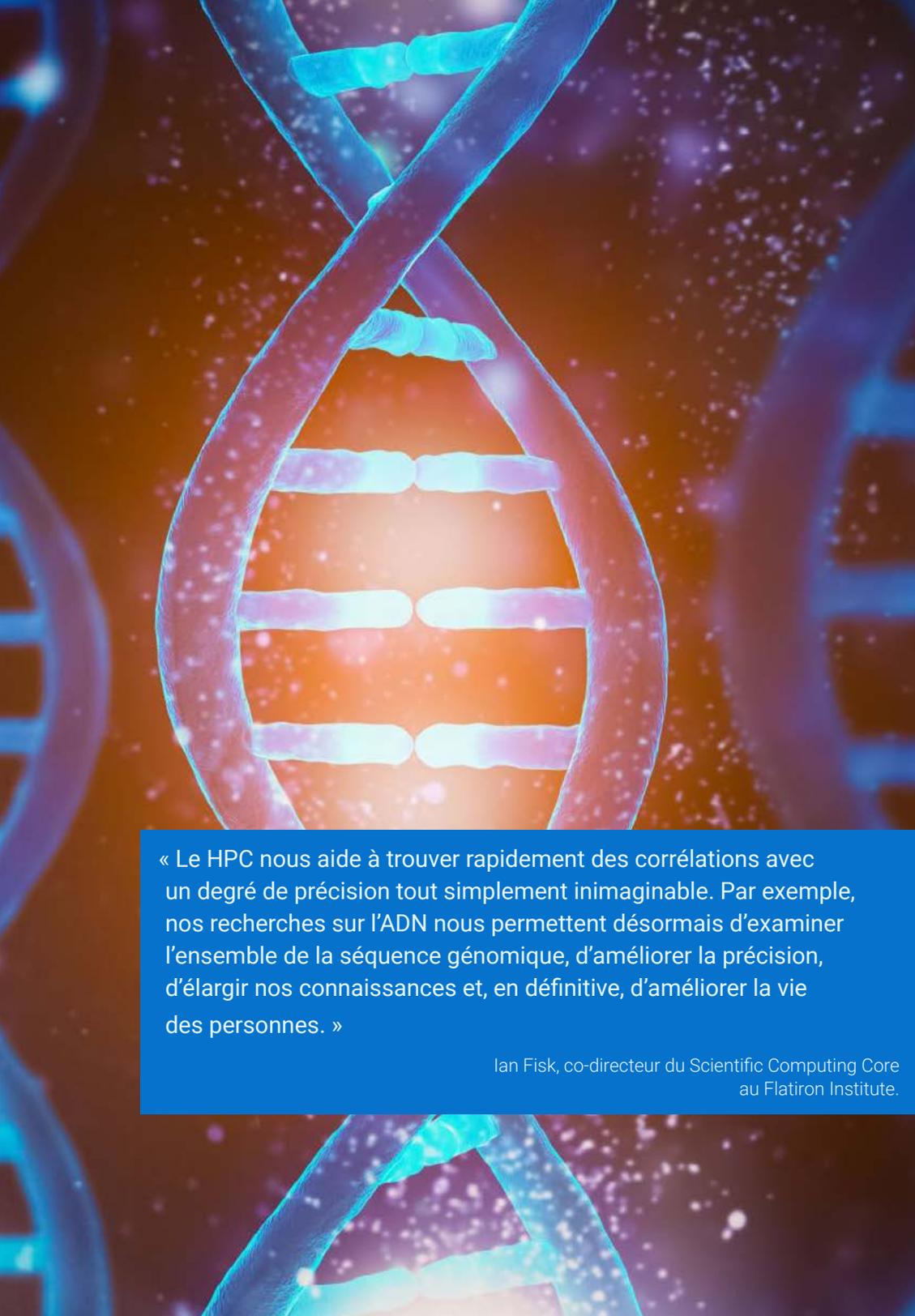
Cette découverte étonnante n'aurait pas existé sans le HPC. En effet, pour appréhender des questions aussi colossales que les origines de l'univers, il faut une énorme puissance de calcul.

L'Université de Durham, en collaboration avec Dell Technologies et AMD, a mis au point un système appelé COSMA (« COSmology MACHine ») dans le but de commencer à trouver des réponses à ces questions. Le système COSMA, qui fait partie du site DiRAC (Distributed Research utilizing Advanced Computing), est déployé dans cinq universités (Cambridge, Durham, Édimbourg, Leicester et UCL)¹. Il permet aux scientifiques de traiter d'énormes quantités de données et d'exécuter continuellement des simulations approfondies de grande envergure. Les indices révélés par le JWST peuvent ensuite servir de base à de grandes découvertes sur les origines et la naissance de l'univers.

« Le HPC nous permet d'exécuter des simulations sensiblement plus détaillées, que nous pouvons comparer bien mieux aux observations de nos télescopes », souligne Alastair Basden, responsable technique du système de calcul haute performance COSMA à l'Université de Durham. « Cela nous aidera à comprendre le sens de l'univers, la matière noire, l'énergie noire et les mystères de la formation de l'univers. Cette technologie va nous aider à comprendre l'essence-même du monde dans lequel nous vivons. »

¹ <https://www.itpro.co.uk/data-insights/big-data/369538/big-data-nasa-james-webb-space-telescope>





Découvrir des solutions thérapeutiques

avec une rapidité incroyable, pour transformer les soins aux patients et améliorer notre santé et notre bien-être.

La compréhension du corps humain est une quête sans relâche. De nombreux aspects de nos réseaux moléculaires complexes et dynamiques demeurent encore mystérieux. Mais le HPC change la donne en favorisant le développement d'approches génomiques et d'analytiques sophistiquées qui contribuent à clarifier l'incroyable complexité du corps humain. Il permet aux scientifiques d'accéder à de nouvelles connaissances qui aident à lutter contre les maladies et à améliorer les conditions de vie.

Le séquençage de l'ADN est au cœur de la recherche génomique. Pour être efficace, il utilise d'énormes volumes de données ADN désidentifiées provenant de milliers de familles du monde entier. L'objectif est d'analyser les données et de trouver des corrélations entre l'ADN et les maladies afin de mieux les prévenir et les traiter. L'analyse des données à une telle échelle et avec une si grande rapidité exige une puissance de calcul considérable (d'où l'utilisation du HPC). Par exemple, un séquençage de l'ADN qui prenait auparavant 10 ans peut désormais être effectué en 4 à 6 semaines grâce à la puissance du HPC.

En utilisant le HPC dans le cadre de ses travaux sur le séquençage de l'ADN, le [Flatiron Institute](#), une division interne de la Simons Foundation, a récemment découvert une étonnante corrélation. Les scientifiques qui étudient les cellules rénales de patients atteints de la COVID-19 et de patients atteints de néphropathie diabétique ont constaté que les deux types de patients présentaient un ensemble de processus moléculaires similaire². Cette conclusion laisse entendre que les patients diabétiques peuvent être particulièrement vulnérables à la COVID-19 et explique pourquoi la combinaison de ces deux maladies peut avoir de telles conséquences létales. En outre, l'étude a permis de démentir le mythe selon lequel les médicaments utilisés contre l'hypertension et le diabète n'augmenteraient pas le risque d'infection par la COVID-19.

Et ce n'est que le début. Le décodage du génome humain n'a fait qu'effleurer le domaine des possibles. Mais il est indéniable que le HPC, associé à la recherche génomique, rend possible ce qui était auparavant impensable. Cela sera sans aucun doute un avantage pour les générations futures.

« Le HPC nous aide à trouver rapidement des corrélations avec un degré de précision tout simplement inimaginable. Par exemple, nos recherches sur l'ADN nous permettent désormais d'examiner l'ensemble de la séquence génomique, d'améliorer la précision, d'élargir nos connaissances et, en définitive, d'améliorer la vie des personnes. »

Ian Fisk, co-directeur du Scientific Computing Core au Flatiron Institute.

² <https://www.simonsfoundation.org/2020/10/23/molecular-processes-in-kidney-cells-may-prime-diabetics-for-covid-19-infection/>

Modéliser le comportement des feux de forêt

Nous aider à comprendre comment limiter leur impact, améliorer la sécurité des personnes et mieux contribuer au développement durable.

Les feux de forêt s'aggravent. Aujourd'hui, ils ravagent presque deux fois plus de surface arborée qu'il y a 20 ans, selon une étude du World Resources Institute.³

Avec le réchauffement de la planète et le changement climatique, l'ampleur et la gravité des feux de forêt sont encore appelées à s'intensifier. D'après la boucle de rétroaction climatique, l'augmentation des feux de forêt ne fait qu'exacerber les conditions propices à d'autres feux de forêt.

Dans le but de mieux protéger les vies, les biens et les forêts, le [San Diego Supercomputer Center](#) de l'Université de Californie utilise un système HPC optimisé par Dell Technologies et AMD dans son centre Expanse pour modéliser les feux de forêt. La modélisation HPC s'efforce de comprendre de quelle manière les incendies se propagent afin d'aider à limiter leur impact grâce à des prévisions plus rapides que le temps réel.

Les feux de forêt sont des événements complexes, extrêmement dynamiques et imprévisibles ; de fait, la modélisation HPC est idéale pour décoder leur comportement. Les données atmosphériques relatives à la vitesse du vent, au sens du vent et à l'humidité (y compris la teneur en humidité du carburant) sont associées à d'autres données, telles que la topographie, les données par satellite et les données sur la modification du paysage, afin de modéliser le comportement des feux de forêt à l'aide des fonctionnalités de simulation et de modélisation étendues et sophistiquées du HPC⁴.

« Il s'agit d'un travail important, car pour assurer aux communautés du monde entier les meilleures perspectives d'avenir, il est essentiel d'atténuer les conséquences des feux de forêt. Le HPC est le meilleur moyen de prédire la propagation des feux de forêt avant qu'ils ne se produisent et d'évaluer la manière de circonscrire ces incendies le plus efficacement possible. C'est une puissante combinaison », commente Shawn Strande, directeur adjoint du San Diego Supercomputer Center à l'Université de Californie, San Diego.

La modélisation des feux de forêt est l'un des moyens offerts par le HPC pour nous aider à améliorer l'état de la planète.

³ <https://www.wri.org/insights/global-trends-forest-fires>

⁴ https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/file_attach/features/KosovicHPCUserForum2022-compressed.pdf





Comprendre comment notre cerveau stocke les informations

Nous aider à répondre à des questions fondamentales sur l'apprentissage, avec à la clé la possibilité d'améliorer l'intelligence artificielle.

Certains souvenirs sont inoubliables. Mais les scientifiques sont en train de revoir radicalement leur approche des processus qui permettent à notre cerveau de mémoriser ces souvenirs. On a longtemps pensé que les souvenirs étaient liés à des neurones spécifiques et à leurs synapses. Une croyance démentie par de récentes recherches menées au Center for Computational Neuroscience du Flatiron Institute, avec l'aide du HPC, au cours desquelles les scientifiques ont découvert un nouveau concept qu'ils ont baptisé la « dérive représentationnelle ».⁵

Lorsque vous conduisez votre véhicule dans votre quartier, les neurones de rappel spécifiques qui alimentent votre mémoire ne sont pas fixes, comme nous le pensions auparavant, mais suivent plutôt un flux constant. Un groupe de neurones peut vous guider dans votre parcours le lundi et un autre le mardi. Il s'agit d'une dérive représentationnelle, un concept lié à la relation en constante évolution entre les cellules, et non aux cellules spécifiques à proprement parler. Malgré ce phénomène dynamique, nos souvenirs et les comportements que nous avons acquis par l'apprentissage peuvent demeurer profondément enracinés. Les scientifiques y voient un paradoxe énigmatique.

Dell Technologies et AMD aident les scientifiques du Flatiron Institute à trouver des réponses possibles à un tel mécanisme en modélisant la dérive représentationnelle. Les premières conclusions donnent un aperçu de la manière dont fonctionnent les représentations fluctuantes. Pour faire simple, lorsqu'une synapse ne parvient pas à transmettre, nos représentations neuronales empruntent différentes voies, mais conservent des schémas similaires, ce qui permet à nos souvenirs de perdurer.

« Nos travaux sur la mémoire cérébrale incarnent la mission du Flatiron Institute, qui consiste à faire progresser la recherche scientifique à l'aide de méthodes de calcul, notamment l'analyse des données, la théorie, la modélisation et la simulation. Bien que notre nouveau modèle soit essentiel, nous avons encore un long chemin à parcourir avant de bien comprendre comment fonctionne le cerveau », explique Ian Fisk, co-directeur du Scientific Computing Core au Flatiron Institute. « Heureusement, le HPC fait avancer nos recherches à une rapidité incroyable. »

Le cerveau est à la fois une merveille et un mystère. Les modèles HPC sont des enseignants rapides et puissants qui nous aident à parfaire nos connaissances sur le cerveau, les souvenirs et les mécanismes de l'apprentissage.

⁵ <https://www.simonsfoundation.org/2023/03/09/computational-model-uncovers-new-insights-into-how-our-brains-store-information/>

Soutenir la recherche dans la science des matériaux

Nous aider à améliorer notre posture énergétique de manière rapide, fiable et responsable, à l'heure où nous nous efforçons collectivement d'offrir à l'humanité un monde meilleur.

Les supraconducteurs à température ambiante, lorsqu'ils atteindront la phase finale de leur développement, changeront la donne pour la société. Ils sont devenus le Saint-Graal de la physique. Depuis des dizaines d'années, les scientifiques recherchent des moyens de créer des supraconducteurs à température ambiante ; un grand nombre d'entre eux consacrent leur vie entière à tenter de relever ce défi. Lorsque son mystère sera résolu, la supraconductivité changera radicalement le monde, en particulier dans le domaine des réseaux électriques et du transport (avec les véhicules électriques et les trains à sustentation magnétique), sans oublier, comble de l'ironie, dans le domaine des supercalculateurs lui-même.

Aujourd'hui, les conducteurs qui transportent l'électricité sont inefficaces : 6 à 10 % de l'énergie générée par le réseau électrique sont dissipés dans le processus.⁶⁷ Cette perte coûte aux consommateurs des milliards de dollars chaque année en gaspillage de production d'énergie et renforce notre dépendance aux carburants fossiles. Les supraconducteurs, en revanche, produisent une électricité fluide, sans perte ni chaleur excessive. Historiquement, toutefois, la supraconduction n'était possible qu'à des températures extrêmement froides, de l'ordre de -267 °C. Les récentes découvertes promettent des matériaux révolutionnaires capables de fournir des capacités de supraconduction à 15 °C, c'est-à-dire à température ambiante.

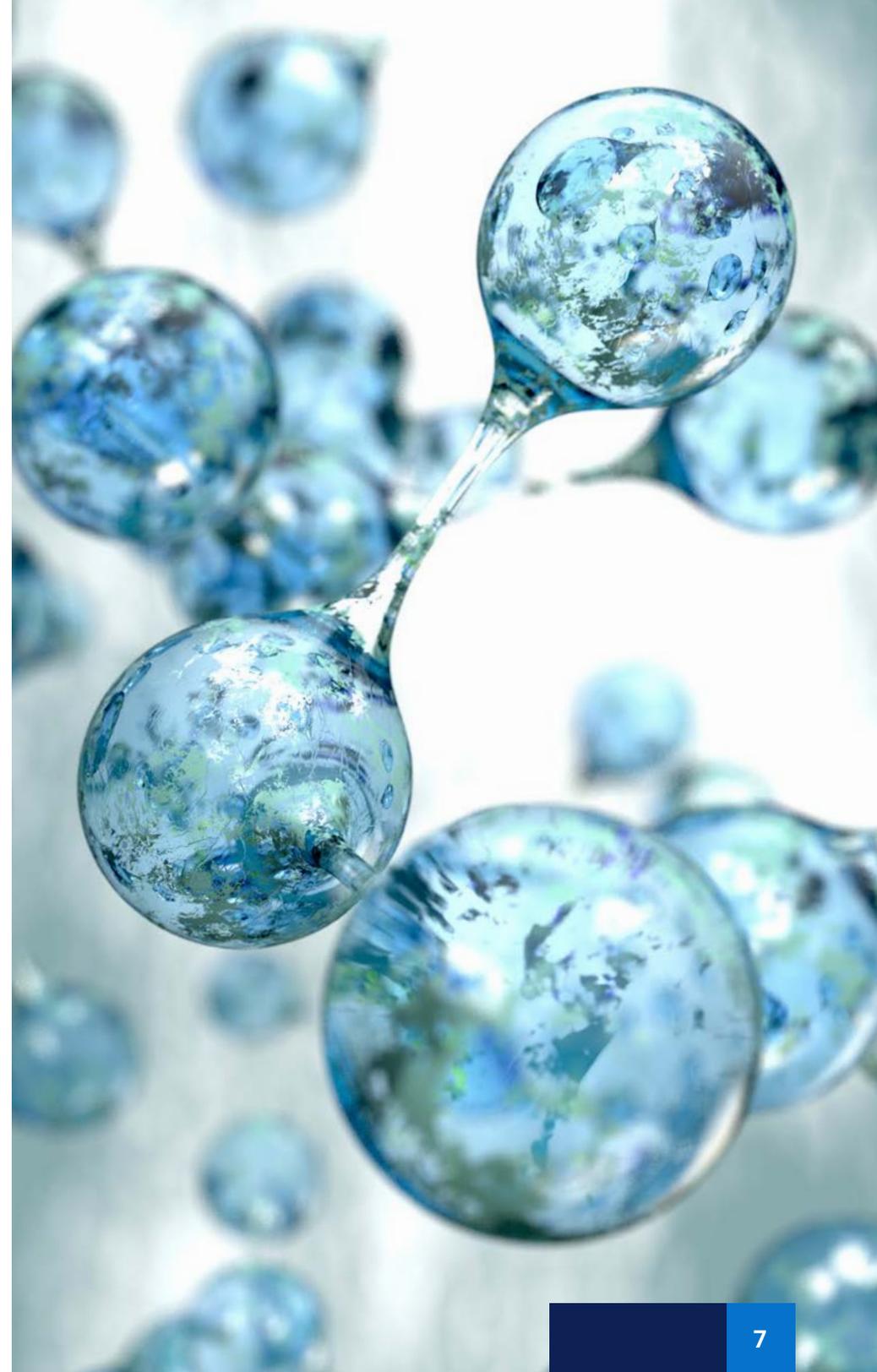
Au Flatiron Institute, Dell Technologies et AMD accélèrent la recherche en science des matériaux pour libérer l'incroyable potentiel de la supraconduction. Leur technologie permet de gagner de longues années de recherche grâce à des simulations qui élargissent rapidement le nombre de matériaux potentiels à examiner, en écartant immédiatement les options non viables et en identifiant celles qui présentent un potentiel élevé.

« Notre travail dans le domaine de la science des matériaux est important, surtout quand on sait qu'il fallait autrefois toute une carrière pour étudier 10 000 matériaux ou composés possibles. Aujourd'hui, l'étendue et la productivité de la recherche optimisée par le HPC permettent d'analyser 10 000 matériaux en quelques mois, avec des niveaux élevés de précision, de l'ordre de quelques points de pourcentage », explique Ian Fisk, co-directeur du Scientific Computing Core au Flatiron Institute.

Ces avancées devraient nous permettre de révolutionner l'énergie et de mettre plus rapidement un terme à l'utilisation de combustibles fossiles, de manière à créer un avenir meilleur bien plus tôt que nous ne l'aurions imaginé.

6 <https://www.vice.com/en/article/y3gdgw/ok-what-is-room-temperature-superconducting-and-will-it-change-everything>

7 <https://theconversation.com/a-tenth-of-all-electricity-is-lost-in-the-grid-superconducting-cables-can-help-199001>





Étudier la biologie computationnelle

Nous orienter dans la recherche de solutions thérapeutiques.

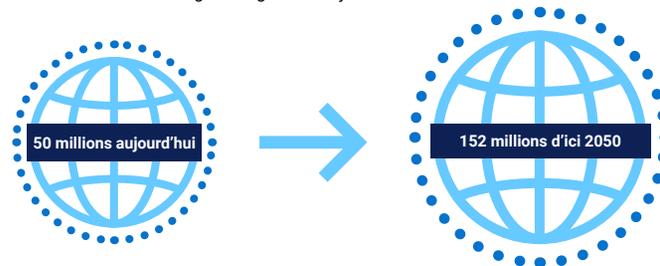
Avec 50 millions de personnes atteintes dans le monde selon les estimations, la maladie d'Alzheimer tend à se généraliser. Il est primordial de découvrir un moyen révolutionnaire d'endiguer cette pathologie, sans quoi elle pourrait affecter plus de 152 millions de personnes d'ici 2050.

Pour tenter de trouver un traitement, des travaux de recherche sont actuellement menés à l'aide du cluster Expanse du San Diego Supercomputer Center (SDSC).^{*} À l'aide de la biologie computationnelle et du système Expanse du SDSC, les chercheurs de l'Université du Kansas chargés d'étudier la maladie d'Alzheimer, une pathologie héréditaire, ont fait une découverte importante. Des simulations HPC de pointe ont fourni des informations élémentaires inédites sur le complexe γ -sécrétase, une enzyme protéique qui joue un rôle important dans la maladie héréditaire d'Alzheimer. Pour trouver des moyens de mieux contrôler la pensée, le langage et la mémoire, il est essentiel de comprendre les interactions et les mutations du complexe γ -sécrétase.

« S'attaquer à la maladie d'Alzheimer est une noble cause, et nous devons les progrès réalisés à notre supercalculateur HPC Expanse. Les premières conclusions annoncent une avancée très prometteuse dans la recherche d'un traitement pour l'ensemble de la population, et nos scientifiques s'emploient avec ardeur à faire des découvertes qui aideront à progresser dans ce domaine », précise Shawn Strande, directeur général du SDSC à l'Université de Californie, San Diego.

Alors que la population mondiale vieillit, les recherches optimisées par le HPC visant à trouver des traitements plus efficaces contre la maladie d'Alzheimer changeront considérablement la vie des personnes, des familles et de nos communautés.

^{*} Ces travaux de recherche ont été rendus possibles par le HPC et les organisations commanditaires. Ils ont été financés par la National Science Foundation et les National Institutes of Health. Les temps de traitement par supercalculateur sur Expanse ont été financés par l'Extreme Science and Engineering Discovery Environment de la NSF.



50 millions de personnes sont actuellement atteintes de la maladie d'Alzheimer

La maladie pourrait toucher 152 millions de personnes d'ici 2050

Résoudre le mystère des maladies cardiovasculaires

Nous aider à vivre en meilleure santé et plus longtemps grâce à des soins préventifs.

Environ 56 millions de personnes meurent chaque année.⁸ Les maladies cardiovasculaires représentent la principale cause de décès ; elles sont à l'origine de plus de 33 % des décès recensés dans le monde entier.

Quant à l'athérosclérose, elle est la principale cause des maladies cardiovasculaires chez l'homme. Le développement de l'athérosclérose est principalement lié à la formation de cellules mousseuses,⁹ elles-mêmes dues à la présence de gouttelettes lipidiques. Ces gouttelettes lipidiques sont là pour gérer les réserves de lipides, l'équilibre lipidique et les associations de protéines potentielles.¹⁰ Il est intéressant de noter qu'un déséquilibre lipidique est le résultat de diverses maladies, qui dépassent le simple cadre des maladies cardiovasculaires, telles que l'obésité, la stéatose hépatique, le diabète de type 2, la maladie d'Alzheimer et le cancer. Pour soutenir une transformation dans ce domaine, il est donc extrêmement important d'acquérir des informations sur les gouttelettes lipidiques.

Les chercheurs de l'Université de l'Utah¹¹ ont ainsi entrepris d'étudier l'athérosclérose en explorant la formation de cellules mousseuses et les gouttelettes lipidiques. Ils utilisent le système de calcul AMD EPYC sur le cluster Expanse du San Diego Supercomputer Center pour modéliser l'effet des stéroïdes et des ARN non messagers sur les changements de phase des gouttelettes lipidiques et sur la formation de cellules mousseuses. Les avancées réalisées dans ce domaine scientifique pourraient aider des millions de personnes du monde entier à atténuer l'impact de ces maladies souvent fatales.

« Nos chercheurs progressent très rapidement dans leurs recherches grâce aux possibilités offertes par le HPC au SDSC, l'un des pionniers du calcul haute performance et du calcul intensif. Contribuer à la lutte contre des épidémies mondiales comme l'athérosclérose est un excellent exemple qui démontre l'incroyable potentiel du HPC », explique Shawn Strande, directeur adjoint du SDSC à l'Université de Californie, San Diego.

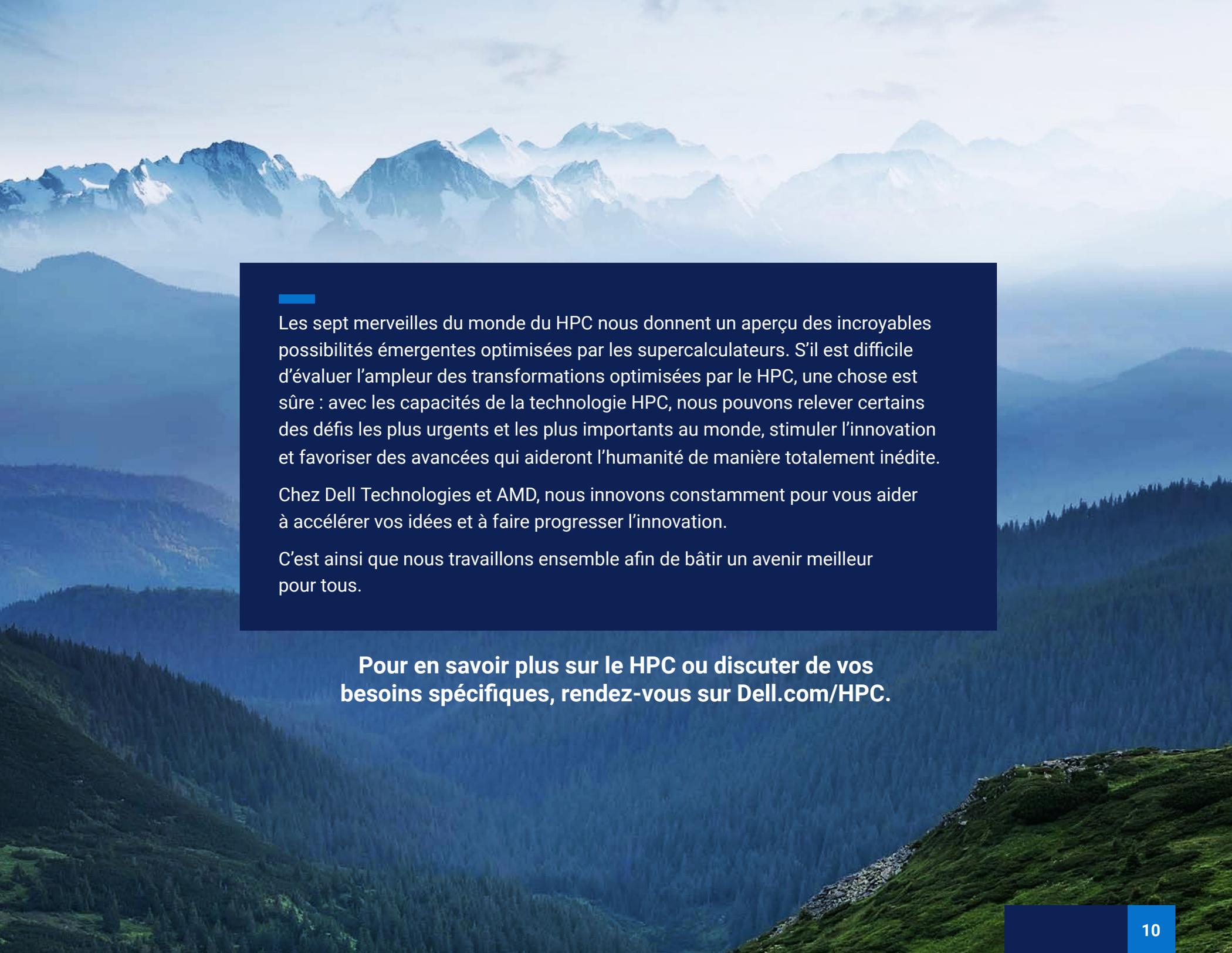
8 <https://ourworldindata.org/causes-of-death>

9 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7961492/>

10 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6770496/>

11 <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.06.05.494869v1>





Les sept merveilles du monde du HPC nous donnent un aperçu des incroyables possibilités émergentes optimisées par les supercalculateurs. S'il est difficile d'évaluer l'ampleur des transformations optimisées par le HPC, une chose est sûre : avec les capacités de la technologie HPC, nous pouvons relever certains des défis les plus urgents et les plus importants au monde, stimuler l'innovation et favoriser des avancées qui aideront l'humanité de manière totalement inédite.

Chez Dell Technologies et AMD, nous innovons constamment pour vous aider à accélérer vos idées et à faire progresser l'innovation.

C'est ainsi que nous travaillons ensemble afin de bâtir un avenir meilleur pour tous.

Pour en savoir plus sur le HPC ou discuter de vos besoins spécifiques, rendez-vous sur Dell.com/HPC.