



ROBERT FRANCES GROUP
Business Advisors to IT Executives

120 Post Road West, Suite 201, Westport, CT 06880 Téléphone : 203-429-8950 Fax : 203-429-8930

Gagner en efficacité énergétique grâce aux serveurs x86

Jerald Murphy
Senior Vice-President et Directeur de la Recherche
Robert Frances Group

Résumé

Crise économique oblige, les entreprises se doivent de rentabiliser chaque dollar investi. Pour ce faire, elles automatisent autant que possible leurs processus, ce qui accroît leurs coûts informatiques alors qu'elles tentent de restreindre leurs dépenses. Nombreux sont les responsables informatiques ayant opté pour la consolidation de leurs serveurs à l'aide des technologies de virtualisation et de serveurs en lame. Malheureusement, la plupart des bénéfices attendus se sont jusqu'à présent avérés illusoires. En effet, aux coûts élevés des serveurs se sont ajoutés l'absence de technologies de virtualisation et d'administration réellement efficaces et l'inefficacité du refroidissement et des alimentations électriques de ces systèmes.

Pour l'heure, quasiment toutes les grandes entreprises ont déjà vu les coûts d'alimentation et de refroidissement de leur datacenter grimper en flèche. Leurs besoins de stockage ont certainement augmenté au gré de l'automatisation de leurs processus. Et cette capacité de stockage supplémentaire a elle aussi participé à la hausse de leurs coûts d'alimentation et de refroidissement.

Ces cinq dernières années, la quantité de chaleur moyenne à évacuer de chaque serveur a augmenté de plus de 100 watts et celle consommée par chaque serveur de plus de 300 watts. Les directeurs informatiques doivent absolument tenir compte de l'électricité requise pour alimenter et refroidir les centres de données car l'énergie consommée par un serveur tout au long de sa vie excède souvent son coût d'achat. D'autant plus que la situation économique actuelle freine le financement de la recherche sur les systèmes de refroidissement plus économes et empêche de maintenir la densité électrique requise à un niveau stable. D'après les études menées par RFG, l'efficacité énergétique du datacenter constitue la priorité n°1 des directeurs informatiques et devrait le rester quelques années encore. La capacité à administrer ces environnements virtualisés de nouvelle génération devraient jouer un rôle de plus en plus crucial. Les directeurs informatiques doivent donc anticiper s'ils souhaitent s'adapter à l'architecture et au fonctionnement des nouveaux datacenters et relever les nouveaux défis qui les attendent.

Selon RFG, les directeurs informatiques auront davantage de chances de gagner en efficacité énergétique, en rentabilité et en performance s'ils choisissent des solutions informatiques conçues pour optimiser simultanément ces trois derniers points. IBM et Intel ont justement fait équipe pour tirer parti des avantages de leurs technologies respectives les plus efficaces en énergie. Intel a pour sa part agrémenté son architecture de processeur Intel® Xeon® 5500 de nouvelles fonctionnalités qui accroissent sa capacité de traitement sans augmenter sa consommation d'énergie. Cette architecture intègre par ailleurs des fonctions de gestion de la mémoire qui garantissent un débit de données plus élevé sans accroître la consommation d'électricité du processeur. IBM a, de son côté, étendu les fonctionnalités de ses offres System x et BladeCenter à processeurs Intel Xeon 5500. Elles bénéficient désormais d'une gestion de la mémoire plus efficace, d'une gestion de la consommation d'énergie adaptative et de fonctions de virtualisation optimisées. La capacité de traitement de chaque élément du datacenter peut ainsi être exploitée au maximum, avec la garantie de coûts informatiques inchangés. Le serveur lame IBM HS22, par exemple, constitue un serveur efficace, capable de traiter de nombreux types de charges: il allie des performances exceptionnelles à des nombreuses options de configuration et une grande simplicité de gestion. Ce nouvel IBM BladeCenter HS22 offre ainsi un rapport prix/performance¹ amélioré de 60 % pour la virtualisation et de 33 % pour des applications métier critiques.

¹ L'optimisation de 60 % du rapport prix/performance a été calculée sur la base du test SPECint_rate_base comparatif du serveur lame HS21 à processeur Intel Xeon 5400 cadencé à 3,33 GHz et du serveur lame HS22 à processeur Xeon 5500 cadencé à 2,93 GHz. La comparaison de prix est basée sur les listes de prix publics du HS21 doté d'1 processeur et de 1 Go de mémoire et du HS22 en mode 7870-C4x doté d'1 processeur et de 2 Go de mémoire

Il offre également 50% plus de capacité mémoire² et des processeurs 12 % plus économes en énergie³ lorsqu'ils sont exploités à 100 % (50 % plus économes en veille) que ses prédécesseurs. Le serveur HS22 est en outre rétrocompatible avec tous les châssis BladeCenter, y compris le BladeCenter E. Tous les datacenters déjà dotés de ces châssis peuvent ainsi continuer d'investir dans de nouvelles lames serveur sans avoir à remplacer leur matériel ni perdre en performances. IBM propose également de puissants outils de gestion de la consommation d'énergie, parmi lesquels IBM Systems Director Active Energy Manager™, qui permet aux utilisateurs de mieux comprendre et gérer leur consommation d'énergie au moyen de fonctions de surveillance, d'analyse des tendances et de limitation de la consommation. Grâce aux nouvelles fonctions de ces serveurs de nouvelle génération, combinées aux fonctions de gestion et d'automatisation éprouvées d'IBM, les utilisateurs disposent de performances par watt optimales qui contribuent à rentabiliser chaque Euro investi dans leur centre de données.

Si Dell et HP offrent eux aussi des serveurs dotés de processeurs Intel Xeon 5500, leurs châssis demeurent moins efficaces (ex. unités d'alimentation moins économes en énergie, ventilateurs plus nombreux) et sont dépourvus d'une UEFI (Unified Extensible Firmware Interface), pour gérer plus complètement le système à distance. Quant à Cisco Systems, Inc. qui vient de faire son entrée sur le marché des serveurs lame, RFG craint qu'il ne lui faille un temps considérable avant d'atteindre les fonctionnalités de gestion et la rentabilité attendue des architectures de serveur lame x86 de nouvelle génération.

Etat des lieux des datacenters actuels et des problèmes rencontrés par les entreprises

Ces deux dernières années, les directions informatiques ont vu leurs coûts d'exploitation grimper en flèche. Cette hausse s'est avérée plus sensible pour les datacenters du fait de l'accroissement de la capacité de traitement et de la densité des serveurs, augmentant la consommation électrique.

Les problèmes de consommation d'énergie des datacenters

Afin de mieux maîtriser leurs ressources informatiques distribuées et de résoudre les problèmes d'efficacité énergétique, de nombreuses entreprises ont décidé de réduire le nombre de leurs datacenters. Il faut savoir que l'unité centrale d'un ordinateur autonome n'est généralement exploitée qu'à 15 %, tandis que sa capacité de stockage est exploitée à 20-30 %. Or, une fois centralisées, ces ressources peuvent être partagées et donc mieux exploitées. De plus, la taille des circuits intégrés n'a cessé de diminuer et la vitesse d'horloge des processeurs de croître, finissant par améliorer la performance des serveurs. Mais si la consolidation des datacenters et la densité accrue des systèmes ont amélioré le coût par transaction, elles ont également apporté leur lot de problèmes en terme d'espace, d'alimentation, de refroidissement et de gestion.

Lorsque ce n'est pas l'espace qui pose problème, ce sont les caractéristiques d'alimentation des serveurs qui ne permettent pas une exploitation efficace. En effet, la plupart des serveurs lame actuels consomment tant d'électricité que s'ils occupaient tous les emplacements d'un rack, ce dernier serait incapable de les alimenter toutes. Les datacenters ne supportent que 15 kW maximum par unité de surface occupée par un rack.

² Le serveur lame IBM HS21 XM offre 8 emplacements mémoire DIMM. Le HS22 en inclut 12. Chaque lame peut supporter des barrettes DIMM de 8 Go maximum. 12 = 50 % plus que 8.

³ Mesures internes d'Intel sur la base des tests SPECjbb2005* du mois d'août 2007. Configurations système : 2S, processeurs 80 W, 8 DIMM, 1 disque dur, 1 bloc d'alimentation. Excepté Irwindale = processeurs 110 W ; évaluation de la consommation basée sur le test SPECjbb2005. Evaluation par Intel d'une plate-forme Tylersburg-EP à processeurs de 95 W cadencés à 2,93 GHz de septembre 2008. Ces informations sont préliminaires et peuvent être modifiées à tout moment avant le lancement officiel du produit.



Or il faudrait 30 kW pour alimenter un rack entièrement équipé de serveurs lame actuels. Non seulement les unités d'alimentation à même de fournir cette capacité d'alimentation à un rack sont rares, mais la majorité des salles machines sont incapables de dissiper la chaleur générée par de telles configurations. Par conséquent, une importante partie de l'espace offert par les racks est inutilisable.

En outre, rares sont les serveurs lame à inclure toutes les fonctions nécessaires à la gestion de leur consommation d'énergie. Exploités à seulement 10 % de leur capacité, ces serveurs pourraient offrir de plus hauts niveaux de densité si la capacité d'alimentation qui leur était délivrée pouvait être modifiée en fonction directe de la charge de travail. L'idéal serait que la capacité d'alimentation soit mieux exploitée, quelle que soit la charge de travail.

Les problèmes relatifs aux serveurs

La plupart des serveurs dans les datacenters actuels ont été conçus pour allier performances et optimisation des coûts, mais leur efficacité énergétique a été négligée. Il en résulte que l'alimentation et le refroidissement de ces systèmes peuvent représenter 40 % des coûts d'exploitation de ces serveurs. Le coût de l'électricité consommée par un serveur tout au long de sa vie peut donc s'avérer plus élevé que son prix d'achat. L'amélioration de l'efficacité énergétique relève de divers facteurs, comme la conversion de puissance et l'exploitation de l'électricité, ainsi que la gestion des systèmes.

La plupart des serveurs pour datacenters actuels sont équipés d'unités d'alimentation efficaces en énergie à seulement 70 %. Autrement dit, 30 % de l'électricité transmise au serveur se transforme en chaleur et est donc gaspillée. Les unités d'alimentation inefficaces en énergie coûtent cher en électricité, que ce soit pour l'alimentation des serveurs ou pour leur refroidissement. Qui plus est, les serveurs récents ne sont exploités qu'à 15 % de leur capacité. Or, la consommation électrique (alimentation et refroidissement confondus) des serveurs traditionnels reste identique quel que soit le taux d'utilisation des ressources du serveur. Autrement dit, dix serveurs exploités à 10 % de leur capacité consommeront bien plus d'électricité qu'un ou deux serveurs exploités à 80-90 % de leur capacité.

A ces problèmes d'efficacité s'ajoute la consommation électrique excessive de certains des premiers serveurs lame commercialisés. Les serveurs lame peuvent exiger 30 KW par rack pour leur alimentation. Ces racks ne peuvent pas être refroidis correctement, soit requièrent des systèmes de refroidissement spécifiques pour supporter une telle densité. Les systèmes de refroidissement capables de supporter cette densité doivent être installés dans des racks adjacents qui mobilisent un espace précieux dans la salle machines. Certains systèmes à installer au-dessus du rack peuvent optimiser le refroidissement mais exigent une certaine hauteur sous plafond. Des fabricants de serveurs proposent même des boîtiers à porte réfrigérante. Toutefois, certains de ces systèmes nécessitent des racks personnalisés et peuvent également s'avérer inadaptés aux racks trop profonds. Les directions informatiques doivent s'assurer que toute nouvelle technologie de refroidissement est adaptée à la capacité d'alimentation de l'architecture actuelle de leur datacenter ou que l'espace requis par ces technologies a été prévu dans les plans de la future salle machine.



Enfin, l'absence de solutions efficaces de gestion de la consommation d'électricité pose souvent problème aux entreprises exploitant les systèmes lame actuels. L'idéal serait de pouvoir réduire la consommation d'électricité lorsque la charge de travail des systèmes est moindre. Toutefois, la plupart des systèmes actuels ne permettent pas de changement de tension ou de fréquence des processeurs et n'offrent généralement aucune visibilité sur leur consommation d'énergie réelle. La plupart du temps, les exploitants de datacenters doivent faire appel à des prestataires spécialisés pour gérer avec précision la consommation d'énergie des systèmes.

Les problèmes économiques rencontrés par les entreprises

La crise économique exacerbe les problèmes économiques relatifs aux datacenters. Le budget accordé à la plupart des directeurs informatiques ne leur permet pas d'investir et de rentabiliser leurs investissements de manière optimale. D'où la recherche de financement créatifs, à défaut d'autofinancement. Cette restriction budgétaire est d'ailleurs valable tant pour les investissements que pour les coûts d'exploitation.

Le coût de l'énergie ne cesse de grimper. La seule alternative restante pour contrebalancer cette hausse est de réduire les frais immobiliers. C'est pourquoi de nombreuses entreprises délocalisent leurs datacenters vers des régions plus attractives en termes de coûts immobiliers, d'électricité et de main d'oeuvre. Et pour réduire davantage encore leurs frais de main d'oeuvre, elles restreignent au maximum leurs effectifs et adoptent des systèmes plus simples à implémenter et gérer.

Les actions susceptibles de résoudre ces problèmes

Selon RFG, quantité d'actions peuvent être entreprises pour résoudre les problèmes posés par les datacenters actuels et à venir. Ces actions incombent tant aux directions informatiques qu'aux fournisseurs de systèmes.

Les actions incombant aux directions informatiques

Les exploitants de datacenters peuvent envisager différentes actions pour alléger la pression financière et environnementale qui pèse actuellement sur les sociétés. Ils peuvent par exemple mettre en place une stratégie intelligente de consolidation de serveurs, qui passe par la virtualisation méthodique des ressources informatiques et la planification proactive des besoins en matière de locaux et de gestion du centre de données. La modernisation des serveurs dans leur datacenter peut également s'avérer extrêmement fructueuse. L'automatisation et le contrôle étendus des serveurs leur permettraient de réduire les frais de personnel.

La consolidation de serveurs

La consolidation de serveurs constitue une première étape vers l'amélioration du taux d'utilisation des ressources informatiques. Elle permet de confier la gestion de plusieurs processus à un même serveur pour optimiser l'exploitation de ses ressources qui, en configuration traditionnelle, ne sont généralement exploitées qu'à hauteur de 10 %. Cette consolidation nécessite toutefois une analyse, une planification et une implémentation minutieuses pour offrir les résultats attendus par le service informatique et tout autre département concerné.

Lorsque divers départements d'une entreprise investissent dans des serveurs distincts, ils doivent décider qui « détient » et « contrôle » les ressources des serveurs consolidés. C'est pourquoi il est préférable de consolider des applications de même nature, exécutées par le même département d'entreprise, dans la mesure du possible. Les bases de données utilisées sur les serveurs nécessitent une attention toute particulière. Il convient en effet de regrouper



les bases de données similaires sur des serveurs consolidés. L'autre intérêt souvent ignoré de la consolidation est la réduction du nombre de serveurs requis par l'élimination des applications et bases de données superflues. La prolifération des serveurs résulte généralement des stratégies qui consistent à allouer « à chaque application/base de données un serveur propre ». Si la virtualisation et la consolidation peuvent immédiatement résoudre ce problème de prolifération de serveurs physiques, la planification et la gestion efficaces des systèmes demeurent essentielles pour éviter de reproduire les mêmes erreurs. Cela peut passer par la gestion du portefeuille d'applications. Les grandes entreprises exécutent généralement des centaines, si ce n'est des milliers d'applications. La plupart du temps, des applications anciennes continuent d'être exécutées sans toutefois être exploitées du fait de fusions, d'acquisitions et de la modification des processus business. Les directions informatiques qui consolident leurs serveurs de manière intelligente peuvent réduire de manière significative la consommation d'énergie actuelle et future de leur datacenter.

La virtualisation

La tendance actuelle est à la virtualisation, un terme dont la signification varie selon l'utilisateur. De manière générale, la virtualisation consiste à séparer les services informatiques des systèmes physiques qui les fournissent. Pour bon nombre de personnes, la virtualisation ne concerne que les serveurs. Or les réseaux, systèmes de stockage et quasiment tous les systèmes informatiques peuvent être virtualisés.

Appliquée aux serveurs, la virtualisation consiste en l'ajout d'une couche qui permet de regrouper sur un même équipement matériel plusieurs applications exécutées sous différents systèmes d'exploitation (et sur différents serveurs). RFG suggère aux directeurs informatiques de considérer la virtualisation comme un moyen de consolider les ressources de leur centre de données. La plupart des services informatiques d'entreprise commencent par virtualiser leurs systèmes non-stratégiques puis étendent progressivement cette démarche à davantage d'applications. Les directeurs informatiques doivent savoir qu'ajouter une couche de virtualisation à un système aux fins de consolidation complexifie leur environnement, ce qui accroît la charge de travail des gestionnaires et responsables de la sécurité. Aussi est-il préférable d'opter pour des solutions de virtualisation qui s'intègrent de façon simple à l'infrastructure informatique.

Vers plus de pilotage et d'automatisation

Les directions informatiques doivent automatiser leurs serveurs et mieux les contrôler. Or, les systèmes tendent à être de plus en plus virtualisés et denses, les rendant plus délicats à contrôler. Par souci de sécurité, les exploitants de datacenter limitent volontairement le nombre de personnes habilitées à accéder aux systèmes dans la salle machine. Les applications et systèmes deviennent quant à eux plus dynamiques. L'automatisation du provisioning de nouveaux serveurs et la migration d'images entre serveurs deviendra donc essentielle à l'efficacité des opérations. L'utilisation de serveurs offrant des interfaces standard vers les systèmes de contrôle et de provisioning autorise une automatisation plus étendue et souple, ce qui réduit le nombre de techniciens requis pour la gestion des serveurs et donc les coûts de main d'oeuvre tout en accroissant la flexibilité et la sécurité du datacenter.

Les actions incombant aux fournisseurs

Si les exploitants de datacenters peuvent dès à présent entreprendre des actions pour traiter les problèmes de consommation d'énergie et d'espace, les fournisseurs d'équipements doivent eux aussi tenter de miser davantage sur l'exploitation optimale de l'énergie, des technologies de refroidissement et de l'espace que sur l'optimisation des performances.



Des serveurs plus efficaces

Afin de proposer des solutions plus efficaces en énergie, les constructeurs devraient s'attacher à fabriquer des processeurs moins énergivores et des systèmes à même d'exploiter l'énergie de manière optimale. Cela implique pour les fabricants de processeurs et fabricants de serveurs de coordonner leurs efforts de conception de systèmes.

Selon RFG, de nombreux fournisseurs de systèmes ont commencé par fabriquer des systèmes capables d'exploiter au mieux les processeurs existants, puis ils ont augmenté la vitesse d'horloge et la tension de leurs processeurs pour enfin adapter la vitesse d'horloge et la tension à la charge de travail à traiter. D'autres fournisseurs ont pris le parti d'accroître le débit global de traitement de la charge de travail en augmentant le nombre de coeurs de processeur dans les systèmes et en réduisant la vitesse d'horloge et la tension du processeur. Quoi qu'il en soit, les fournisseurs de processeurs doivent faire des choix intelligents en matière d'architecture pour fournir la meilleure efficacité énergétique possible. Ainsi les processeurs fonctionneront avec plus d'efficacité tout en pouvant traiter davantage de charges de travail.

Outre ces efforts en matière d'efficacité énergétique, les constructeurs doivent améliorer l'adaptabilité de leurs serveurs aux différentes charges de travail. Autrement dit, leurs serveurs doivent être conçus de manière à n'exploiter que l'énergie minimum nécessaire pour traiter la charge de travail requise. Enfin, il conviendrait d'optimiser les fonctions de gestion de mémoire de leurs processeurs. Car qui dit mémoire mieux exploitée dit temps de latence des systèmes réduit et possibilité d'exécuter un plus grand nombre d'images virtuelles sur un même serveur physique.

Des technologies de virtualisation plus efficaces

Alors que les entreprises tendent à consolider leur infrastructure au sein de centres de données plus étendus, il est essentiel que l'espace physique soit exploité de manière optimale. Pour ce faire, il est possible de consolider plusieurs applications individuelles, exécutées sur des serveurs distincts, au sein d'une infrastructure centralisée à base de serveurs en lames. Malheureusement, quantité de ces applications sont généralement exécutées sur différents serveurs équipés de différents systèmes d'exploitation. Seules les technologies de virtualisation permettent à ces applications de coexister sur une même plate-forme.

Si les technologies de virtualisation sont aujourd'hui nombreuses, la plupart d'entre elles restent relativement statiques. Elles manquent généralement de fonctionnalités suffisamment autonomes et automatisées et ne permettent pas de déployer des charges de travail et de réallouer les ressources des serveurs au gré de l'évolution des besoins de l'entreprise.

Une meilleure gestion de la consommation d'énergie

Des efforts restent également à fournir en matière de gestion de la consommation d'énergie des serveurs. Alors que les coûts de l'énergie représentent parfois jusqu'à 40 % du budget d'exploitation informatique des entreprises, il est crucial d'élargir la recherche à tous les domaines susceptibles de permettre une amélioration de l'efficacité énergétique. L'utilisation efficace de l'électricité constitue en effet le principal facteur déterminant du coût total de possession d'un serveur. Parmi les caractéristiques devant entrer en compte dans le choix d'une solution pour mieux maîtriser la consommation électrique figurent l'efficacité des dispositifs de distribution d'électricité, la consommation d'électricité de l'UC, l'efficacité du système de refroidissement et l'adaptabilité de la consommation d'énergie. Alors que les entreprises tendent à investir davantage dans des serveurs lame pour virtualiser leur environnement, elles ne doivent pas négliger l'importance de choisir des systèmes dont la consommation d'électricité peut être adaptée à la charge de travail à traiter.

L'alliance des serveurs d'IBM et le processeur Intel Xeon 5500: une solution efficace à l'ensemble de ces problèmes

Les directions informatiques seront ravis d'apprendre qu'IBM et Intel ont travaillé main dans la main pour tenter de résoudre les problèmes auxquels les confronte leur datacenter. L'architecture de processeur Intel Xeon 5500 illustre les avancées réalisées par Intel en termes de consommation d'énergie et de performances optimisées. Intégrée à l'architecture efficace en énergie d'IBM, elle a permis à Big Blue de proposer des System x plus économes. L'IBM BladeCenter[®] en est un exemple. Avec ses processeurs Intel Xeon, cette solution occupe jusqu'à 50 %⁴ d'espace au sol de moins, est 35 % moins énergivore⁵, coûte 65 % moins cher en connectivité⁶ et nécessite 84 % moins de câbles que les serveurs rack traditionnels, sans rien perdre en performance⁷. Grâce à cette alliance entre les solutions IBM BladeCenter et les processeurs d'Intel, les performances d'ensemble du datacenter peuvent s'optimiser et réduire ainsi les coûts d'exploitation et d'électricité.

Les atouts de l'architecture Intel Xeon 5500

La dernière architecture de processeur Xeon 5500 développée par Intel résout de nombreux problèmes énergétiques. Le processeur Intel Xeon 5500 gravé en 45nm combine de nouvelles fonctions de gestion de la consommation d'énergie à des performances grandement améliorées, en particulier en matière de gestion de la mémoire.

Le choix entre plusieurs options d'alimentation

Premièrement, ce processeur se décline en différentes versions vous laissant libre de choisir le niveau de consommation le mieux adapté aux performances attendues. Certains processeurs Intel Xeon 5500 ne consomment que 60 watts en utilisation et répondent ainsi aux besoins de réduction des coûts d'électricité. Lorsque de hautes performances s'imposent, des processeurs Xeon 5500 deux fois plus performants peuvent intégrer une UC sans consommer davantage d'électricité que les processeurs de génération précédente, à savoir 95 watts maximum.

Les paramètres P States (Performance States) et T States (Throttling states)

Les nouveaux processeurs Intel Xeon 5500 supportent différents niveaux P States et T States. Les fournisseurs de serveurs peuvent ainsi modifier de manière dynamique la performance et la consommation d'énergie des processeurs, de sorte que l'énergie consommée par chaque processeur soit réduite au minimum lorsqu'il n'y a aucune charge de travail à traiter, par exemple. Pour les serveurs faiblement utilisés, cela permet des économies

⁴ <http://www-03.ibm.com/systems/migratetoibm/systems/bladecenter/> IBM BladeCenter inclut jusqu'à 84 serveurs compatibles avec BladeCenter E contre 42 serveurs 1U en un rack et ne requiert pas d'espace supplémentaire pour les commutateurs réseau.

⁵ *ibid.* Basé sur les résultats des tests techniques de consommation d'énergie réalisés par IBM. La consommation d'énergie des lames représente la consommation moyenne de tout le châssis.

⁶ Basé sur les listes de prix publiées sur le Web par IBM et HP

⁷ Calculs basés sur 1 rack rempli de (6) châssis BladeCenter E entièrement chargés de lames, comparé à ce même châssis s'il était entièrement chargé de (42) serveurs 1U traditionnels

d'énergie exceptionnelles. Le processeur Xeon 5500 propose 15 niveaux de consommation d'énergie contre 3 pour le Xeon 5300, consomme 10 W par coeur en veille, soit 40 W de moins que son prédécesseur, et offre un temps de transition entre les niveaux de consommation de 2 microsecondes seulement au lieu de 10 microsecondes pour le Xeon 5300. Il consomme ainsi nettement moins d'électricité sans rien perdre en performances.

Ces possibilités sont exploitées par des systèmes de gestion de la consommation d'énergie pour permettre de piloter constamment les caractéristiques de consommation d'énergie du serveur et de limiter la consommation du processeur ou de la modifier lorsque le serveur le nécessite.

Un Front-side Bus directement intégré au processeur

Parmi les améliorations les plus notables apportées à l'architecture Intel Xeon 5500 figure l'intégration du front-side bus au processeur. Elle contribue à améliorer les performances de la mémoire système en réduisant le temps de latence des E/S vers la mémoire et en augmentant la capacité mémoire adressable des systèmes. Tous les serveurs à processeur Intel Xeon 5500 exploitent une mémoire DDR3. Leur nouvelle architecture est capable de prendre en charge davantage d'emplacements pour barrettes mémoire. La bande passante de la mémoire est jusqu'à 3,63 fois plus importante que celle des processeurs précédents⁸, répondant ainsi plus efficacement aux besoins des applications gourmandes en bande passante mémoire, comme les applications de base de données⁹.

Des performances accrues pour une consommation identique

Les nouveaux processeurs à architecture Intel Xeon 5500 offrent des performances jusqu'à 2,4 fois supérieures à celles de leurs prédécesseurs, avec 8 threads par coeur au lieu de 2. Par ailleurs, les nouveaux processeurs intégreront bientôt la technologie Turbo Boost d'Intel, qui permet l'« over clocking » de chaque coeur tout en maintenant la consommation d'énergie totale du système en-deçà des seuils des paramètres environnementaux établis. Intel a par ailleurs incorporé sa technologie Intel® Intelligent Power Technology, qui réduit la consommation d'électricité chaque fois que les besoins en performances baissent.

Par ailleurs, les nouveaux processeurs à architecture Intel Xeon 5500 consomment jusqu'à 47 % de moins que leurs prédécesseurs de la gamme Xeon 5400 en veille. Les nouvelles technologies Integrated Power Gates et Automated Low Power States permettent à chaque coeur d'atteindre une consommation proche de zéro en veille, quelle que soit la charge de travail traitée par les autres coeurs. Ce contrôle de la consommation d'énergie des coeurs peut s'effectuer manuellement ou automatiquement, accroissant ainsi grandement la flexibilité de la gestion de l'alimentation.

Les nouveaux processeurs Intel Xeon 5500 incluent également des fonctionnalités améliorées de virtualisation qui permettent l'utilisation d'hyperviseurs de virtualisation et la migration transparente des images de systèmes d'exploitation et applications virtuels. Intel a par ailleurs intégré les fonctions de virtualisation VT-x à ses

⁸ Résultats du comparatif entre le processeur Nehalem-EP cadencé à 2,93 Ghz et le processeur Xeon X5482 cadencé à 3,20 Ghz

⁹ Performances améliorées 2,54 fois selon le banc d'essais TPC-C Oracle comparant le processeur Nehalem-EP au processeur Xeon X5460 cadencé à 3,16 Ghz

processeurs, ainsi que VT-d pour l'optimisation du transfert de données et VT-c pour l'amélioration des connectivités réseau. Intel apporte ainsi aux directions informatiques une approche globale de la virtualisation, capable d'améliorer l'efficacité de tout leur système virtualisé.

Les atouts d'IBM System x

Les nouveaux serveurs System x ont été conçus pour tirer parti des fonctionnalités des processeurs Intel Xeon 5500, garantes d'une efficacité énergétique, d'une gestion et d'une utilisation de la mémoire et de l'espace exceptionnelles.

La conception

Tout d'abord, les IBM System x sont construits sur une architecture efficace en énergie. IBM est aussi le seul constructeur à avoir obtenu un certificat de conformité à la norme UEFI 2.1. UEFI 2.1 est un BIOS (Basic Input/Output System) de nouvelle génération, qui accroît l'efficacité et la flexibilité de tout le serveur. La conception physique des serveurs System x a en outre été optimisée pour nécessiter moins de ventilateurs tout en assurant la même performance de refroidissement. Le principal avantage d'une gestion des ventilateurs est de réduire la ventilation au minimum nécessaire au refroidissement du processeur et de tous les autres composants du système. Pour ce faire, les serveurs System x incluent des ventilateurs à vitesse variable, dont la cadence peut être modifiée de manière dynamique pour offrir la ventilation nécessaire en fonction des changements de température.

Les serveurs x3550 M2 et x3650 M2 incluent également un altimètre qui permet d'ajuster la cadence du ventilateur en fonction de la densité de l'air : si le système est situé au niveau de la mer, les ventilateurs peuvent tourner moins rapidement que s'il était en altitude. Cette flexibilité dynamique est cruciale en ceci que la consommation d'énergie d'un ventilateur varie en fonction de sa vitesse de rotation, et ceci de manière exponentielle. A l'autre extrémité de la gamme IBM x86 l'architecture iDataPlex garantit par nature une excellente aération, ce qui réduit la consommation électrique requise pour extraire la chaleur du serveur, ainsi que les besoins de refroidissement du datacenter.

Les économies d'énergie nécessitent des unités d'alimentation sans pertes. Les nouveaux serveurs IBM System x incluent justement des blocs d'alimentation AC/DC garantis d'une efficacité énergétique de 93 %. Alors que certains datacenters ont adopté des redresseurs de courant continu, IBM considère cette approche comme peu économe. Selon les études réalisées par IBM, cette technique ne permet aucune économie d'énergie car elle requiert l'intégration de convertisseurs d'alimentation supplémentaires du rack pour pouvoir fournir une alimentation différente aux divers composants du système.

L'exploitation de la mémoire

IBM est le seul à offrir des systèmes garantis d'une exploitation de la mémoire aussi performante. Compatibles avec les barrettes de mémoire DIMM DDR3 de 8 Go, ces systèmes peuvent offrir jusqu'à 96 Go de mémoire totale disponible. La capacité mémoire totale des serveurs IBM System x en rack passe à 128 Go, et même 144Go, la capacité maximale offerte par l'architecture même du Xeon 5500. Cela augmente de manière significative l'efficacité des serveurs virtuels, car qui dit davantage de mémoire dit plus grand nombre de serveurs virtuels pouvant être exécutés sur un même système.

Contrôle et gestion avancés de la consommation d'énergie

IBM propose à ses clients des outils logiciels qui facilitent le contrôle et la gestion de la consommation d'énergie. IBM Systems Director Active Energy Manager™ est un plug-in pour



la gestion de système qui surveille et remonte les tendances de la consommation d'énergie réelle des systèmes IBM.

L'évaluation précise de la consommation d'énergie est essentielle pour gagner en économie. Active Energy Manager facilite également la gestion de la consommation d'énergie en permettant de limiter l'utilisation de chaque serveur ou d'un groupe de serveurs et en étendant le contrôle de la consommation d'énergie à certains fournisseurs d'équipements non-IBM pour offrir un aperçu complet de la consommation d'énergie du centre de données.

Certains serveurs lame bénéficient par ailleurs d'autres améliorations de la conception et de l'approche de l'alimentation et du refroidissement qui réduisent les points de défaillance. Le châssis IBM BladeCenter, par exemple, peut exploiter quatre unités d'alimentation pour alimenter de manière redondante jusqu'à 14 serveurs et leurs commutateurs. 28 unités d'alimentation seraient nécessaires à une solution de serveurs 1U traditionnels empilés pour en faire de même. IBM BladeCenter bénéficie également d'une solution thermique avancée et partagée, dotée de deux ventilateurs remplaçables à chaud qui consomment seulement 100 W en moyenne. Ces deux ventilateurs remplacent les 112 ventilateurs généralement requis par les autres serveurs, qui consomment bien plus de 600 W. Ils offrent ainsi la même efficacité de refroidissement tout en garantissant davantage de fiabilité et une consommation d'énergie moindre.

Le nouveau serveur lame IBM BladeCenter HS22 tire pleinement parti des atouts de l'architecture Intel Xeon 5500, notamment de sa fonctionnalité Turbo, qu'il est possible d'activer et de désactiver à loisir, selon les besoins des applications et du système. L'IBM BladeCenter HS22 permet également l'over-clocking du processeur, sans dépassement de la consommation d'énergie maximum recommandée.

L'espace

Les 9 unités de hauteur du châssis 9U IBM BladeCenter H permettent de loger davantage de systèmes au sein d'un même rack que les solutions traditionnelles, ce qui accroît la performance totale de chaque rack du centre de données. Les nouveaux serveurs en lame IBM BladeCenter HS22 valorisent en outre vos investissements en châssis pour lame existants en s'adaptant tant aux châssis BladeCenter H qu'aux châssis BladeCenter E. Le châssis BladeCenter E de 7U peut accueillir jusqu'à 14 lames HS22, soit jusqu'à 84 serveurs par rack standard. Avec 14 nouveaux serveurs lame BladeCenter HS22 à double processeur Xeon 5500 par châssis, soit 168 processeurs par rack standard (42U), IBM reste le leader en matière de densité. Par ailleurs, le contrôleur de mémoire du processeur prend en charge jusqu'à 50 % de mémoire DDR3 de plus. Ces nouvelles fonctionnalités offrent la flexibilité attendue par les directeurs informatiques souhaitant configurer leurs serveurs/mémoires en fonction de leurs besoins stratégiques spécifiques.

iDataPlex offre en outre d'autres avantages en termes d'espace. Son système de refroidissement liquide très performant dispense du conditionnement de l'air. La température rejetée à l'arrière du serveur peut être inférieure à celle aspirée à l'avant. Cette technologie de refroidissement liquide de rack est 70 % plus efficace que les technologies traditionnelles de refroidissement par air. Grâce à cet écosystème efficace en énergie, il est possible d'économiser jusqu'à 10 148 \$ par rack chaque année. Par ailleurs, iDataPlex offre aux clients manquant d'espace au sein de leur centre de données une densité 50 % supérieure, sans dépasser les seuils d'alimentation et de refroidissement traditionnels au mètre-carré. Ce dispositif appelé Rear Door Heat eXchanger contribue à refroidir la salle informatique.

Plusieurs options de disques

IBM laisse aux directeurs informatiques toute la latitude requise pour choisir le type de disque qui répond le mieux à leurs besoins. Ils peuvent ainsi utiliser des disques standard, plus abordables à l'achat mais qui consomment 10 watts. Ils peuvent également opter pour un système sans disque, ce qui accroît la fiabilité des lames dotées d'une option de démarrage du serveur depuis le SAN (Storage Area Network). Selon RFG, les directeurs informatiques sont de plus en plus nombreux à choisir cette option pour améliorer la flexibilité de leur environnement tout en accroissant la fiabilité de l'ensemble.

Les directeurs informatiques peuvent enfin opter pour des disques SSD (Solid-State Disk). Ces derniers ne consomment qu'1 watt et constituent ainsi une solution idéale pour les entreprises désireuses de réduire leur consommation d'énergie. Par ailleurs, la lecture des données est 100 fois plus rapide sur un disque SSD que sur un disque rotatif. Si le prix d'achat d'un SSD est actuellement 10 fois plus élevé que celui des disques durs, sa rapidité de lecture des données 100 fois supérieure offre un coût par transaction nettement inférieur et en fait une solution idéale pour les applications nécessitant un haut débit de lecture. Le prix des SSD baissant plus rapidement que celui des disques durs, il y a fort à parier, selon RFG, que les performances accrues, le faible coût par transaction et la disponibilité à plus long terme des SSD feront des serveurs lame qui en sont équipés des offres attractives pour quantité d'applications.

Des fonctionnalités de virtualisation améliorées

Les serveurs System x d'IBM supportent la plupart des hyperviseurs du marché, y compris VMware ESXi embarqués. Leur grande capacité mémoire disponible (mentionnée précédemment) participera par ailleurs à accroître le nombre de serveurs virtuels pouvant être implémentés sur un même serveur physique. Il s'agit d'une amélioration cruciale puisque chaque serveur physique virtualisé peut permettre d'économiser 300 à 1 000 watts.

En outre, les serveurs d'IBM tirent parti de toutes les fonctionnalités de virtualisation de l'architecture Intel Xeon 5500, y compris les technologies VT-x, VT-d et VT-c. La grande capacité de traitement d'E/S des serveurs IBM répondra quant à elle aux besoins de connectivité accrue résultant de la consolidation massive et de la virtualisation. Chaque serveur virtuel aura ses propres besoins de connectivité inter-serveur et externe. Aussi, le nombre de serveurs virtuels pouvant être installés sur un même système sera limité par la capacité de traitement d'E/S du système.

IBM propose aux directeurs informatiques en quête de hautes performances et donc de processeurs à plus de quatre coeurs, des systèmes qui tirent parti des processeurs Xeon 7400 à six coeurs d'Intel. Les IBM System x3850 M2 et x3950 M2 offrent davantage de performances encore grâce à leur chipset personnalisé, conçu par IBM, qui inclut un filtre de surveillance (snoop filter), lequel améliore l'efficacité de la mise en cache du système et donc son évolutivité. Ce filtre de surveillance d'IBM permet aux processeurs de déterminer les entrées en cache et d'éliminer le trafic sur le Front-Bus. Les processeurs peuvent ainsi directement accéder à la mémoire cache ou principale, ce qui accroît grandement leurs performances¹⁰.

¹⁰ Le System x3950 M2 est l'un des serveurs à processeur Intel de pointe le plus rapide de l'industrie. Ses performances surpassent celles de la concurrence de plus de 50 %, d'après les résultats du banc d'essais TPC-c des systèmes x86. Il s'agit du premier serveur x86 à battre le record d'1 million de transactions par minute au banc d'essais TPC-C <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/25129.wss>

La technologie mémoire qui équipe ces systèmes de pointe en fait la seule offre 4U capable d'évoluer de 2 à 16 sockets, jusqu'à accueillir un total de 96 coeurs et d'1 To de mémoire. Le processeur ABX permet à ces systèmes d'IBM d'atteindre la même cadence de mémoire avec des débits supérieurs et une consommation inférieure de 3/4 à celle des systèmes de la concurrence. En outre, ces systèmes exploitent la technologie Xcelerated Memory d'IBM, qui permet l'utilisation de davantage de barrettes DIMM à des fréquences supérieures.

Pour que la virtualisation porte ses fruits, il convient de mettre en place une stratégie efficace de gestion des systèmes couvrant tant les ressources physiques que les ressources virtuelles. A l'instar des serveurs physiques, les serveurs virtuels risquent de proliférer en cas de gestion inappropriée des systèmes. C'est pourquoi IBM a intégré des fonctions de gestion de la virtualisation à son logiciel IBM Systems Director. Les administrateurs peuvent ainsi détecter, inventorier et surveiller l'état de leurs serveurs virtuels et physiques et des topologies inhérentes au moyen d'un seul et même outil. Systems Director permet également de bénéficier des fonctions de gestion de la virtualisation de VMware, qui permettent le déclenchement automatique d'actions VMware, comme Vmotion, au moyen de plans d'actions basés sur la notion d'événements.

Les avantages liés à la disponibilité

Alors que les entreprises tendent à consolider davantage d'applications en les virtualisant sur des serveurs lame pour accroître le taux d'utilisation des serveurs, quantité de directions informatiques s'interrogent sur la disponibilité de ces systèmes. Tout système lame tombant en panne a des effets plus dramatiques que jamais sur l'entreprise. Non seulement la panne d'une lame peut à présent affecter davantage d'applications, mais la panne d'un châssis peut également impacter une dizaine de serveurs, si ce n'est plus. Les lames doivent être conçues de manière à garantir une haute disponibilité pour dispenser les directeurs informatiques d'investir dans de nouveaux serveurs redondants.

C'est le cas des châssis IBM BladeCenter, contrairement aux systèmes de HP. HP a d'ailleurs rencontré des problèmes avec ses unités d'alimentation, dûs à un défaut de conception¹¹. IBM utilise des connexions électriques redondantes pour assurer l'indépendance du système par rapport à la source d'alimentation. Celles-ci sont complétées par un bus d'alimentation redondant, dont les systèmes de HP sont dépourvus. Selon RFG, ce bus d'alimentation redondant est crucial car toute interruption de l'alimentation d'une lame peut affecter plusieurs lames. L'utilisation d'un bus d'alimentation redondant garantit la continuité de l'alimentation et dispense d'investir dans des serveurs redondants.

La connectivité réseau est tout aussi importante pour la redondance du système, notamment de par la nature distribuée et connectée des applications d'entreprise actuelles. IBM propose justement un mid-plane et des E/S redondantes pour assurer la continuité de la connectivité de tous les serveurs et processus.

¹¹

http://h20000.www2.hp.com/bizsupport/TechSupport/Document.jsp?objectID=c01519680&dimid=1012424238&dclid=alr_sep08&jumpid=em_alerts/us/sep08/all/xbu/emailsuid/mrm/mcc/loc/rbu_category_AdvisoryCUSTOMER/alert

Les limites des autres plates-formes

D'autres plates-formes exploiteront certainement les processeurs Intel Xeon 5500, particulièrement efficaces, sans toutefois offrir les mêmes synergies que les solutions IBM/Intel Xeon 5500.

Les limites des plates-formes de HP

Voici certaines des limites des plates-formes de HP :

Aucune UEFI (Unified Extensible Firmware Interface)

L'interface UEFI est un standard de l'industrie qui permet l'ajout d'une interface de gestion graphique au niveau du BIOS (Basic Input/Output System). Elle a été développée par Intel Corporation mais est à présent gérée par le Unified EFI Forum, un organisme de normalisation. Si HP offre également des fonctions de gestion à distance, dénommées iLO (Integrated « Lights-Out »), celles-ci ne sont disponibles que sur ses équipements propriétaires, doivent être achetées avec le serveur (iLO est inclus avec la plupart des serveurs ProLiant) et imposent un abonnement annuel.

L'absence du contrôle granulaire des ventilateurs

Bien que les châssis de classe C et H de HP incluent des ventilateurs, ces derniers ne présentent pas les mêmes caractéristiques que ceux proposés par IBM. Leur cadence ne peut en effet pas être régulée avec la même précision que celle des ventilateurs d'IBM. Parce qu'ils sont plus nombreux et moins contrôlables, ils coûtent également plus cher en énergie, ce qui accroît les coûts d'électricité de tout le centre de données. Par ailleurs, les ventilateurs de HP sont plus bruyants que ceux d'IBM. Si cela ne représente pas un gros problème pour les grands datacenters, puisque la tendance est à la gestion des serveurs à distance, mais peut en être un pour les configurations plus restreintes où les serveurs ne sont pas situés dans des datacenters.

Les limites des plates-formes de Dell

A l'instar des serveurs de HP, les serveurs de Dell ne sont actuellement pas conformes à la norme UEFI. De même, ils ne supportent pas les mêmes capacités de mémoire, exploitent des unités d'alimentation moins efficaces (91 % contre 93 %) et sont dépourvus de fonctions complètes et intégrées de gestion. Dell propose également des boîtiers pour rack de 10U, qui occupent davantage d'espace dans le centre de données. Ses systèmes consomment par ailleurs plus d'électricité que les serveurs d'IBM comparables.

Le boîtier M1000e de Dell inclut six unités d'alimentation et peut être configuré de manière à être pleinement redondant. Ce n'est qu'à cette condition, toutefois, qu'il peut réduire de manière dynamique l'énergie consommée par les unités d'alimentation lors des baisses d'activité. Les systèmes de Dell peuvent être configurés pour inclure neuf ventilateurs redondants avec technologie « Low Flow ». La gestion de la chaleur est ainsi plus efficace que sur les serveurs PowerEdge 1950 de Dell, mais pas aussi granulaire que celle des systèmes d'IBM. A l'instar de HP, les systèmes de Dell utilisent des technologies intégrées et propriétaires : Dell Remote Access Controller (iDRAC) et CMC, une interface de gestion à distance. Leur mémoire est généralement limitée à 32 Go (support de 64 Go via des DIMM de 8 Go bientôt disponible¹².)

¹² Fiche produit Dell PowerEdge de janvier 2008
http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/pe_m_series_blades_specs.pdf

Conclusion

Selon RFG, la consommation d'énergie constituera la préoccupation n°1 de la plupart des directeurs informatiques des grandes entreprises pour les 10 années à venir, voire au-delà. Les directeurs informatiques ne pourront pas ignorer ce problème. L'une des principales solutions à leur disposition pour accroître l'efficacité de leur datacenter sera d'utiliser des serveurs lame pour optimiser la performance par watt de leurs systèmes. Ils réduiront ainsi leurs coûts énergétiques tout en augmentant la fiabilité et l'adaptabilité de leur infrastructure. Seule la gestion efficace de l'efficacité énergétique de leur datacenter leur permettra d'en réduire les coûts.

La consommation d'électricité des systèmes devra être prise en considération lors de la planification du centre de données. Pour ce faire, les directions informatiques devront collaborer étroitement avec les exploitants des équipements pour sélectionner des systèmes capables de fonctionner au sein de leur environnement conformément aux standards de l'industrie. Ils pourront également compter sur IBM, qui met à leur disposition son outil de gestion de la consommation d'énergie afin de les aider à résoudre ces problèmes¹³.

Puisque les serveurs, de plus en plus gourmands en électricité, occuperont la plus grande partie de l'espace des datacenters, les processeurs et serveurs efficaces en énergie constitueront des facteurs déterminants dans le choix des serveurs de centre de données, selon RFG. Parmi les autres facteurs qui entreront en ligne de compte à l'heure de ce choix figureront également la conception du datacenter, ainsi que la possibilité de virtualiser l'infrastructure informatique.

Sur la base de tous ces facteurs, RFG en conclut que l'alliance entre les systèmes IBM BladeCenter et les nouveaux processeurs Intel® Xeon® 5500 est l'assurance de performances et d'une fiabilité inégalées. IBM a conçu ses serveurs lame de manière à satisfaire la demande croissante de centres de données écologiques. Il a su tirer parti des fonctions de gestion de la mémoire des processeurs Intel Xeon 5500 pour optimiser l'utilisation de la mémoire disponible et ses performances. Il a par ailleurs travaillé en étroite collaboration avec Intel pour améliorer ses fonctions de gestion dynamique de la consommation d'énergie et offrir le meilleur ratio performance par watt grâce à l'intégration d'une UEFI, qui améliore la gestion à distance tout en se conformant aux standards de l'industrie.

Les contraintes imposées par les futurs centres de données sont plus que jamais exacerbées. La capacité de traitement requise ne cesse de croître, tout comme les contraintes de refroidissement, d'alimentation et d'espace, tandis que les budgets se réduisent comme peau de chagrin. Les serveurs lame peuvent s'avérer une excellente option pour accroître les performances des systèmes d'entreprise mais ne sont réellement avantageux que lorsque processeurs et architecture de serveur fonctionnent de manière synergique, de manière à minimiser les contraintes et à maximiser les performances.

¹³ L'outil de gestion de la consommation d'énergie est disponible sur <http://www-03.ibm.com/systems/bladecenter/resources/powerconfig/index.html>

Certains systèmes, comme ceux de Dell et HP, sont conçus pour répondre à ces problèmes, sans toutefois offrir de réelles synergies avec le processeur qu'ils exploitent. Les solutions de HP nécessitent davantage de ventilateurs et consomment par conséquent plus d'électricité. Tout comme celles de Dell, elles utilisent des interfaces de gestion propriétaires qui ne permettent pas d'intégration inter-systèmes. L'utilisation de toutes les fonctionnalités de l'interface iLO de HP impose l'achat de licences logicielles supplémentaires, ce qui accroît les coûts de gestion. Cisco Systems propose quant à lui de nouvelles lames mais son manque d'expérience en conception de serveurs risque fort de limiter sa capacité à proposer des solutions offrant une synergie entre processeur et architecture de serveur.

Contrairement à ses concurrents, IBM dispose de l'expérience, de la réputation et des compétences requises pour concevoir et fournir des processeurs et des serveurs systèmes lame intégrés, garants de performances optimales pour le datacenter et qui répondent aux exigences écologiques du futur de manière économique et fiable.

Tous droits réservés. 120 Post Road West, Suite 201, Westport, CT 06880. Téléphone : 203/429-8950. Fax : 203/429-8930 www.rfgonline.com. Cette publication et toutes les publications connexes ne doivent en aucun cas faire l'objet d'une reproduction, de quelque manière que ce soit, par voie électronique ou mécanique, sans consentement écrit préalable. Les informations et éléments contenus dans le présent document se basent sur des données fiables et précises à la date de la publication. Elles ne sont toutefois fournies qu'à titre indicatif. Des copies du présent document sont disponibles à un prix symbolique.