



Refroidissement liquide : comment une expertise de pointe permet une infrastructure informatique écoénergétique pour l'IA et plus encore

AUTEURS

Steven Dickens

Chief Technology Advisor | The Futurum Group

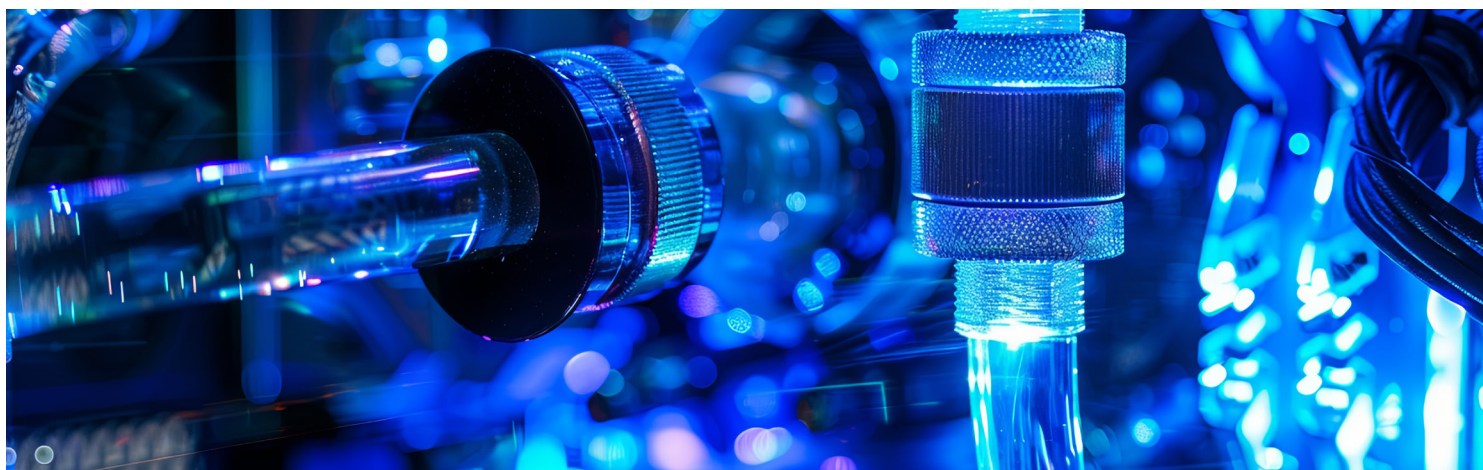
Ron Westfall

Directeur de la recherche | The Futurum Group

AOÛT 2024

EN PARTENARIAT AVEC





Synthèse

L'intelligence artificielle (IA) et, notamment, les applications d'IA générative, prennent le monde d'assaut. Dans de nombreux secteurs tous différents les uns des autres, l'IA permet des percées dans tous les domaines : du commerce de détail à l'industrie, en passant par les services financiers et la santé, ou encore la recherche fondamentale et la cybersécurité.

Ces avancées sont rendues possibles par des technologies informatiques qui dépassaient notre imagination il y a tout juste quelques années. Toutefois, la progression de cette technologie a entraîné une augmentation de la consommation énergétique de pratiquement tous les composants d'un serveur (CPU, mémoire, accélérateurs, réseaux, etc.) : 200 % en moyenne au cours de la dernière décennie. Ces systèmes consommateurs en énergie nécessaires aux charges de travail d'IA remplissent les centres de données du monde entier et sont un facteur majeur de l'augmentation de la consommation électrique globale observée dans les centres de données. Rien qu'aux États-Unis, les besoins en énergie causés principalement par les centres de données d'IA [vont augmenter de 5,1 % pour atteindre 9,1 % des besoins totaux d'énergie du pays](#) d'ici à 2030. Aujourd'hui, la consommation énergétique des centres de données aux États-Unis est de [seulement 4 %, selon l'Electric Power Research Institute](#).

L'effet Joule stipule que lorsqu'un courant électrique traverse un conducteur avec une résistance, cette énergie est transformée en chaleur. Autrement dit, plus nous consommons d'énergie, plus nous générons de chaleur. La chaleur générée par la consommation accrue d'énergie de l'IA et de l'informatique haute performance est devenue un problème pour de nombreuses organisations. Une augmentation importante de la puissance a des conséquences. Les composants les plus puissants, comme les CPU, les GPU, la mémoire, etc. génèrent plus de chaleur localisée, et la chaleur est l'ennemie du silicium. Une chaleur non dissipée limite les performances des CPU et des GPU et peut endommager le silicium lui-même et/ou causer de graves problèmes comme une surchauffe et un incendie.

Dans ce contexte, non seulement les fournisseurs de silicium travaillent à améliorer l'efficacité des composants individuels, mais le refroidissement liquide est en train de devenir une priorité pour les concepteurs de silicium et de systèmes en raison de la capacité des liquides à absorber la chaleur plus rapidement et en plus grande quantité que les méthodes traditionnelles de refroidissement par air. Le refroidissement liquide peut également aider à répondre à la demande croissante d'amélioration de l'efficacité énergétique des centres de données pour l'expansion des environnements de charge de travail d'IA, en raison de conséquences comme la suppression de la consommation électrique associée à la climatisation, au refroidissement de l'eau et à l'alimentation des ventilateurs pour déplacer l'air. Il s'agit de gérer et d'optimiser la consommation énergétique en utilisant des technologies de refroidissement liquide avec des températures d'entrée plus élevées (pas besoin de refroidir l'eau), tout en veillant à ce que les performances du système ne soient pas compromises et que la densité de cœur par centre de données ne soit pas affectée.

Le passage au refroidissement liquide peut également aider une entreprise à atteindre ses objectifs environnementaux, sociaux et de gouvernance en matière d'émissions carbone et de pratiques durables. Si une entreprise ou un fournisseur de centres de données ne se modernise pas et opte à la place pour rester sur un refroidissement à air, l'explosion énergétique causée par l'IA sera exacerbée par le besoin d'un volume d'air plus froid et plus rapide. Il faudra plus de puissance pour

manipuler l'air par rapport à la consommation du matériel informatique, ce qui empêchera indirectement une entreprise de réduire son empreinte carbone. En somme, l'impact environnemental des infrastructures dédiée à l'IA, notamment en raison de la forte demande énergétique, entraîne des difficultés pour les entreprises qui doivent trouver un équilibre entre progrès technologiques et développement durable. Le refroidissement liquide peut aider à résoudre ces problèmes.

Nous allons voir pourquoi les solutions de refroidissement liquide Lenovo Neptune® de 6e génération sont supérieures pour optimiser les charges de travail d'IA sans compromettre les objectifs en matière de développement durable de l'organisation. Ce rapport porte sur les investissements importants et de longue date de Lenovo en ingénierie et en innovation en matière de refroidissement liquide. Nous examinons en quoi l'ingénierie du système et de la solution de refroidissement liquide Lenovo Neptune® affiche une qualité et des mesures supérieures par rapport aux normes de l'industrie.

L'histoire de Lenovo en matière d'innovation dans le refroidissement liquide pour les systèmes x86 ne date pas d'hier : elle a commencé chez IBM, avant l'acquisition de System X en 2014. Les 12 années qu'a passées Lenovo à fournir un refroidissement liquide sur les systèmes x86 (avec ou sans GPU) se retrouvent dans l'approche de l'entreprise : de son souci du détail en matière de design, de fabrication et de livraison à la qualité et aux processus d'assistance.

Les différences en ingénierie de l'entreprise lui offrent un avantage concurrentiel sous la forme d'une meilleure qualité et d'avancées en matière de captage de chaleur. La grande expérience de Lenovo et sa compréhension des matériaux conducteurs et des comportements des fluides sur le terrain ainsi que son approche unique en matière de développement de solutions de refroidissement liquide donnent lieu à une qualité de système révolutionnaire et à un avantage concurrentiel pour ce qui est de fournir une informatique écoénergétique.



Section 1 : un paysage de refroidissement liquide en évolution

Il n'est pas exagéré de dire que l'IA révolutionne une grande variété de secteurs. L'IA aide les détaillants à améliorer l'expérience client, à réduire les pertes de stocks et à augmenter leurs bénéfices. Elle aide les chercheurs à développer de nouveaux produits pharmaceutiques, à explorer les origines de l'univers et à atténuer le changement climatique. L'IA aide les fabricants à améliorer la qualité des processus et permet une maintenance prédictive. Elle entraîne une réduction des frais généraux pour les professionnels de la santé, améliore les diagnostics et les laisse passer plus de temps avec leurs patients. Et dans le domaine des services financiers, l'IA améliore la détection de la fraude et permet des décisions d'investissement plus rapides et plus précises.

Ces avancées sont rendues possibles par des technologies informatiques qui dépassaient notre imagination il y a tout juste quelques années. Toutefois, la progression de cette technologie a entraîné une augmentation de la consommation énergétique de pratiquement tous les composants d'un serveur (CPU, mémoire, accélérateurs, réseaux, etc.) : environ 200 % au cours de la dernière décennie. La puissance de calcul a augmenté jusqu'à 500 W pour les CPU et jusqu'à plus de 1 000 W pour les GPU, et les autres composants du serveur ne sont pas en reste. Les besoins électriques totaux d'un seul rack sont passés d'environ 15 kW à plus de 100 kW.

Pour de nombreux clients, faire face à la chaleur produite par tous ces composants est devenu problématique. De toute évidence, des méthodes de refroidissement alternatives sont nécessaires pour permettre aux clients d'équilibrer leur désir de nouvelles applications d'IA et de meilleures performances informatiques avec les réalités économiques et environnementales du refroidissement des serveurs, des racks et des centres de données. Le refroidissement liquide est devenu un élément clé pour la nouvelle génération d'applications d'IA et d'IA générative.

Examinons de plus près les moteurs de refroidissement liquide. Non seulement les composants de serveur individuels dont nous avons parlé sont de plus en plus gourmands en énergie, mais les charges de travail d'IA et d'informatique haute performance modifient les besoins en énergie au niveau des centres de données. L'entraînement de l'IA est un processus synchrone : tous les éléments du cluster travaillent ensemble sur un seul et même service, avec une intensité immense. Un cluster d'entraînement d'IA peut être énorme : il peut nécessiter 5 000 serveurs au minimum, chacun équipé de plusieurs CPU et GPU. Et étant donné qu'un unique serveur nécessite environ 10 kW d'énergie, il est facile de comprendre le problème à grande échelle. Les charges de travail d'IA peuvent consommer jusqu'à trois fois plus d'électricité que les charges de travail Cloud classiques, ce qui entraîne une augmentation proportionnelle de la chaleur.

Nous avons vu en quoi une augmentation de la puissance d'un appareil influence le centre de données dans son ensemble. Voyons maintenant les autres relations qui existent pour ces systèmes de nouvelle génération conçus pour prendre en charge ces charges de travail informatiques avancées.

L'informatique de nouvelle génération présente des défis de haut niveau dans trois domaines clés : thermique, mécanique et électrique :

- **Thermique** : composants globalement plus chauds (par exemple, régulateurs de tension, CPU, GPU, mémoire, réseaux, etc.), besoin de seuils de température du silicium inférieurs d'une génération sur l'autre, défis géographiques (centres de données dans des zones chaudes et arides).
- **Mécanique** : augmentation drastique de la taille des sockets pour accueillir un nombre croissant de transistors, augmentation des quantités de DIMM (dual in-line memory module) par CPU ou GPU et du nombre de régulateurs de tension, augmentation de la taille des cartes réseau, des couches de cartes et de la hauteur de silicium.
- **Électrique** : demande élevée pour des CPU de 600 W ou plus, pour des GPU de 1 200 W ou plus et tendance vers une alimentation de 48 V. Un unique système d'IA peut aller au-delà de 10 kW.

Ensuite, examinons un peu plus en détails la différence entre le refroidissement liquide et le refroidissement par air et pourquoi cet aspect est important pour l'IA. Les liquides ont une capacité thermique supérieure à celle de l'air. La capacité thermique peut être vue comme la quantité de chaleur qu'un matériau peut absorber avant que sa température ne change. La capacité thermique d'un liquide est beaucoup plus importante que celle de l'air, ce qui signifie simplement qu'un liquide peut absorber beaucoup plus de chaleur avant que sa température n'augmente, garantissant ainsi un processus de rejet de chaleur nettement plus efficace.

La taille du centre de donnée joue aussi un rôle au niveau du refroidissement. Le refroidissement par air implique que les performances de dissipation thermique sont liées à la surface globale. Plus la surface est grande, meilleures sont les performances de dissipation thermique. Il est possible d'augmenter la surface de dissipation en l'étendant horizontalement, verticalement ou les deux. En fin de compte, cette augmentation de la surface entraîne des systèmes plus volumineux en hauteur, ce qui diminue la puissance informatique maximale du centre de données. Autrement dit, moins de puissance pour plus de consommation !

En contrepartie, le refroidissement liquide permet de conserver plus de puissance de calcul dans un serveur de taille normale du fait de son efficacité à absorber la chaleur. L'effet de la surface sur les performances est donc nettement réduit, ce qui permet une informatique plus dense dans un environnement informatique traditionnel. Les serveurs refroidis par liquide nécessitent moins d'espace, génèrent moins de bruit (puissance du ventilateur réduite puisqu'un débit d'air élevé n'est plus nécessaire) et permettent un environnement de centre de données globalement plus frais.

Tous ces facteurs ont entraîné récemment d'importants investissements dans le domaine du refroidissement liquide des centres de données. En général, toutes les solutions de refroidissement liquide sont perçues comme identiques, avec peu de différences entre les fournisseurs. Cependant, nos recherches ont montré que ce n'était pas du tout le cas. Les 12 années d'expérience de Lenovo dans le développement de technologies de refroidissement liquide ont permis à l'entreprise de créer des solutions qui dépassent largement les attentes. Des solutions nettement supérieures à celles de la concurrence en termes de design, de fabrication, de livraison et de services.



Section 2 : pourquoi Lenovo Neptune® est la solution de choix pour les charges de travail d'IA : une technologie de refroidissement liquide supérieure

Nous allons voir en quoi la solution de refroidissement liquide Neptune® de 6e génération de Lenovo est une alternative robuste disponible aujourd'hui pour répondre aux différentes exigences des charges de travail d'IA. La solution Lenovo offre une qualité nettement supérieure et est bien plus efficace que le refroidissement par air dans des domaines clés tels que la dissipation de chaleur, tout en garantissant des performances optimales et une efficacité énergétique nettement améliorée. Fondamentalement, la solution Lenovo Neptune® propose une approche holistique du refroidissement que nous identifions comme leader du marché dans le domaine des centres de données.

Tout d'abord, le portefeuille de technologies Lenovo Neptune® se démarque. Lenovo Neptune® s'appuie sur plus d'une décennie d'expertise en matière de refroidissement liquide, avec plus de 40 brevets. La technologie joue un rôle essentiel dans les implémentations de superordinateurs et de clusters d'IA à grande échelle, et permet aux organisations de déployer des IA hautes performances de n'importe quelle taille. Lenovo a été la première entreprise à proposer un superordinateur pétaflopique refroidi par liquide à température d'entrée élevée au Leibniz Supercomputing Centre en juin 2012. Un superordinateur qui s'est classé quatrième sur la liste Top500 Supercomputers (www.top500.org) qui mesure les 500 systèmes les plus rapides au monde.

Cette longue expérience dans le domaine du refroidissement liquide a permis à Lenovo d'affiner sa technologie et ses techniques de fabrication. Parmi les caractéristiques technologiques supérieures de Lenovo que nous avons observées, citons :

- **Tuyaux (internes et externes)** : Lenovo utilise des tuyaux de haute qualité en éthylène-propylène-diène monomère (EPDM). Ce matériau est réputé pour sa résistance PSI élevée et sa faible dureté, soit une plus grande flexibilité que les tubes en plastique utilisés par d'autres sur le marché. Ces tuyaux sont également traités en interne avec du peroxyde pour empêcher leur corrosion et leur dégradation.
- **Boucle de refroidissement principale** : les principales boucles internes et plaques froides de Lenovo sont en cuivre au lieu d'éthylène propylène fluoré en raison de son excellente conductibilité électrique, de sa solidité, de sa durabilité et de sa capacité à mieux dissiper la chaleur.
- **Plaques froides brevetées** : la plaque froide à faible chute de pression de Lenovo maximise l'extraction de chaleur pour les accélérateurs d'une puissance d'environ 700 W aujourd'hui et de plus de 1 000 W à l'avenir.
- **L'eau d'abord** : Lenovo Neptune® utilise de l'eau plutôt que d'autres fluides tels que le polyéthylène glycol, car l'eau possède l'une des capacités thermiques les plus élevées, est facilement accessible, sans danger pour les plantes et les animaux et ne nécessite aucun nettoyage compliqué de matières dangereuses.
- **Eau chaude ou refroidisseurs** : la technologie de refroidissement direct liquide Lenovo Neptune® peut utiliser des températures d'entrée allant jusqu'à 45 °C plutôt que de nécessiter de l'eau pré-refrigérée, ce qui réduit les besoins énergétiques de l'ensemble du centre de données et élimine la nécessité d'un équipement de climatisation spécialisé. De plus, l'eau chaude en sortie (qui peut atteindre les 65 °C) peut être réutilisée dans l'installation afin d'exploiter l'énergie que représente la chaleur emmagasinée.
- **Raccords brasés** : Lenovo utilise des raccords brasés, réputés pour leur étanchéité, leur maintien et leur stabilité (plus besoin de tordre le tube), plutôt que des joints toriques.

Parmi les références de Lenovo dans le secteur, citons son expérience avec les superordinateurs selon la liste TOP500 : l'entreprise dispose de plus de systèmes dans cette liste que n'importe quel autre fournisseur (selon la dernière version publiée en juin 2024). Neuf des dix systèmes TOP500 les plus rapides de Lenovo utilisent le refroidissement liquide Neptune®.

Deuxièmement, le processus de fabrication et l'approche de livraison de Lenovo sont en phase avec les nouvelles exigences de centres de données durables. Lenovo a développé Supply Chain Intelligence (SCI), une solution basée sur l'IA qui analyse en permanence les données de la chaîne d'approvisionnement pour identifier les problèmes potentiels et les résoudre rapidement.

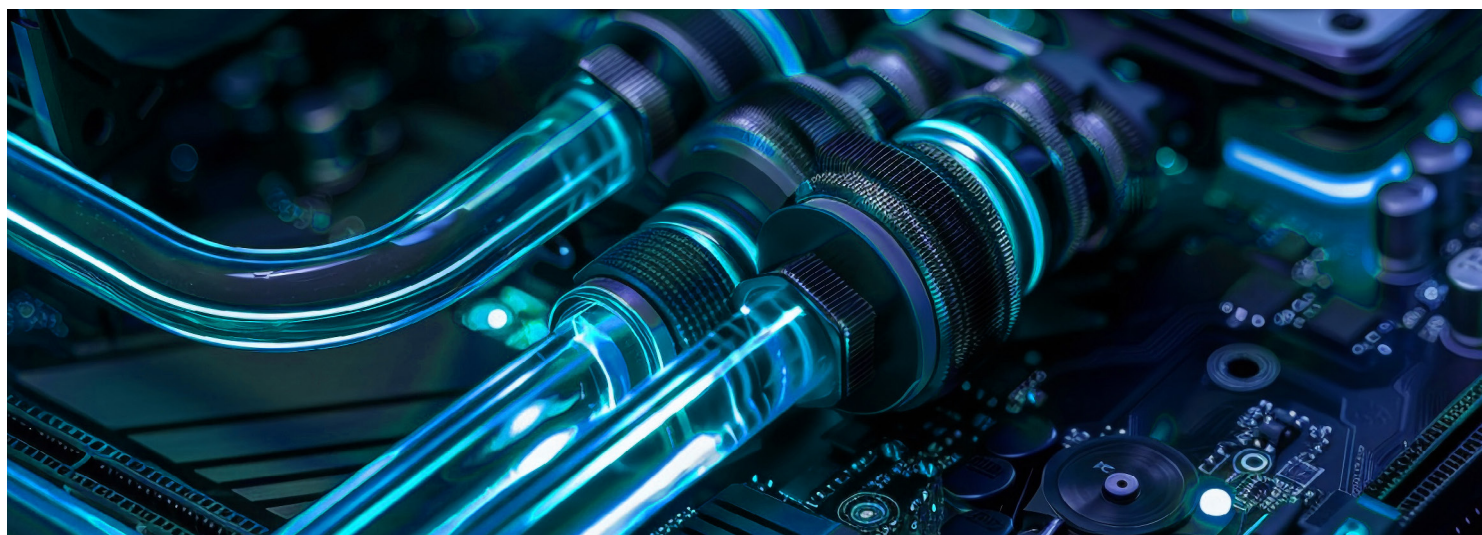
Point essentiel : les serveurs Lenovo Neptune® sont testés ensemble comme une solution, plutôt que comme des systèmes individuels. Les systèmes sont remplis d'eau désionisée, allumés et soumis à des tests de résistance pour garantir que le fonctionnement global du système et le débit d'eau répondent à des normes élevées avant d'être emballés et préparés pour être expédiés à un client en drainant le liquide et en pressurant la boucle avec de l'azote. L'expédition sans liquide dans la boucle est un avantage concurrentiel par rapport aux autres fournisseurs dont le système contient du liquide lors du transport, ce qui entraîne des dommages aux composants et des fuites.

Troisièmement, nous estimons que la longue expérience de Lenovo en matière de refroidissement liquide se manifeste également à travers l'assistance pour et la maintenabilité de la solution. Lenovo offre un point de contact unique pour une assistance de première ligne pour tous les équipements et composants de la solution Neptune®, des serveurs aux unités de distribution de refroidissement, à la différence d'autres fabricants qui exigent généralement que chaque fournisseur assure l'assistance pour ses propres composants. Enfin, les systèmes à boîtier Neptune® se branchent automatiquement à l'eau lorsqu'ils sont installés, de sorte que les serveurs Neptune® individuels peuvent être entretenus pendant que les autres continuent à fonctionner.

La capacité de Lenovo à proposer des solutions informatiques pré-optimisées, testées et certifiées est un autre atout de la solution de refroidissement liquide Neptune®. Cela permet de garantir que Lenovo Neptune® propose des solutions hautes performances, évolutives et écoénergétiques grâce à l'intégration de composants testés en usine pour garantir fiabilité et rentabilité.

Enfin, le refroidissement liquide Lenovo Neptune® offre des performances élevées mais silencieuses, avec une consommation et un encombrement réduits qui permettent aux clients d'obtenir une densité et des résultats plus élevés de leur centre de données. En fonctionnement, la solution de refroidissement par eau recycle les boucles d'eau chaude pour refroidir les systèmes de centres de données et garde tous les composants du serveur au frais, ce qui réduit le besoin de ventilateurs bruyants et consommateur d'énergie.

À noter : Digital Realty a récemment choisi la technologie de refroidissement Lenovo Neptune® pour créer son offre de colocation haute densité dans plus de la moitié de ses centres de données dans le monde. De notre point de vue, cela représente une preuve indéniable de la validité du portefeuille Lenovo Neptune® de 6e génération pour répondre aux différents défis des charges de travail haute densité que représente l'IA.





Section 3 : points forts et avantages concurrentiels de la technologie de refroidissement liquide Lenovo Neptune®

- Une expérience éprouvée en matière de solutions, de leadership et d'innovation technologique

Lenovo Neptune® n'est pas une technologie unique appliquée uniformément sur l'ensemble du portefeuille ThinkSystem. Neptune® propose une approche holistique du refroidissement qui va au-delà de simplement refroidir les CPU : la solution comprend des options de refroidissement direct par eau chaude de systèmes entiers, de composants individuels et de racks par l'arrière. Une approche aussi complète permet d'optimiser les performances et l'efficacité et d'adapter des solutions à chaque client et installation :

- **Refroidissement direct par eau** : la solution propose un refroidissement direct par eau de composants individuels du système, disponibles dans l'ensemble du portefeuille ThinkSystem de Lenovo, ainsi que de serveurs entiers via un flux de liquide parallèle sur tous les composants producteurs de chaleur (CPU, accélérateurs, DIMM, réseaux, etc.) avec une boucle d'eau capable de capter jusqu'à 98 % de la chaleur du système et de réduire jusqu'à 40 % la consommation d'énergie du centre de données.
- **Refroidissement par voie liquide** : le refroidissement par voie liquide Lenovo Neptune® offre les avantages d'un liquide dans un système refroidi par air. Grâce à un module de transfert thermique ou à un échangeur de chaleur liquide-air, les systèmes de refroidissement par air traditionnels bénéficient d'un refroidissement liquide avec une gestion de la chaleur spécialement adaptée, le tout sans plomberie supplémentaire. Une solution idéale pour les clients qui souhaitent conserver un refroidissement par air de leurs centres de données sans pour autant abandonner le refroidissement liquide.
- **Refroidissement par eau des racks** : l'échangeur de chaleur à l'arrière permet une élimination de la chaleur de 100 % sans nécessiter de pièces mobiles ni d'énergie. Ce système fonctionne sans modifications avec des serveurs, des systèmes de stockage et des réseaux refroidis par air. De quoi faciliter son inclusion à l'infrastructure de centre de données existante en tirant parti des CDU en rack plus efficaces que les unités de climatisation traditionnelles de salles d'ordinateurs.

Nous estimons que la technologie Lenovo Neptune® a été essentielle pour assister des cas d'utilisation hautement prioritaires, notamment en ingénierie, en modélisation, en simulation et en production de films d'animation. Cas qui nécessitent tous une puissance de calcul élevée. Par exemple, Lenovo Neptune® joue un rôle décisif dans des secteurs clés tels que les technologies financières, l'ingénierie assistée par ordinateur et la dynamique des fluides computationnelle (CAE/CFD), l'automatisation de la conception électronique, la modélisation et les prévisions météorologiques et climatiques, la bio-informatique, l'industrie géospatiale/énergétique, la recherche en sciences de la terre et les fermes de rendu pour l'animation. La longue histoire de Lenovo dans le domaine du calcul haute performance leur donne une position idéale pour affronter l'avenir de l'IA et tous les défis liés à l'expansion des centres de données pour la prendre en charge : consommation énergétique, refroidissement et durabilité.

De plus, la solution de refroidissement liquide Lenovo Neptune® a remporté les prix 2024 Business Intelligence Group Sustainability Product of the Year, Best Green Energy Product of the Year (par CRN), Sustainable Product Award (par SEAL) et Best HPC Server Product or Technology (par HPCwire) en 2023 : de quoi prouver une fois encore ses qualités dans le domaine de l'environnement, du social et de la gouvernance à l'échelle de l'écosystème.

Les solutions de refroidissement liquide Neptune® bénéficient énormément des partenariats de Lenovo, comme en témoigne le partenariat avec NVIDIA. Celui-ci comprend de nouveaux services complets basés sur la technologie NVIDIA par le biais du Lenovo AI Center of Excellence destiné à l'IA générative, désigné comme la priorité mondiale des décideurs commerciaux et informatiques en matière d'investissement technologique. Le serveur Lenovo ThinkSystem SR780a, par exemple, utilise le refroidissement liquide Neptune® pour atteindre un rendement d'utilisation de l'énergie ultra-efficace de 1,1 (ce rendement correspond au rapport entre la quantité totale d'énergie utilisée par un centre de données et celle utilisée par l'équipement informatique seul). L'utilisation du refroidissement direct par eau des CPU, des GPU et de la technologie NVIDIA NVSwitch permet à ce système de maintenir des performances maximales sans atteindre ses limites thermiques.

Le service Lenovo AI Fast Start propose des solutions en direct pour présenter les résultats commerciaux, opérationnels et technologiques de l'IA générative. Ainsi, les entreprises peuvent rapidement évoluer et booster l'IA grâce à des technologies NVIDIA complètes via Lenovo AI Fast Start pour NVIDIA AI Enterprise, tandis que les nouveaux microservices d'inférence Lenovo AI Fast Start pour NVIDIA NIM offrent aux développeurs des moteurs d'inférence faciles à gérer conteneurisés et optimisés pour les modèles NVIDIA AI Foundation disponibles chez NVIDIA.





Section 5 : conclusions et recommandations

Les applications d'IA qui reposent sur des technologies d'accélération spécialement conçues améliorent radicalement les résultats dans de nombreux secteurs. La technologie de refroidissement liquide est en train de devenir un élément essentiel pour l'IA haute performance. Selon l'analyse de Futurum, le refroidissement liquide Lenovo Neptune® est le leader de l'industrie dans le domaine du refroidissement liquide. L'expérience de plus de dix ans de Lenovo en matière de refroidissement liquide lui permet de proposer un design, une fabrication, une livraison et une assistance de premier plan.

De notre point de vue, la proposition de valeur du refroidissement liquide Lenovo Neptune® est pleinement confirmée par l'approbation des clients dans les réseaux de production. Geely Auto R&D a déployé une plateforme de calcul haute performance basée sur des serveurs Lenovo ThinkSystem SD650 V3 avec refroidissement par eau Neptune® et ainsi augmenté les performances de 35 % en plus d'ouvrir la voie à plus d'innovation en R&D. Geely a choisi Lenovo pour déployer un cluster de calcul haute performance sur site afin d'éviter les coûts et la complexité du Cloud. Cette décision a entraîné des avantages immédiats, car le nouveau cluster a augmenté les performances du calcul haute performance de 35 % tout en réduisant la consommation électrique de 1 million de kWh/an.

Compte tenu de ces facteurs, nous tirons les conclusions suivantes à destination des organisations qui cherchent à évaluer la solution Neptune® de Lenovo pour répondre à leurs besoins en refroidissement liquide.

Une approche holistique. Lenovo Neptune® comprend le refroidissement direct par eau chaude de systèmes entiers, le refroidissement par eau de composants individuels et le refroidissement par voie liquide pour les systèmes refroidis par air, soit une approche complète qui optimise les performances et la consommation d'énergie.

Avantages concurrentiels. Tuyaux en éthylène-propylène-diène monomère (EPDM), utilisation d'eau, boucles de refroidissement en cuivre et emploi de raccords brasés : les 12 années d'expérience de Lenovo dans la fourniture de solutions de refroidissement liquide entraînent des avantages concurrentiels en termes de design, de fabrication, de livraison de qualité et d'assistance.

Développement durable/engagements environnementaux, sociaux et de gouvernance. Lenovo Neptune® est conçu pour répondre aux objectifs clés de développement durable, tels que la réduction de l'empreinte carbone, sans compromettre la puissance de calcul : deux priorités pour les entreprises à la recherche de systèmes de refroidissement liquide.

Informations importantes à propos de ce rapport

CONTRIBUTEURS

Steven Dickens

Chief Technology Advisor | The Futurum Group

Ron Westfall

Directeur de la recherche | The Futurum Group

ÉDITEUR

Daniel Newman

PDG | The Futurum Group

DEMANDES DE RENSEIGNEMENTS

Contactez-nous si vous souhaitez discuter de ce rapport et The Futurum Group vous répondra sous les meilleurs délais.

CITATIONS

Cet article peut être cité par la presse et les analystes accrédités, mais doit être cité dans son contexte, en indiquant le nom de l'auteur, son titre et « The Futurum Group ». Les citations dans tout autre contexte nécessitent l'obtention d'une autorisation écrite préalable de The Futurum Group.

LICENCES

Ce document et toute documentation à l'appui sont la propriété de The Futurum Group. Cette publication ne peut être reproduite, distribuée ou partagée sous quelque forme que ce soit sans l'autorisation écrite préalable de The Futurum Group.

DIVULGATIONS

The Futurum Group fournit des services de recherche, d'analyse, de conseil et d'assistance à de nombreuses entreprises de haute technologie, y compris celles mentionnées dans cet article. Aucun employé de l'entreprise ne détient de positions au capital d'une société citée dans ce document.



À PROPOS DE LENOVO ET NVIDIA

Lenovo ouvre la nouvelle ère de l'innovation basée sur l'IA à tous. Notre portefeuille complet offre des solutions d'IA puissantes, flexibles et responsables pour transformer les industries et donner aux individus les moyens de leurs ambitions. Nous créons un avenir d'IA plus intelligente pour tous. Chez Lenovo, nous pensons que l'avenir de l'IA implique la coexistence de l'IA publique et d'entreprise. Lenovo rend l'IA accessible à vous et à vos données.

En partenariat avec NVIDIA, les solutions d'IA hybrides sont élaborées grâce à une collaboration en ingénierie pour rendre l'IA accessible aux données des clients où et quand les utilisateurs en ont le plus besoin. De quoi contribuer à la vision de Lenovo de rendre l'IA accessible à tous et d'aider à la commercialisation de technologies et d'architectures révolutionnaires pour la prochaine génération d'IA générative. Les solutions hybrides Lenovo sont déjà optimisées pour exécuter le logiciel NVIDIA AI Enterprise : de quoi garantir une IA de production sécurisée, prise en charge et stable. En outre, elles permettent aux développeurs d'accéder aux microservices NVIDIA, y compris NVIDIA NIM et NeMo Retriever.



À PROPOS : THE FUTURUM GROUP

[The Futurum Group](#) est une société indépendante de recherche, d'analyse et de conseil axée sur l'innovation numérique et les technologies et tendances qui révolutionnent le marché. Chaque jour, nos analystes, nos chercheurs et nos conseillers aident les dirigeants d'entreprise du monde entier à anticiper les changements majeurs dans leurs secteurs et à tirer parti des innovations disruptives pour obtenir ou maintenir un avantage concurrentiel sur leurs marchés.



COORDONNÉES

The Futurum Group LLC | futurumgroup.com | (833) 722-5337 |