



DATA CENTER

Frontier

R A P P O R T S P É C I A L

Nouveaux impératifs d'efficacité des centres de données : Comment le refroidissement par immersion fait évoluer la densité et la conception.



Auteur : Bill Kleyman, collaborateur à la rédaction, Data Center Frontier

Date du projet : 2023/06/02

Version du projet : 5.0

présenté par

 **Hypertec**

Table des matières

Introduction	3
Une façon plus cool d'utiliser le refroidissement par immersion dans le centre de données	3
Section 1 – Refroidissement par immersion : Les tendances qui transforment le centre de données	5
Évolution du refroidissement par liquide.....	5
Les nouvelles exigences des entreprises se traduisent par de nouveaux défis en matière d'infrastructure	5
Section 2 – Refroidissement par immersion : Les cinq principales considérations en matière de conception et de déploiement	7
Considérations relatives à la conception et au fonctionnement du refroidissement par immersion	7
Les cinq principaux mythes sur le refroidissement par immersion.....	10
Section 3 – Liste de contrôle de l'état de préparation au refroidissement par immersion...	11
Qu'est-ce qui peut être immergé ?.....	11
Comment se préparer à l'immersion.....	12
Section 4 – Le parcours du refroidissement par immersion : L'innovation dans l'infrastructure.....	14
Réflexions finales	15

RÉSUMÉ :

Il n'est pas nécessaire de remonter très loin dans le temps pour se rendre compte à quel point l'infrastructure critique est essentielle à notre vie quotidienne. Les écosystèmes des centres de données travaillent dur pour que tout le monde reste connecté, opérationnel et productif. Au cours des dernières années, nous avons vu les niveaux de densité augmenter, les organisations étant chargées de fournir une plus grande capacité dans un espace limité.

Dans ce contexte, l'évolution de l'efficacité, de la densité et de la conception fonctionnelle doit changer. Les leaders du secteur des centres de données et de la colocation ont porté leur attention sur les technologies de refroidissement par immersion qui se sont avérées très efficaces et efficientes et qui offrent de nouvelles possibilités pour les infrastructures critiques.

En ce qui concerne les coûts en particulier, les responsables des centres de données doivent se concentrer sur la rentabilité et la densité de la charge de travail. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles de nombreuses entreprises utilisent le refroidissement par immersion pour réduire les dépenses d'exploitation des centres de données de plus de 90 % et les dépenses d'investissement de plus de 50 %.

Cet article explore le changement fondamental qui se produit dans l'industrie des centres de données. Plus précisément, nous étudierons l'évolution du refroidissement par immersion et la façon dont les responsables des centres de données utilisent cette technologie pour atteindre de nouveaux impératifs d'efficacité.

Introduction

La manière dont nous concevons et construisons les infrastructures critiques a beaucoup évolué ces dernières années. Une chose est sûre : Les centres de données sont là pour rester et la demande augmente fortement en raison de divers nouveaux cas d'utilisation.

Nous assistons à des changements continus dans la densité de portée, à la fois en termes de chaleur et de puissance, pour suivre les tendances du calcul haute performance (CHP), qui comprennent l'intelligence artificielle, l'automatisation et l'apprentissage automatique.

Voici l'autre défi majeur : De nombreuses solutions actuelles ne peuvent prendre en charge les besoins en énergie, les augmentations de la production de chaleur et la flexibilité future que pendant un certain temps. L'infonuagique, les mégadonnées et l'efficacité de l'alimentation et du refroidissement de l'infrastructure font l'objet de nouvelles demandes. Avec les avancées dans les nouveaux cas d'utilisation et la demande, et la croissance rapide des données qui ouvre la voie dans de nombreuses catégories technologiques, travailler avec les bonnes technologies de centre de données est devenu plus critique que jamais.

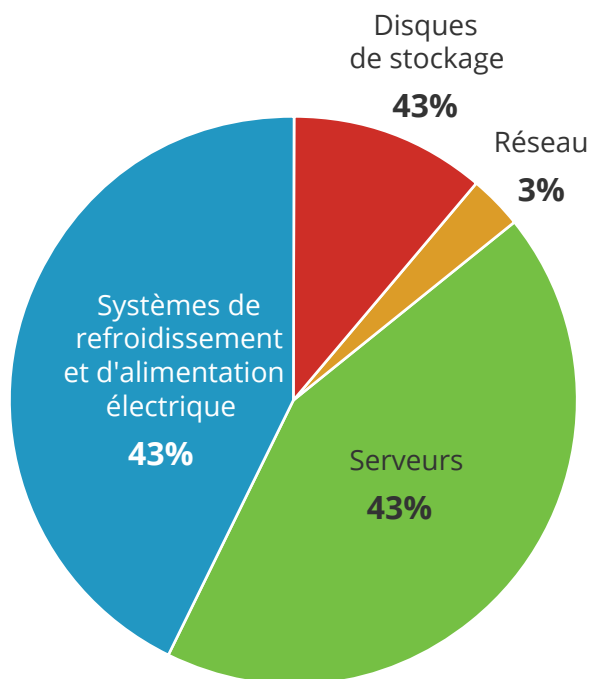


Figure 1. Fraction de la consommation d'électricité des centres de données aux États-Unis en 2014, par utilisation finale. Source : Shehabi 2016.

C'est là que le refroidissement par immersion entre en jeu. Selon une [étude récente](#), les serveurs et les systèmes de refroidissement représentent en moyenne la part la plus importante de la consommation directe d'électricité dans les centres de données, suivis par les disques de stockage et les périphériques de réseau (figure 1). Certains des plus grands centres de données au monde peuvent contenir des dizaines de milliers de dispositifs informatiques et nécessitent une capacité électrique de plus de 100 mégawatts (MW) pour alimenter environ 80 000 ménages américains (U.S. DOE 2020).

Cela signifie qu'il existe de nouveaux impératifs dans la manière dont nous refroidissons, entretenons et optimisons les installations de nos centres de données.

UNE MEILLEURE FAÇON D'UTILISER LE REFOUDDISSEMENT PAR PLONGÉE DANS LE CENTRE DE DONNÉES

Le refroidissement par immersion n'est pas une nouveauté, mais les progrès technologiques récents ont permis à un plus grand nombre de centres de données d'adopter cette technologie.

Pourquoi cela se produit-il ? L'augmentation des investissements dans les technologies à haute densité, l'informatique à haute performance et les charges de travail basées sur les données ont poussé les responsables des centres de données à concevoir les méthodes les plus fiables et les plus efficaces pour refroidir leurs centres de données. Aujourd'hui, les centres de données consomment environ 2 à 3 % de l'énergie mondiale. Cependant, selon les dernières conclusions de l'AIE, les centres de données et les réseaux de transmission de données sont responsables de près de 1 % des émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie. Depuis 2010, les émissions ont augmenté modestement malgré la croissance rapide de la demande de services numériques, grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique, à l'achat d'énergie renouvelable par les entreprises de technologies de l'information et de la communication (TIC) et à la décarbonisation plus large des réseaux électriques dans de nombreuses régions. Des solutions telles que le refroidissement par immersion contribuent à réduire l'empreinte carbone en éliminant le gaspillage d'eau et en révolutionnant la dissipation de la chaleur.

Il est essentiel de noter que l'évolution des entreprises et des centres de données a propulsé le refroidissement par immersion au premier plan de la conception des infrastructures. Examinons quelques-uns de ces nouveaux développements :

- **Les centres de données consomment plus d'énergie.** Selon un [récent article](#) de l'AIE, les technologies numériques ont des effets directs et indirects sur la consommation d'énergie et les émissions et offrent un potentiel énorme pour aider (ou entraver) les transitions énergétiques propres au niveau mondial, notamment par la numérisation du secteur de l'énergie. Aujourd'hui, les centres de données et les réseaux de transmission de données sont responsables de près de 1 % des émissions de GES liées à l'énergie. En outre, un [récent rapport](#) du service américain de l'énergie indique que les centres de données américains devraient augmenter la quantité d'énergie qu'ils consomment sur la base des estimations de la tendance actuelle. Une tendance qui ne cesse d'augmenter depuis 2000.

- **Le CHP, l'IA et les solutions basées sur les données nécessitent une nouvelle approche.** Voici un exemple concret. Le calcul haute performance (CHP) est utilisé pour la recherche et l'analyse de données, et ces systèmes sont déployés dans les murs des centres de données traditionnels. C nécessite un autre type d'approche. Le refroidissement par immersion permet de dissiper la chaleur des systèmes CHP fortement sollicités et de prendre en charge des niveaux de densité plus importants. La croissance des solutions basées sur les données a eu un impact direct sur la façon dont les responsables des centres de données envisagent le refroidissement des systèmes critiques. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles le refroidissement par immersion et les technologies prêtes pour l'immersion ont soutenu les cas d'utilisation émergents.

L'innovation autour des centres de données refroidis par immersion et des cas d'utilisation spécifiques ne s'arrête pas au HPC. Les exigences émergentes en matière d'apprentissage automatique, de services financiers, de soins de santé, de modélisation CAO et de rendu explorent de nouvelles solutions refroidies par immersion pour maintenir la durabilité, la fiabilité et les niveaux de densité les plus élevés.

Un [rapport récent](#) de Technavio indique que l'adoption du refroidissement par immersion est élevée car il est considéré comme plus efficace que le refroidissement par air. Le refroidissement par liquide, un sous-segment du refroidissement par immersion, **est le système de refroidissement le plus largement accepté.** Enfin, [l'étude](#) de Dell EMC sur l'efficacité et le refroidissement liquide s'est penchée sur le coût du refroidissement des centres de données et sur son impact sur les dépenses d'exploitation globales des opérateurs. 50 % d'entre eux ont répondu qu'ils avaient un impact significatif et 78 % ont répondu qu'ils avaient au moins un certain impact sur leurs coûts.

L'enquête a également montré que 25 % des personnes interrogées utilisent déjà le refroidissement liquide dans des environnements de production et que 32 % utilisent le refroidissement liquide d'une manière ou d'une autre dans leur centre de données.

Comme le souligne l'enquête, il existe de nombreuses façons d'utiliser le refroidissement liquide dans les centres de données.

- 39 % disposent de technologies de refroidissement liquide dans des armoires ou des bâtis à haute densité
- 20 % déploient le refroidissement liquide *pour les cas d'utilisation du calcul haute performance (CHP)*
- 17 % l'utilisent pour le traitement des données volumineuses (mégadonnées)
- 15 % disposent déjà de systèmes complets où **la majeure partie de la chaleur est évacuée par liquide.**

Vos clients seront de plus en plus nombreux à vous demander des solutions très denses et gourmandes en ressources informatiques. Les écosystèmes actuels refroidis par air peuvent-ils suivre ? Le refroidissement par immersion a repoussé les limites de l'efficacité et de la densité. Aujourd'hui, ces solutions permettent de fournir à vos clients les charges de travail les plus avancées.

Voyons comment le refroidissement par immersion modifie la conception des centres de données. Surtout, pour commencer, vous verrez comment les solutions de refroidissement par immersion sont aujourd'hui bien différentes de ce qu'elles étaient auparavant, ce qui rend leur adoption beaucoup plus faisable.

Section 1 ¶ Refroidissement par immersion : Les tendances qui transforment le centre de données

Il n'est pas surprenant que le refroidissement par immersion existe depuis les années 60. Mais de quoi s'agit-il exactement ? Nous aborderons quelques types de refroidissement par immersion dans une minute. Toutefois, à un niveau très élevé, le refroidissement par immersion est une méthode adoptée par les centres de données pour refroidir rapidement le matériel informatique en l'immergeant directement dans un liquide non conducteur. La chaleur générée par les composants est directement et efficacement transférée au liquide. Cette méthode offre le plus haut niveau d'efficacité et une capacité pratiquement illimitée. Dans ce contexte, il est important de noter que le refroidissement par liquide existe [depuis les années 1970](#).

ÉVOLUTION DU REFROIDISSEMENT PAR LIQUIDE

Entre 1970 et 1995, l'essentiel du refroidissement liquide a été réalisé dans les systèmes centraux. Puis, dans les années 90, nous avons vu davantage de PC de jeu et de PC personnalisés adopter le refroidissement liquide pour répondre aux exigences de performance haut de gamme. Entre 2005 et 2010, le refroidissement liquide a fait son entrée dans les centres de données avec les portes réfrigérées. À partir de 2010 et au-delà, le refroidissement liquide a été utilisé dans des environnements de calcul haute performance (CHP) et des conceptions présentant des solutions de refroidissement par contact direct et par immersion totale.



Source: Hypertec

LES NOUVELLES EXIGENCES DES ENTREPRISES SE TRADUISENT PAR DE NOUVEAUX DÉFIS EN MATIÈRE D'INFRASTRUCTURE

Dans le monde entier, la connectivité et l'infrastructure ont changé de manière spectaculaire. Les entreprises et l'infrastructure correspondante soutenant la connectivité numérique ont vu une explosion de nouveaux travailleurs à distance travaillant avec de nouvelles applications et tirant parti de nouvelles solutions pour rester productifs. Par exemple, à mesure que l'évolution de l'informatique dématérialisée se poursuit, la frontière entre le calcul intensif, la virtualisation des applications et même l'infrastructure de bureau virtuel (IBV) continue de s'estomper. Les leaders technologiques sont à la recherche de plateformes qui permettent aux organisations de repenser la manière dont elles déploient ces ressources d'entreprise critiques afin de fournir un retour sur investissement maximal et des niveaux d'expérience de l'utilisateur final les plus élevés possibles.

Du point de vue des entreprises et des technologies, voici quelques-uns des défis majeurs auxquels est confrontée l'infrastructure numérique :

’ **L'espace et le temps de mise sur le marché sont des préoccupations.** Dans notre introduction, nous avons parlé d'une statistique cruciale concernant la disponibilité et l'inoccupation des centres de données. Selon DataCenterHawk, le taux d'inoccupation du marché primaire nord-américain est actuellement de 4,4 % en moyenne, soit le niveau le plus bas jamais atteint, et en Virginie du Nord, ce taux d'inoccupation est plus proche de 1 %. En conséquence, les responsables des centres de données ont été contraints de repenser la façon dont ils conçoivent l'infrastructure critique et d'aller sur le marché avec de nouvelles solutions. Il y a un besoin d'espace et la nécessité d'en faire plus avec cet espace.

’ Faire plus avec moins et trouver des moyens de réduire les dépenses opérationnelles. Comme indiqué au point précédent, les chefs d'entreprise doivent faire beaucoup plus avec moins d'espace. En outre, il existe une demande pour réduire les coûts opérationnels en déployant des technologies plus efficaces. L'utilisation de solutions de refroidissement par immersion peut augmenter la

densité tout en réduisant les dépenses opérationnelles de refroidissement de plus de 95 %. En outre, le refroidissement par immersion nécessite moins d'infrastructures, ce qui se traduit par une réduction de 50 % des coûts de construction.

’ **Trouver des moyens de maximiser les performances et d'améliorer l'efficacité des centres de données.** L'efficacité énergétique et la gestion des centres de données sont des considérations essentielles pour plusieurs raisons. Tout d'abord, non seulement les administrateurs de centres de données s'efforcent de réduire les coûts, mais un objectif commercial important est également de minimiser les défis de gestion et d'améliorer l'efficacité de l'infrastructure. Pour soutenir ces nouvelles initiatives, le refroidissement par immersion est devenu une technologie à explorer et à mettre en œuvre parallèlement à l'efficacité de l'infrastructure.

’ **L'infrastructure existante freine l'innovation technologique et la planification des activités.** Les anciennes solutions de centres de données sont considérées comme des solutions inefficaces qui ralentissent la modernisation de l'infrastructure. Les leaders de l'espace des centres de données constatent que même si ces solutions "fonctionnent", elles n'apportent pas de valeur ajoutée à l'entreprise. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles les efforts de modernisation sont devenus une priorité pour les chefs d'entreprise et les responsables technologiques.

L'un des points clés du travail avec l'informatique patrimoniale est qu'il n'est pas nécessaire de tout supprimer. De nouveaux composants informatiques peuvent être déployés parallèlement à l'informatique existante afin de garantir que la transition ou l'intégration soit la moins perturbante possible et bénéfique pour l'informatique, les utilisateurs et les entreprises.

C'est ici que nous faisons une pause et que nous commençons à comprendre l'adoption plus large de nouvelles solutions, comme le refroidissement par immersion, visant explicitement à moderniser les infrastructures les plus critiques d'aujourd'hui. Les nouvelles solutions sont exploitées pour fournir des solutions de refroidissement par immersion très efficaces et à haute densité afin de prendre en charge les cas d'utilisation émergents autour du CHP, des technologies axées sur les données, de l'IdO, de l'informatique périphérique et de l'infonuagique.

Dans certains cas, il s'agit de plateformes modulaires monophasées de centres de données refroidis par immersion, avec une expérience entièrement intégrée en matière d'alimentation, de refroidissement, de rayonnement, de réseau et de gestion, soutenue par des partenariats avec de nombreux leaders de l'industrie. Le refroidissement par immersion moderne résout une combinaison de défis, notamment les suivants :

- ’ Des objectifs de conception axés sur le développement durable
- ’ Réglementation gouvernementale
- ’ Augmentation des coûts de l'électricité
- ’ Exigences technologiques pour le refroidissement des processeurs et des processeurs graphiques de pointe
- ’ La nécessité de disposer de systèmes de refroidissement plus efficaces et moins gourmands en énergie est évidente.

En gardant tout cela à l'esprit, pivotons et explorons certaines des nouvelles avancées en matière de refroidissement par immersion et la manière dont elles aident à surmonter les défis susmentionnés. Dans une mini-section spéciale, nous allons briser quelques vieux mythes sur le refroidissement par immersion.

Section 2 ¶ Refroidissement par immersion : Les cinq principales considérations en matière de conception et de déploiement

Il n'est pas étonnant que le refroidissement par immersion ait gagné du terrain dans l'industrie des centres de données. Les conceptions modernes n'exigent pas que les dirigeants remplacent leurs solutions existantes. Au contraire, le refroidissement par immersion peut être associé au refroidissement par air et à d'autres types d'infrastructure. Cependant, il y a une raison cruciale pour laquelle de nombreuses personnes s'intéressent de plus près au refroidissement par immersion pour un nombre croissant de cas d'utilisation. *L'efficacité énergétique et l'optimisation des performances globales des centres de données* sont des préoccupations essentielles en matière de conception.

Les nouvelles technologies telles que les disques à semi-conducteurs ont des températures de fonctionnement différentes de celles des disques en rotation, ce qui est également vrai pour les nouveaux cas d'utilisation concernant les systèmes convergents, le CHP, les supercalculateurs, etc. Les données les plus récentes montrent qu'un fonctionnement régulier dans la plage recommandée de 64,4 à 80,6 degrés Celsius, basée sur la norme ANSI/[ASHRAE 90.4-2016](#), permettra à votre centre de données de rester en bonne santé. Mais qu'en est-il de l'efficacité ?

En outre, le fait de maintenir votre centre de données à une température plus basse que nécessaire n'améliore pas nécessairement les performances. Au contraire, vous vous contentez de maintenir la température et de payer pour cela sans aucune valeur ajoutée.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONCEPTION ET AU FONCTIONNEMENT DU REFROIDISSEMENT PAR IMMERSION

En gardant tout cela à l'esprit, examinons les cinq considérations clés à prendre en compte lorsque l'on envisage le refroidissement par immersion.

1. Infrastructure existante. Moderniser ou non. Si votre infrastructure est vieillissante, vous devez regarder au-delà du refroidissement par immersion pour mettre votre centre de données à niveau. Cependant, l'infrastructure existante n'a pas besoin d'être vieille pour représenter un défi. Avec les nouveaux cas d'utilisation autour du HPC et de l'informatique à haute densité, les dirigeants ont besoin de plus que de souffler de l'air pour prendre en charge la densité.

Les nouveaux composants peuvent être déployés parallèlement à l'informatique existante afin de garantir que la transition ou l'intégration soit la moins perturbante possible et bénéfique pour l'informatique, les utilisateurs et les entreprises. Voici une remarque importante concernant l'adoption. L'évolution des puces est passée du grand au petit (pour les appareils portables, par exemple) et maintenant au grand dans les centres de données. La production de chaleur augmente rapidement grâce au retour à des puces plus denses en termes de capacité des cœurs, de voies PCIe et de capacité. Cette densité ne fera que croître avec de nouvelles solutions telles que l'IA, la ML et maintenant le ChatGPT. Au fur et à mesure de l'ajout de nouvelles technologies, l'ajout et l'intégration du refroidissement par immersion serait la solution la moins perturbatrice, la plus rentable et la plus bénéfique.

Cette intégration ou transition peut se faire par le biais d'outils de gestion, d'intégration de systèmes, et même par l'élaboration parallèle de nouveaux cas d'utilisation et de déploiements. Surtout, il ne s'agit pas nécessairement d'un processus compliqué, et l'ensemble du processus peut être très stimulant pour tous les associés, les responsables informatiques et les parties prenantes de l'entreprise. En intégrant et en évoluant à partir de l'informatique existante, vous en apprenez davantage sur votre organisation et sur les capacités dont vous avez besoin pour soutenir un marché émergent.

Ceci étant dit, il y a quelques considérations clés à prendre en compte. Tout d'abord, il est possible qu'un réaménagement rende votre centre de données beaucoup plus complexe. Un réaménagement peut fonctionner si vous avez déjà quelques fournisseurs dans votre centre de données et que vous gérez bien l'infrastructure. Cependant, dans certains cas, vous devrez envisager des adaptations avancées pour réduire le nombre de fournisseurs dans votre installation. Dans d'autres cas, vous devrez explorer les conceptions d'immersion.

CARACTÉRISTIQUES	MISE À NIVEAU	MISE À NIVEAU AVANCÉE	CONCEPTION PAR IMMERSION
Disponibilité	Fournisseurs multiples	Certains fournisseurs+ Hypertec	Exclusivité Hypertec
Base	Serveur standard refroidi par air	Serveur commercial refroidi par air	Immersion
Conception « vanity free »	✗	✗	✓
Facilité d'installation et d'entretien	Faible	Moyenne	Élevée
Disponibilité des performances (OC ou Turbo Lock)	✗	Exclusivité Hypertec	✓
Prise en charge de l'alimentation CA et OCP	✗	✓	✓
Matériaux composites durables	✗	✗	✓
Dissipateur de refroidissement par immersion sur mesure	✗	✓	✓
Compatibilité Xeon d'Intel et EPYC d'AMD de 3e gén.	✓	✓	✓
Prêt pour Xeon d'Intel W/SP et EPYC d'AMD de 4e gén.	✓	✓	✓
Densité de processeurs par SmartPod (48U)	192	192	288

2. Lorsque le débit d'air n'est plus suffisant.

La gestion des flux d'air dans les centres de données s'étant généralisée au cours des dernières années, l'évolution de ce domaine s'est concentrée sur la mise au point de tous les développements de la décennie précédente.

Alors, qu'est-ce qui a changé ? Dans les années 90 et au milieu des années 2000, les concepteurs et les opérateurs s'inquiétaient de la capacité des technologies de refroidissement par air à refroidir des serveurs de plus en plus gourmands en énergie. Avec des densités de conception approchant ou dépassant 5 à 10 kilowatts (kW) par bâti, certains pensaient que les opérateurs devraient recourir à des échangeurs de chaleur à l'arrière des portes et à d'autres mécanismes de refroidissement à l'intérieur des rangées pour faire face à l'augmentation des densités. À ce stade, beaucoup ont réalisé que le flux d'air traditionnel pourrait ne pas être suffisant pour l'IA, le CHP et d'autres charges de travail basées sur les données.

Au niveau des centres de données, les améliorations apportées aux systèmes individuels impliquent la mise en œuvre de processeurs accélérateurs. Plus précisément, les unités de traitement graphique (GPU), les circuits intégrés spécifiques à une application (ASIC) et les réseaux de portes programmables (FPGAS). Les systèmes de calcul intensif et d'intelligence artificielle d'aujourd'hui sont très denses. En fonction de la conception, les solutions traditionnelles refroidies par air peuvent ne pas gérer la densité dont vous avez besoin,

ce qui vous oblige à répartir la charge de travail et à utiliser davantage d'espace au sol dans le centre de données. Vous pouvez également vous tourner vers le refroidissement par immersion. Dans la conception des centres de données, le refroidissement par immersion peut augmenter la densité des serveurs de 10 fois ou plus, en gérant jusqu'à 144 nœuds, 288 processeurs et 98 kW par réservoir de refroidissement 48U.

3. Conception axée sur l'efficacité et la performance.

Tout le monde veut être aussi efficace que possible. Cependant, le défi consiste à s'assurer que vous ne perdiez pas de puissance de refroidissement lorsque vous essayez d'économiser sur les coûts d'énergie. Au cours de l'évolution du refroidissement liquide, nous avons vu des solutions de refroidissement liquide directes sur la puce. Aujourd'hui, les solutions de refroidissement par immersion monophasées modulaires à haute densité disposent de tous les composants de calcul, de réseau et de stockage nécessaires. Comme nous l'avons déjà mentionné, les liquides sont beaucoup plus efficaces pour évacuer la chaleur que le refroidissement par air. Pour les cas d'utilisation où l'efficacité et les performances sont essentielles, il faut envisager des conceptions de refroidissement par immersion spécialement conçues à cet effet.

4. Considérations concernant les fournisseurs.

Dans le passé, le refroidissement par immersion était plutôt une configuration en pièces détachées. Vous n'installiez que ce dont vous aviez besoin, vous adaptiez certaines parties de votre centre de données et vous travailliez de manière indépendante avec un fournisseur donné.

Aujourd'hui, les solutions de refroidissement par immersion sont intégrées, englobant l'ensemble de votre cas d'utilisation dans un seul réservoir refroidi par immersion. Aussi passionnant que cela puisse paraître, il s'agit également d'une excellente occasion d'apprendre à connaître vos fournisseurs et ce qu'ils peuvent faire pour votre centre de données. Bien que ces nouveaux types de réservoirs de refroidissement intégrés soient beaucoup plus faciles à déployer dans un centre de données, il soit toujours essentiel de valider et de mettre au défi vos fournisseurs. Au cours du processus d'évaluation, assurez-vous que la conception est adaptée à votre architecture globale et qu'elle soutienne les opérations commerciales à venir.

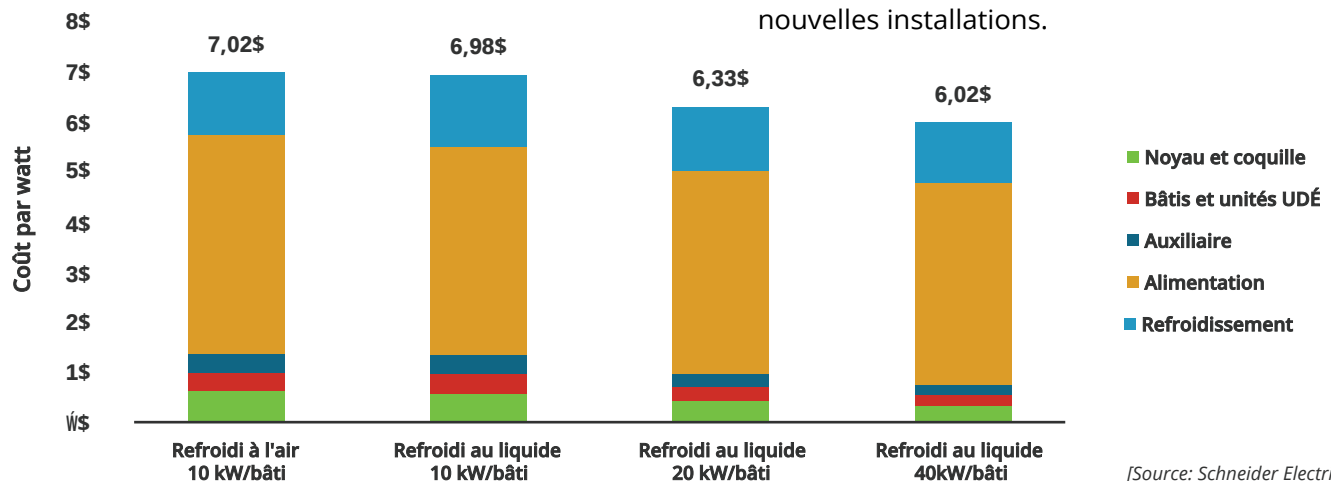
5. Comprendre les coûts, à long et à court terme.

Il est essentiel d'examiner les coûts sous un angle différent. C'est pourquoi nous consacrons un peu plus de temps à cette section. En raison de l'augmentation sans précédent de la consommation d'énergie dans l'industrie des centres de données, nous avons constaté une hausse significative des coûts opérationnels et des coûts d'énergie. La gestion et la conservation de l'énergie dans les centres de données sont devenues un défi pour les utilisateurs finaux.

C'est là que nous devons envisager le refroidissement par immersion à court et à long terme. D'une manière générale, les systèmes de refroidissement par air coûtent moins cher en raison de leur fonctionnement plus simple ; cependant, la conversation autour du coût et de l'efficacité du refroidissement change à mesure que la densité des racks augmente. En outre, notre industrie constate que les systèmes de centres de données refroidis par air sont clairement limités en termes d'économie et de densité.

Une [étude récente](#) de Schneider Electric montre que pour des densités similaires (10 kW/bâti), le coût d'un centre de données refroidi par air et d'un centre de données refroidi par liquide est à peu près le même. Cependant, le refroidissement par immersion permet également de compacter l'informatique, ce qui permet de réaliser des économies en termes de dépenses d'investissement et de dépenses d'exploitation. Par rapport au centre de données traditionnel à 10 kW/bâti, un compactage 2x (20 kW/bâti) permet de réaliser une première économie de 10 %. Si l'on suppose un compactage 4x (40 kW/bâti), les économies atteignent 14 %.

Si nous examinons les coûts de manière plus large, nous verrons les domaines dans lesquels le refroidissement par immersion a un impact sur la technologie en même temps que sur l'entreprise. Dans le dernier [rapport AFCOM State of the Data Center](#) pour 2023, nous avons remarqué que les coûts d'exploitation et en capital étaient en hausse. Selon le rapport, la plupart des répondants ont signalé une augmentation des dépenses opérationnelles en 2022 (57 %). Les principaux facteurs d'augmentation des dépenses d'exploitation sont l'augmentation des coûts de service des équipements et des coûts de personnel, suivis par l'augmentation des coûts de l'énergie. De même, la plupart des répondants (53 %) ont signalé une augmentation des dépenses d'investissement en 2022. Les principaux facteurs d'augmentation des dépenses d'investissement sont les défis de la chaîne d'approvisionnement, l'investissement dans la construction d'installations existantes, l'investissement dans la modernisation des technologies de l'information et l'investissement dans la construction de nouvelles installations.



[Source: Schneider Electric]

Le refroidissement par immersion vise à réduire les coûts à la fois pour les dépenses d'exploitation et d'investissement. Par exemple, avec une solution de refroidissement par immersion monophasée, vous pourriez constater une réduction de 95 % des dépenses d'exploitation liées au refroidissement. Avec un PUE de 1,03 (certifié par une tierce partie), de nombreuses personnes réaliseront un retour sur investissement en moins d'un an, même en tenant compte des économies d'énergie. De même, le refroidissement par immersion monophasé peut être rapidement déployé dans n'importe quel environnement de centre de données vierge ou brut. Les opérateurs n'auront pas besoin de planchers surélevés ou d'allées froides. En outre, les centres de données existants ne nécessitent qu'un minimum de travaux de modernisation. Par conséquent, les responsables des centres de données verront jusqu'à 50 % de réduction des coûts de construction.

Un point essentiel est que le refroidissement par immersion vous permet de tirer parti d'un écosystème informatique plus simple. Il n'y a pas de pièces mobiles, de particules de poussière et de vibrations dans les systèmes d'immersion. En raison de l'uniformité et de la viscosité du liquide, la conception d'immersion à phase unique présente moins de contraintes thermiques et mécaniques. Grâce à la création d'un écosystème plus rationalisé et simplifié, les opérateurs verront la durée de vie de leur matériel augmenter de 30 %.

Le refroidissement par immersion continue de gagner du terrain dans l'industrie des centres de données, mais il reste encore quelques inconnues à propos de cette technologie. Décortiquons les cinq plus grands mythes liés au refroidissement par immersion.

LES CINQ PRINCIPAUX MYTHES SUR LE REFROIDISSEMENT PAR IMMERSION

1. Traitement de l'eau et biodégradabilité. Les nouvelles solutions intégrées de refroidissement par immersion s'appuient sur des serpentins qui n'utilisent aucun dispositif spécial de traitement de l'eau qui ne soit déjà utilisé dans la boucle de refroidissement du centre de données. En outre, les solutions modernes de refroidissement liquide monophasé utilisent des liquides entièrement biodégradables. Là encore, aucun des liquides utilisés n'est toxique.

2. Huiles combustibles. Aujourd'hui, la plupart des liquides d'immersion et même des liquides en circuit fermé contiennent des huiles. Si les huiles sont chauffées jusqu'à évaporation ou condensation, elles sont techniquement inflammables, d'où les étiquettes apposées sur ces liquides. Les boucles fermées et les solutions d'immersion monophasées sont les plus sûres en ce qui concerne la combustibilité. Les solutions comme Hypertec s'appuient sur un refroidissement par immersion monophasé où les serveurs sont immergés dans un liquide diélectrique thermoconducteur, un bien meilleur conducteur de chaleur que l'air, l'eau ou l'huile. Le liquide de refroidissement ne change jamais d'état et le liquide utilisé dans les principales solutions de refroidissement par immersion ne sera pas combustible.

3. Entretien, maintenance et complexité des systèmes de refroidissement par air et par immersion.

C'est ici que nous examinons les solutions de refroidissement par immersion de la prochaine génération. Même dans les situations de modernisation avancée, l'installation et la facilité d'entretien sont beaucoup plus faciles que dans les conceptions précédentes de refroidissement par immersion. Pour les solutions nées de l'immersion, l'entretien est plus facile grâce à un accès aisé à tous les composants critiques.

4. Le refroidissement par air est mieux compris et plus largement utilisé. Pour l'instant, c'est exact. Toutefois, les systèmes modernes de refroidissement par immersion s'appuient sur les composants standard d'un centre de données, notamment l'alimentation électrique, la connectivité et, selon l'unité, une boucle d'eau.

Dans les déploiements de centres de données traditionnels, les ingénieurs peuvent utiliser l'eau de retour au lieu d'avoir une boucle d'eau glacée, ce qui réduit le PUE. Les nouveaux systèmes de refroidissement par immersion sont conçus pour nécessiter des raccordements similaires à l'infrastructure traditionnelle des centres de données, tout en offrant de meilleurs avantages.

Un autre point critique est que l'industrie des centres de données est l'un des derniers endroits où le refroidissement par immersion est mieux compris. Il est intéressant de noter que le refroidissement par liquide est utilisé pour d'autres applications quotidiennes que la plupart des gens ignorent ou oublient. L'informatique à grande échelle est l'une des dernières opérations à forte intensité énergétique à ne pas être refroidie par des liquides. Les réacteurs nucléaires, les moteurs de voiture, les papeteries, etc. sont déjà refroidis par des liquides.

5. Risque lié à la présence de liquides à proximité des bâtis.

Dans les centres de données, les liquides sont perçus comme un risque, le liquide présent dans l'armoire pouvant provoquer une panne. Cependant, les liquides utilisés sont diélectriques, c'est-à-dire qu'ils ne conduisent pas l'électricité. Par conséquent, ce liquide est sans danger pour les composants technologiques. De plus, les fluides utilisés dans le refroidissement par immersion monophasé ne laissent pas de résidus.

Section 3 W Liste de contrôle de l'état de préparation au refroidissement par immersion

Jusqu'à présent, nous avons abordé les défis de l'industrie des centres de données qui poussent les leaders de l'infrastructure numérique à examiner les solutions de refroidissement par immersion. Nous avons également abordé quelques mythes qui ont été surmontés grâce aux conceptions modernes de refroidissement par immersion.

Ceci étant dit, examinons la liste de contrôle de l'état de préparation du refroidissement par immersion.

QU'EST-CE QUI PEUT ÊTRE IMMERGÉ ? La première étape de tout projet de refroidissement par immersion consiste à déterminer quels éléments de votre environnement peuvent être immergés.

	Air	Immersion
Calcul / Traitement	O	O
Réseau (cuivre, fibre monomode)	O	O
Commutation de réseaux	O	O
Stockage à l'état solide et lecteurs NVMe	O	O
Médias en rotation	O	Médias en rotation, s'ils sont scellés (DD)
Blocs d'alimentation	O	O

Lorsqu'il s'agit de refroidissement par immersion, il est important de noter qu'il existe différents types de refroidissement. Par souci de concision, nous nous concentrerons sur le refroidissement par immersion directe, que nous définirons brièvement.

Refroidissement direct par liquide (immersion). Un système de refroidissement par immersion relie directement les composants produisant de la chaleur à un liquide de refroidissement. La chaleur se déplace directement vers le liquide par convection. La chaleur peut être retirée du liquide de refroidissement de plusieurs manières. Le liquide de refroidissement peut être pompé vers un échangeur de chaleur, puis refroidi et recirculé. La chaleur peut également être transférée passivement du liquide à l'enceinte, cette dernière se refroidissant par convection naturelle dans l'air ambiant ; c'est ainsi que sont refroidis les transformateurs de puissance sur les lignes électriques.

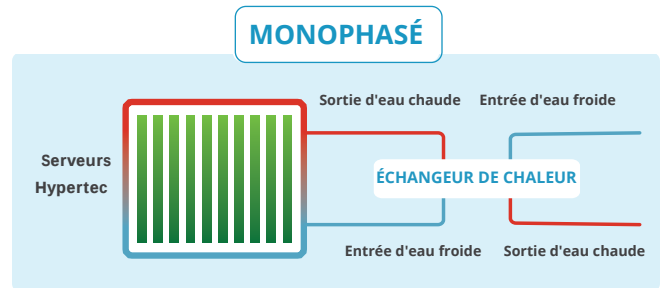
Dans la catégorie du refroidissement par immersion, deux types sont à prendre en considération :

- ✓ 1. Refroidissement par immersion monophasé
- ✓ 2. Refroidissement par immersion biphasé.

REFROIDISSEMENT MONOPHASÉ

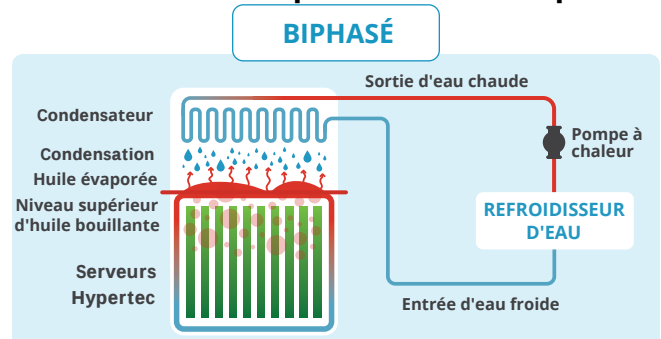
Comme son homologue à deux phases, la chaleur est transférée au liquide de refroidissement par contact direct avec les composants du serveur. Mais, **contrairement au refroidissement par immersion en deux phases, le liquide de refroidissement ne s'évapore pas.** Il reste en phase liquide (d'où son nom) et est refroidi par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur dans une unité de distribution de refroidissement (UDR). À l'aide d'un échangeur de chaleur, la chaleur est transférée vers un circuit d'eau plus froide. *Cette technique garantit que le risque d'évaporation du liquide de refroidissement est minime, voire nul.*

Refroidissement par immersion monophasé



REFROIDISSEMENT BIPHASÉ : Dans un système de refroidissement par immersion à deux phases, les composants électroniques sont immergés dans un bain de liquide diélectrique à transfert de chaleur, un bien meilleur conducteur de chaleur que l'air, l'eau ou l'huile.

Refroidissement par immersion biphasé



LE CHOIX D'HYPERTEC : *Le choix de la bonne solution* dépendra de votre cas d'utilisation. Cependant, après une évaluation des systèmes d'immersion monophasés et biphasés, Hypertec a décidé de concentrer sa feuille de route sur la technologie d'immersion monophasée. Le tableau suivant résume la comparaison des deux technologies effectuée par Hypertec au cours de son évaluation.

CRITÈRES	MONO PHASÉ	BI PHASÉ
Efficacité de l'utilisation de l'énergie (PUE)	✓	✓
Perte de fluide	✓	✗
Toxicité du fluide	✓	✗
Biodégradabilité du fluide	✓	✗
Compatibilité des matériaux	✓	✓
Coût	✓	✗
Maintenance	✓	✗

La dernière partie de cette liste de contrôle consiste à déterminer si vous êtes prêt pour le refroidissement par immersion. Avant de se lancer, il est essentiel de travailler avec un bon partenaire qui peut évaluer l'infrastructure actuelle de votre centre de données et la manière dont elle peut être adaptée pour prendre en charge le refroidissement par immersion. Pour y parvenir, tenez compte des éléments suivants :

Comment se préparer à l'immersion

1. Il est essentiel que vous connaissiez votre charge de travail et votre cas d'utilisation. La valeur commerciale doit correspondre à la capacité technologique pour tirer le meilleur parti du refroidissement par immersion. Il existe de nombreux cas d'utilisation où le refroidissement par immersion peut avoir un impact. Cependant, le type de serveurs, les réservoirs et l'architecture globale peuvent différer. Vous devrez comprendre votre marché et l'orientation de votre client. Si votre entreprise travaille plus étroitement avec des charges de travail à forte intensité de données ou de GPU, le refroidissement par immersion serait une bonne chose à envisager. N'oubliez pas que les charges de travail optimales pour le refroidissement par immersion comprennent le cryptominage,

le traitement visuel et graphique, les charges de travail basées sur le GPU qui nécessitent des calculs constants, les charges de travail d'IA et de LM, et la science des données.

Point essentiel, l'essor de ChatGPT a également mis en évidence le refroidissement par immersion. La formation des modèles de langues longues (MLL) et des robots de type ChatGPT est très gourmande en ressources. Une seule recherche sur Google peut alimenter une ampoule de 100 watts pendant 11 secondes, et une seule session de ChatGPT est entre 50 et 100 fois plus puissante que cela. Le refroidissement par immersion est un excellent outil pour dissiper la chaleur du GPU nécessaire au fonctionnement de nouvelles charges de travail telles que ChatGPT 3.5 et ChatGPT 4.

2. Faites le calcul pour le centre de données. Une partie cruciale de la préparation à l'immersion est le calcul environnemental des charges de travail, des BTU et du nombre de nœuds physiques pouvant entrer dans le réservoir. Par exemple, vous pouvez placer 144 serveurs dans un rack 48U à environ 100Kw par bâti.



Arrêtons-nous encore un instant sur ce point. Nous en avons parlé dans la section 2, mais le refroidissement par immersion monophasé offre plusieurs avantages en termes d'économies. Lorsqu'il est déployé, le refroidissement par immersion comme celui d'Hypertec peut réduire les dépenses opérationnelles de refroidissement de 95 % avec une efficacité d'utilisation de l'énergie de 1,03 (certifiée par une tierce partie). Pour ces systèmes, un retour sur investissement de moins d'un an est accompli,

de 95 % avec une efficacité d'utilisation de l'énergie de 1,03 (certifiée par une tierce partie). Pour ces systèmes, le retour sur investissement est inférieur à un an, même en tenant compte des économies d'électricité. Lorsqu'ils sont utilisés avec des serveurs prêts pour le refroidissement par immersion comme le Trident de CIARA, vous réduirez la quantité de calcul et de stockage nécessaire, diminuant ainsi le coût total de possession jusqu'à 33 %.

Voyons maintenant quelques calculs concrets. En utilisant un [calculateur d'économies pour le refroidissement par immersion](#), nous constatons que pour une installation utilisant environ 1 MW d'énergie, payant environ 0,10 \$ par kWh, les économies annuelles s'élèvent à environ 500 000 \$ par an. Ces calculs sont basés sur le PUE moyen des centres de données pour le refroidissement adiabatique indirect par rapport au refroidissement par immersion. Le PUE du refroidissement par immersion étant très bas, les centres de données de toutes tailles peuvent réaliser des économies directes grâce au refroidissement par immersion monophasé.

3. Vous devrez procéder à un examen architectural. Vous devrez déterminer si votre installation peut supporter le refroidissement par immersion ou si vous devrez la moderniser. Pour les opérateurs de centres de données, c'est plus facile si vous êtes propriétaire du bâtiment. Cependant, vous pouvez également travailler avec votre partenaire de colocation pour voir si le refroidissement par immersion peut vous convenir.

4. Travailler avec le bon partenaire. Le bon partenaire vous aidera grandement à vous préparer au refroidissement par immersion. Cela dit, il n'est pas nécessaire de devenir un expert en refroidissement par immersion pour déployer une solution. Un partenaire de premier plan peut vous aider à créer un service de gestion de votre écosystème de refroidissement par immersion. Ce service comprend l'évaluation des sites, la planification de l'installation, la conception de l'agencement des réservoirs, l'assemblage en usine, l'installation des logiciels et des systèmes d'exploitation, l'installation sur site et, très important, le câblage et l'étiquetage.

En gardant tout cela à l'esprit, nous allons conclure en examinant quelques solutions de refroidissement par immersion et la manière de commencer la transition.

Section 4 – Le circuit de refroidissement par immersion : L'innovation dans l'infrastructure

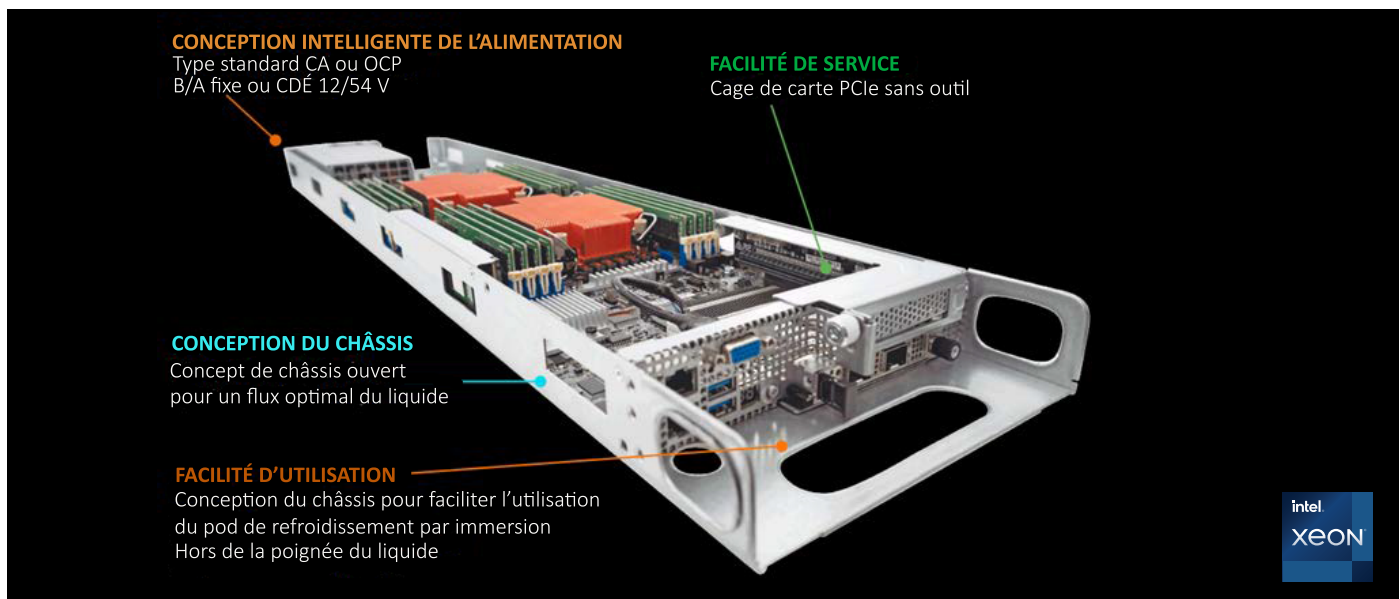
Avant de sauter dans le train du refroidissement par immersion, il est essentiel de comprendre vos cas d'utilisation et de savoir où le refroidissement par immersion peut avoir un impact important. N'oubliez pas qu'en fonction du composant et de la solution, un liquide ne peut éliminer qu'une partie de la chaleur. Cela dit, tous les équipements ne peuvent ou ne doivent pas être refroidis par immersion. Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'aspect le plus intéressant est que le refroidissement par immersion peut créer une solution globale dans laquelle chaque composant de votre conception est refroidi de manière adéquate. Il est donc essentiel de concevoir en fonction de votre cas d'utilisation.

Pour les organisations qui cherchent à tirer parti de la technologie d'immersion, il est essentiel de s'intéresser aux serveurs d'immersion qui dominent actuellement le marché. Par exemple, la gamme de serveurs Trident de CIARA a été la première à être développée spécifiquement pour le refroidissement par immersion monophasé. Ces serveurs offrent des performances de calcul à très haute densité, jusqu'à 288 processeurs par 48U (144 nœuds/18 432 cœurs). Ils sont conçus pour accueillir les cartes de processeurs, de GPU et de FPGA de la prochaine génération. Pour rester sur le thème des serveurs, nous devons également prendre en compte la durabilité.

La gamme de serveurs Trident de CIARA est conçue et fabriquée pour optimiser le flux de liquide dans le cadre d'un refroidissement par immersion monophasé, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie et d'eau et de maximiser la capture de la chaleur. L'architecture permet de réduire les émissions de carbone jusqu'à 40 %. De plus, Hypertec utilisera des matériaux recyclés pour construire la prochaine génération de systèmes Trident de CIARA, réduisant ainsi davantage son empreinte carbone.

Enfin, le refroidissement par immersion et le refroidissement par air ne s'excluent pas mutuellement dans la conception d'une bonne solution, ce qui signifie qu'il sera essentiel de travailler avec les bons partenaires pour concevoir votre écosystème. Que ce soit pour le CHP, le rendu, l'analyse informatique en périphérie, l'IA, l'apprentissage automatique ou l'apprentissage profond, le refroidissement par immersion a aidé tous ces cas d'utilisation à prospérer dans le monde de l'analyse.

Les leaders des centres de données ont également ressenti l'impact du refroidissement par immersion. « Le partenariat avec Hypertec était une étape logique pour offrir à nos clients une réduction d'énergie encore plus durable et économique grâce au refroidissement par immersion », a déclaré Patrick Quirk, directeur technique de Nautilus Data Technologies. « Les solutions de refroidissement par immersion d'Hypertec permettent aux clients de Nautilus de repousser les limites de l'augmentation des kilowatts pour une puissance inégalée sans augmentation de la consommation d'électricité. »





DERNIÈRES RÉFLEXIONS Les technologies des centres de données vont continuer à évoluer et il est certain que les données et les systèmes basés sur les données deviendront la charge de travail principale de nombreuses organisations. Pour prendre en charge ces cas d'utilisation, les dirigeants doivent repenser la manière dont ils déploient l'infrastructure critique et ce qu'ils utilisent pour assurer la capacité, la densité et l'efficacité.

Dans ce document, nous avons abordé de nombreux sujets relatifs au refroidissement par immersion en phase unique. Il s'agit notamment des sujets suivants :

- ' Mesures croissantes de la consommation d'énergie des centres de données
- ' Charges de travail évolutives, notamment CHP, IA, apprentissage automatique, apprentissage profond, etc.
- ' Travailler avec l'infrastructure existante et comment la moderniser
- ' Différences essentielles entre les solutions de refroidissement par immersion biphasé et monophasé
- ' Comment se préparer au refroidissement par immersion
- ' Innovation en matière d'infrastructure et de refroidissement par immersion

Pour commencer, il serait préférable de poser des questions réfléchies sur votre entreprise et sur la conception actuelle de votre infrastructure. Si vous souhaitez travailler avec des charges de travail à haute densité et axées sur les données, le refroidissement par immersion est optimal pour les avantages commerciaux et technologiques. Et lorsque vous pouvez accéder aux données plus rapidement, vous pouvez tirer parti de la technologie pour mieux positionner votre entreprise. Le refroidissement par immersion peut être un moteur essentiel pour la technologie et l'entreprise.