



Syntec | DES ENTREPRISES
NUMERIQUE | QUI CHANGENT
LE MONDE

DATA CENTERS ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

État de l'art et perspectives



LIVRE VERT | JUIN 2011

6^e Livre Vert



PRÉFACE

Les technologies numériques irriguent chaque jour de nouvelles façons de produire, de consommer, de se déplacer et de communiquer. Elles démultiplient nos opportunités économiques, culturelles et sociales.

L'adoption en 2008 du plan France numérique 2012 permet à la France de saisir ces opportunités. Voulu par le président de la république et le premier ministre, ce plan replace notre pays parmi les grandes nations numériques à l'horizon 2012.

Pour renforcer notre avantage technologique, nous avons garanti le déploiement des infrastructures de réseaux, en accélérant le développement du très haut débit fixe et mobile et plus largement en complétant le maillage numérique de nos territoires. Nous avons également décidé d'investir 2,5 Md€ au profit des usages et des contenus numériques. Ces fonds serviront, par exemple, à développer de nouveaux projets dans l'e-santé, l'e-éducation, l'e-sécurité, mais aussi la nanoélectronique, le logiciel embarqué ou le cloud computing. Enfin, nous avons structuré la gouvernance de notre économie numérique et reconnu la diversité de ses acteurs et de ses partenaires : la France dispose désormais d'un Conseil national du numérique, force d'échange, de proposition et de prospective sur l'avenir des technologies numériques.

Je veux le souligner : cette offensive publique n'a eu de cesse d'être complétée, enrichie, valorisée par la réflexion d'acteurs privés qui, à l'instar du syndicat Syntec Numérique, anticipent les mutations stratégiques des filières numériques.

Ce Livre Vert en est une parfaite illustration, tant la maîtrise énergétique de nos centres de traitement des données ou datacenters doit garantir la performance de ces infrastructures critiques et accompagner le respect de nos engagements européens et internationaux sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Les termes de l'équation sont désormais connus. Si les technologies de l'information permettent de réduire notre empreinte écologique, les datacenters font aujourd'hui face à trois principaux enjeux : optimiser leur consommation d'énergie, améliorer leur



Eric Besson,
Ministre chargé de l'Industrie,
de l'Énergie et de
l'Économie numérique.

performance technologique, saisir les opportunités de croissance liées à l'essor du cloud computing. La France se veut à l'avant-garde sur ces trois sujets, qui sont au cœur des trois domaines que j'ai l'honneur de servir : l'industrie, l'énergie et l'économie numérique.

Comme ministre de l'économie numérique, je suis convaincu de l'intérêt stratégique que présente le déploiement, sur nos territoires, de nouveaux datacenters. Comme ministre de l'énergie, je suis attaché à concilier efficacité énergétique, disponibilité maximale des infrastructures et maîtrise des coûts de fonctionnement. Enfin, comme ministre de l'industrie, je tiens à ce que nous renforçons notre potentiel technologique dans le secteur des serveurs et des systèmes de gestion des données.

Face à un marché des centres de traitement de données dits « verts » dont la taille triplera au cours des cinq prochaines années pour dépasser 10 Md€, je souhaite que la France développe dès à présent les meilleures pratiques.

Je félicite Syntec Numérique d'offrir des premières réponses concrètes à cette ambition en présentant dans ce Livre Vert l'état de l'art des centres de traitement de données ainsi que des recommandations sur la réduction de leur consommation d'énergie.

PRÉFACE

La croissance des besoins en énergie est à l'évidence l'un des grands enjeux du XXI^e siècle. Il est urgent de rechercher d'autres sources d'énergie et, conjointement, d'optimiser nos consommations. Le secteur des TIC doit gérer une croissance exponentielle du nombre de données et des besoins de traitement. Toute l'industrie investit dans des technologies et des processus à même d'accompagner ce mouvement, à la fois en termes économiques – pour diminuer les coûts et augmenter l'accès à l'information du plus grand nombre –, technologiques – afin de garantir rapidité, sécurité, intégrité des données – mais aussi environnementaux – maintien des émissions carbone.

L'émergence du Cloud computing permet d'industrialiser l'IT dans un optique de réduction des coûts de la données (transmission et traitement). Public, il entraîne la construction de datacenters géants (dont certains dépassent la superficie de plusieurs stades de football). Privé, à l'échelle de l'entreprise, ils concentrent de plus en plus les ressources serveurs. Dans ce contexte, les datacenters représentent une brique-clé de ces évolutions, poussant non seulement l'économie partenariale dans les investissements futurs entre les acteurs habituels des TICs mais aussi avec les champions de l'énergie en favorisant les consommations d'énergie renouvelables et les modèles de consommation optimisée. Ils constituent aussi une opportunité d'économie d'énergie importante. Car, si réunir des serveurs dans des centres de calcul concentre les phénomènes d'échauffement et de consommation énergétique, cela facilite aussi toutes les mesures d'optimisation et les possibilités de mieux mesurer, contrôler et diminuer les ressources énergétiques nécessaires.

La virtualisation tend à rationaliser l'utilisation des serveurs, en concentrant quand c'est possible plusieurs serveurs virtuels sur un serveur physique. C'est une première étape significative d'économie d'énergie. La collaboration des différents acteurs qui optimisent l'ensemble des composants pour limiter au maximum la consommation des composants et des serveurs en est une seconde. Les alternatives de refroidissements, l'optimisation de l'espace sont autant d'actions et de pistes pour limiter la consommation énergétique de ces centres de traitement.



Eric Boustouller, Président
du Comité Développement
Durable de Syntec Numérique.

Les opérateurs de datacenters géants ouvrent la voie de cette réflexion. Lorsque l'on parle de 100000 serveurs, une réduction de la consommation, même minime, de chacun de ces serveurs prend tout de suite du sens, en terme de coût,

d'économie d'énergie et d'émission de CO². Mais prenons bien conscience que cet impact, même s'il apparaît mineur sur un « petit » datacenter de quelques dizaines de serveurs, est du même ordre de grandeur si l'on additionne l'ensemble de ces « petits » datacenters à l'échelle globale... Savoir s'inspirer de ces fermes de données géantes et de leurs innovations est l'un des moyens les plus efficaces dans cette démarche. Les PUE (Power Usage Effectiveness) ont été diminués significativement ces derniers mois (de 1,8 à 1,1 environ). Ces progressions montrent qu'en allouant réflexions et analyse, les ingénieurs réussissent à repousser les limites de l'optimisation.

Ce nouveau volume a pour objet de présenter l'état de l'art ainsi que les perspectives à court et moyen terme. Il est conçu pour les décideurs informatiques qui souhaitent mettre en œuvre une démarche de Green IT en optimisant leurs ressources serveurs. Ces approches, mises en œuvre aussi bien sur les serveurs eux-mêmes que dans les salles ou containers les hébergeant, devraient profiter à toute la profession. Rien n'interdit de penser que dès demain de petits datacenters soient gérés comme des mini container en « freecooling » avec un PUE digne des datacenters les plus modernes.

Ce livre vert se propose d'accompagner cet élan en informant et en ouvrant la voie au plus grand nombre. Il bénéficie des apports complémentaires des divers acteurs du Syntec Numérique dans le groupe de travail Green IT que je remercie vivement pour leur engagement et leur collaboration. Une vue sur la réglementation et ses évolutions possible et souhaitées (cf. le Livre Vert sur le management des gaz à effet de serre), permettra au lecteur de faire le pont entre la volonté de l'entreprise d'œuvrer dans le sens du développement durable et le cadre légal qui, de mois en mois, s'affine au regard des contraintes de santé, d'environnement et d'énergie. Que cette lecture vous soit agréable, instructive et nous l'espérons source d'inspiration pour vos datacenter et leurs optimisations.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	7
1.1 L'énergie : l'enjeu du siècle	7
1.2 Green IT : réduire l'empreinte du système d'information	7
1.3 Le datacenter , un service indispensable pour l'entreprise	7
1.4 L'émergence du concept de « green datacenter »	8
2. ETAT DE L'ART DU DATACENTER	8
2.1 Définition et éléments constitutifs	8
2.1.1 Qu'est ce qu'un datacenter ?	8
2.1.2 Deux équipes distinctes	9
2.1.3 Un environnement hautement sécurisé	9
2.2 Caractéristiques fondamentales	9
2.2.1 Disponibilité électrique	9
2.2.2 Systèmes de refroidissement	10
2.2.3 Equipements informatiques	12
2.3 Différents types de datacenters	13
2.3.1 Situation géographique et niveau de risque	14
2.3.2 Niveaux de disponibilité	14
3. PERSPECTIVES À COURT ET MOYEN TERME	15
3.1 Confinement et densité	15
3.2 Modularité	16
3.3 Urbanisation	17
3.4 Un nouveau type de datacenter : le container	18
3.5 Cloud computing	19
4. RÉGLEMENTATION : DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DATACENTER	21
4.1 Environnement	21
4.1.1 Déchets électroniques (DEEE)	21
4.1.2 Dispositifs anti-incendie à gaz	21
4.1.3 Fourniture de courant électrique	21
4.1.4 Gaz frigorigènes	22
4.1.5 Contrôle des climatisations	22
4.1.6 Mesures volontaires	22
4.2 Protection des salariés	23
5. QUELLES ACTIONS POUR LA DSI ?	23
5.1 Revoir sa stratégie d'hébergement ?	23
5.2 Mesures, indicateurs, et bonnes pratiques	23
5.2.1 Mesurer pour optimiser	23
5.2.2 Les indicateurs de suivi	24
5.2.3 Adopter des bonnes pratiques	25
5.3 Optimiser l'infrastructure technique existante	27
5.3.1 Réduire la consommation électrique liée au refroidissement	27
5.3.2 Free-cooling	27
5.3.3 Plages climatiques	28
5.3.4 Architecture du bâtiment	28
5.4 Optimiser le contenu informatique	28
5.4.1 Gérer le cycle de vie des équipements en fonction de leur impact environnemental	28
5.4.2 Choisir des matériels éco-responsables	29
5.4.3 Choisir des matériels s'adaptant à l'usage	29
5.4.4 Gérer la fin de vie des équipements	30
5.4.5 Piloter le fonctionnement électrique	30
5.5 Optimiser la couche logicielle	31
5.5.1 Consolidation et virtualisation : quel impact pour les datacenter ?	31
5.5.2 Identifier et supprimer les services inutiles	32
5.5.3 Optimisation des applications	32
5.5.4 Gestion de données	33
6. CONCLUSION	33
7. RETOURS D'EXPÉRIENCES	34
GLOSSAIRE	37
CONTRIBUTEURS	39

1. INTRODUCTION

1.1. L'énergie : l'enjeu du siècle

Les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) ont façonné le monde d'aujourd'hui. Elles sont à l'origine de la révolution industrielle et du développement des transports, deux révolutions qui ont modelé l'organisation sociale et économique actuelle de l'humanité. Malheureusement, il ne nous a fallu que 200 ans pour épuiser ces ressources non renouvelables. Les stocks de pétrole, de gaz, et de charbon seront vides d'ici quelques décennies et ne se reconstitueront pas avant plusieurs centaines de millions d'années. Bon gré ou malgré, nous n'avons donc pas d'autre choix que de tendre vers plus de sobriété énergétique, le temps de trouver des alternatives viables aux énergies fossiles. D'autant que l'exploitation intensive de ces ressources carbonées a considérablement augmenté l'effet de serre ces 50 dernières années, entraînant un dérèglement climatique global. Ce dérèglement climatique met en danger la survie de l'humanité, notamment en accélérant l'écroulement de la biodiversité.

1.2. Green IT : réduire l'empreinte du système d'information

C'est dans ce contexte que la notion d'informatique éco-responsable (ou Green IT en anglais) a émergé. La raréfaction des sources primaires d'énergie non renouvelables s'est matérialisée lors de l'explosion du prix du pétrole en 1991 puis en 2008 et 2011. L'augmentation continue du coût de l'électricité – générée à plus de 60 % dans le monde à partir de sources primaires carbonées – est progressivement devenu un sujet sensible. Depuis quelques années, les entreprises tentent de réduire leur facture électrique pour faire des économies et réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. D'autres thématiques telles que la gestion des déchets électroniques, leur toxicité, et les enjeux sociaux sont venues s'ajouter.

1.3. Le datacenter, un service indispensable pour l'entreprise

Le système d'information représente le nouveau système nerveux des entreprises. Il véhicule les flux de données entre applications, collaborateurs et partenaires. Sans lui, une entreprise est paralysée et ne peut plus fonctionner. Au centre du système d'information, le datacenter concentre les données et les traitements informatiques critiques. Cette tendance est renforcée depuis le début du 21ème siècle par l'émergence des architectures applicatives web : SaaS, Cloud computing, etc. Si bien que les besoins en espace de stockage et en puissance de calcul ne cessent de croître. Corollaire, la consommation électrique des datacenters a plus que doublé dans le monde entre 2000 et 2005.

Conçu en moyenne il y a plus de 10 ans, les datacenters existants ne permettent pas de répondre à cette demande croissante. En effet, pour éviter de construire de nouveaux datacenters, les entreprises ont



Le Datacenter idéal se doit d'être plus efficient, c'est-à-dire de réaliser plus d'opérations en consommant moins d'énergie.

densifié leur puissance informatique. Cette densification s'est traduite par une augmentation très importante de la consommation électrique des datacenters qui est passée de 300 watts/m² au début des années 2000 à plus de 1500 watts/m² aujourd'hui. Cette augmentation de l'électricité consommée par les serveurs et le sous-dimensionnement des systèmes électriques et de refroidissement se traduit par des problèmes techniques en tout genre : surchauffe et problèmes de dissipation de la chaleur, manque d'espace pour ajouter de nouveaux éléments, tension sur l'approvisionnement en électricité, etc. si bien que l'essentiel de la consommation électrique des salles existantes est perdue en raison d'une conception inadaptée aux besoins actuels.

1.4. L'émergence du concept de « green datacenter »

L'émergence des contraintes techniques, économiques et environnementales liées à la consommation d'énergie des datacenters pousse aujourd'hui les entreprises à améliorer l'efficacité énergétique de leurs installations existantes et à concevoir de nouveaux datacenters plus sobres. L'idée est de faire fonctionner une salle informatique avec un maximum d'efficacité énergétique, le plus longtemps possible, avec un impact minimal sur l'environnement, tout en maintenant le niveau de service attendu. Le Datacenter idéal se doit d'être plus efficient, c'est-à-dire de réaliser plus d'opérations en consommant moins d'énergie. L'objectif de ce 6^e livre vert du Syntec Numérique est de vous présenter les solutions qui peuvent vous aider à tendre vers cet objectif.

2. ÉTAT DE L'ART DU DATACENTER

2.1. Définition et éléments constitutifs

2.1.1. Qu'est ce qu'un datacenter ?

Un datacenter⁽¹⁾ est un site hébergeant l'ensemble des systèmes nécessaires au fonctionnement des applications informatiques. On y retrouve toutes les infrastructures logicielles et matérielles utilisées dans le domaine IT⁽²⁾ et non-IT. Concernant l'IT, il s'agit des serveurs, des baies de stockage, et des équipements réseaux permettant les échanges internes et externes. Le non-IT comprend les équipements gérant le pilotage, la production, et la distribution de l'énergie et du refroidissement. Le terme datacenter désigne un site informatique de taille très variable : d'une salle de quelques mètres carrés à plus de 10000 m². Un datacenter est toujours constitué de trois composants élémentaires :

- **L'infrastructure**, c'est-à-dire l'espace et les équipements nécessaires au support des opérations du datacenter. Cela comprend les transformateurs électriques, les alimentations sans interruption (UPS), les générateurs, les armoires de climatisation (CRAC), les systèmes de distribution électrique, etc. Dans certains Datacenter, cette infrastructure consomme deux fois plus d'espace que l'espace destiné à héberger les équipements informatiques.

- **Les équipements informatiques** comprenant les racks, les serveurs, le stockage, le câblage ainsi que les outils de gestion des systèmes et des équipements réseaux.

- **Les opérations**, c'est-à-dire le personnel d'exploitation qui pilote, entretient et répare les systèmes IT et non-IT lorsque cela est nécessaire.

2.1.2. Deux équipes distinctes

Dans la majorité des entreprises, deux équipes distinctes en charge de l'informatique et des systèmes de support se partagent le travail. Cette situation est problématique à plusieurs titres. D'une part, le DSI ne connaît pas la consommation électrique et les problèmes associés de ses datacenters. D'autre part, l'évolution des besoins informatiques influence directement l'infrastructure physique. Pour réduire efficacement la consommation électrique d'un datacenter, les deux équipes doivent absolument travailler main dans la main. C'est l'un des grands enjeux du «green datacenter».

2.1.3. Un environnement hautement sécurisé

Divers dispositifs assurent la sécurité du bâtiment et des équipements informatiques. La sécurité d'accès regroupe du gardiennage 24 h / 24, des sas unipersonnels (man-trap), et des technologies d'authentification multi-zones : badges, code, lecteur empreintes digitales, etc. Le datacenter intègre également des systèmes de prévention des risques environnementaux. On trouve notamment un système de détection d'eau chargé d'alerter en cas de fuite (les climatiseurs fonctionnent en effet sur la base d'un réseau d'eau glacée). Les datacenter disposent également d'un double système de détection incendies basé sur deux technologies différentes pour garantir la fiabilité de l'information. Un système complexe d'extinction y est relié, basé couramment sur la diffusion rapide et globale d'un gaz neutre destiné à absorber l'oxygène. Ces éléments, clairement constitutifs d'un datacenter, impactent les conditions d'exploitation et la complexité du datacenter. Au même titre que les autres, ils doivent être maintenus et supervisés.

2.2. Caractéristiques fondamentales

2.2.1. Disponibilité électrique

La fonction la plus évidente du datacenter est sa capacité à fournir de l'énergie électrique conformément au besoin de puissance et avec la stabilité requise par les équipements informatiques. Cette fourniture électrique doit répondre à trois exigences incontournables.

1 – Fournir de l'électricité en quantité suffisante

Classiquement un datacenter est composé de centaines de baies informatiques qui contiennent en moyenne entre 10 et 20 serveurs. Ainsi un datacenter de 10000 m² va consommer autant qu'une ville moyenne de 50000 habitants. Cette densité énergétique suppose des

(1) Ou «centre de traitement des données» en français.

(2) Information Technology ou Technologie de l'information.

équipements de transformation et de distribution, eux-mêmes source de pertes énergétiques au sein du datacenter.

2 – Fournir de l'électricité de haute-qualité

L'électricité fournie aux serveurs doit être de haute qualité – pas de micro-coupures, de surtensions ou de baisses de tension – car les serveurs sont peu tolérants à ce genre de phénomène. Ceci implique d'équiper l'infrastructure du datacenter de nombreux équipements palliatifs ou correctifs dont les plus connus sont les onduleurs. Ces derniers sont couplés à des réseaux de batteries destinées à assurer la transition lors des coupures de faible durée. Les onduleurs, au même titre que tous les équipements électriques contribuent à la consommation électrique du datacenter qui apparaît au travers du PUE décrit plus tard dans ce document. Pour que des onduleurs soient le plus efficaces possible, il faut qu'ils soient parfaitement optimisés pour la capacité de la salle, laquelle n'est généralement pas connue de manière précise lors de sa conception. En début de vie, un datacenter est souvent moins efficace car peu rempli. Un datacenter en fin de vie est souvent mal adapté du fait de l'incapacité à prévoir ce que sera dans 5 à 10 ans la nature et le nombre d'équipements informatiques hébergés. La réalisation de capacity planning est donc un élément déterminant dans le dimensionnement d'un datacenter afin d'assurer une efficacité énergétique maximale durant toute son exploitation.

3 – Fournir de l'électricité secourue

Le niveau de disponibilité du kWh électrique standard est très inférieur à celui attendu par les équipements informatiques. Cela implique d'être en mesure de produire localement et en toute autonomie l'énergie nécessaire à l'alimentation des équipements informatiques. Selon le niveau de disponibilité attendu, les équipements sont alimentés par deux sources électriques distinctes, avec leurs onduleurs, leur réseau de batteries et leur(s) groupe(s) électrogènes dédiés. Ces mêmes groupes électrogènes, alimentés en fuel, doivent être testés périodiquement pour s'assurer de leur bon fonctionnement. La disponibilité électrique a un coût économique et environnemental. La distribution électrique d'un datacenter traditionnel (Tier3 avec un PUE de 2,5), représente environ 20 % de la consommation électrique totale du datacenter.

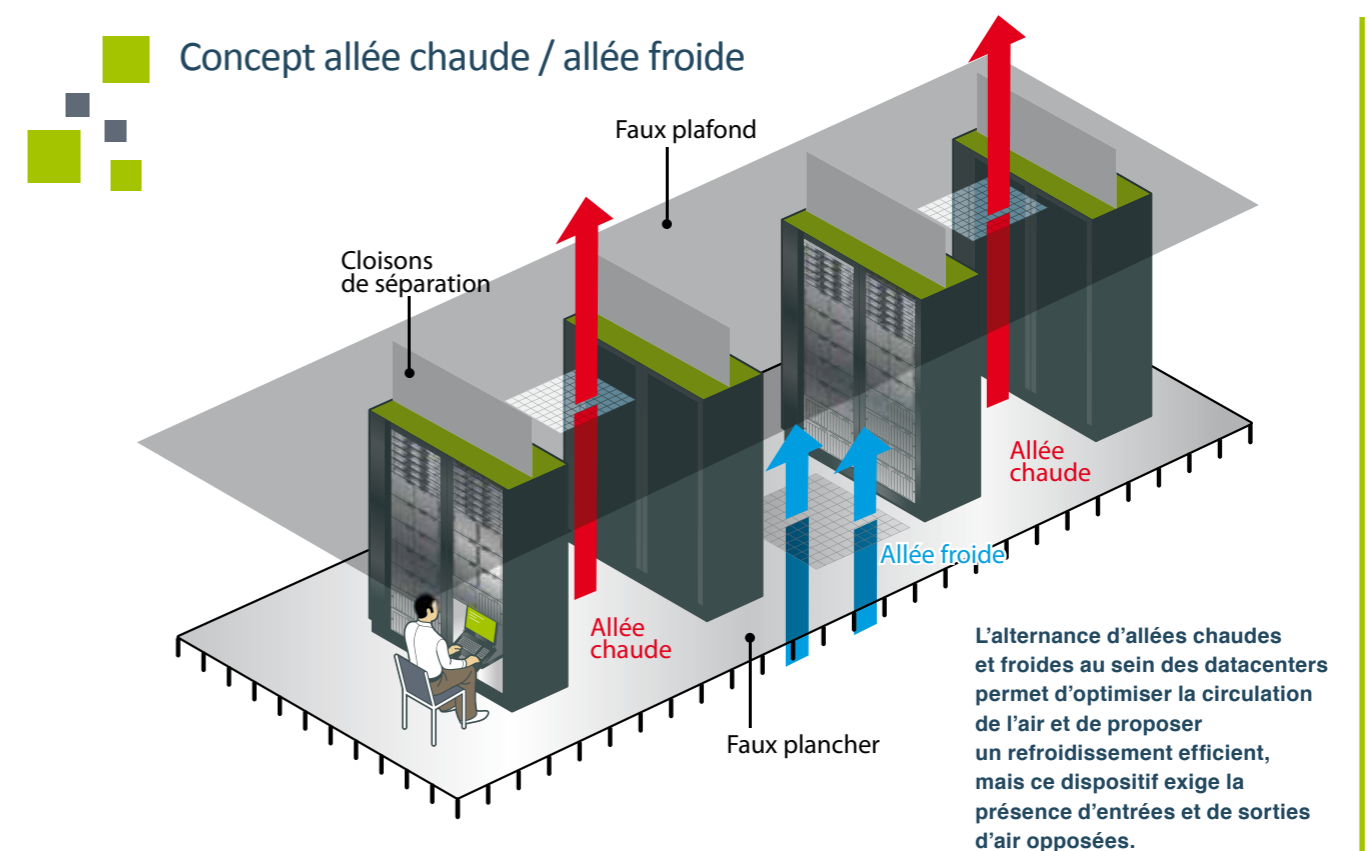
2.2.2. Systèmes de refroidissement

L'énergie électrique consommée par les équipements informatiques est quasi-intégralement convertie en chaleur. À l'échelle d'une salle, la puissance dissipée est colossale. Sans système de conditionnement d'air, la température atteindrait en quelques minutes un seuil au-delà duquel les équipements cesseraient de fonctionner. Pour retirer l'énergie excédentaire de la salle, on utilise un système de conditionnement d'air. Ce système doit également assurer le maintien d'un niveau stable d'hygrométrie, ce qui accroît encore sa consommation énergétique. À titre d'exemple, un datacenter de 1 000 m² dont la puissance dissipée au mètre carré est de 1 000 watts présente une consommation électrique annuelle d'environ 4 300 MWh pour le seul conditionnement d'air effectué à l'aide d'un système de climatisation en recyclage.

Le dispositif de refroidissement comporte trois éléments clés :

- **Refroidissement des équipements** : le fluide de refroidissement le plus communément utilisé est l'air pour des raisons de facilité de mise en œuvre. Le refroidissement par liquide peut être mis en œuvre de façon directe ou indirecte. De plus en plus d'équipements informatiques sont déjà dotés de drains thermiques (heat pipe) qui favorisent l'échange de chaleur entre la puce et l'extérieur du composant.
- **Refroidissement des baies** : il n'est plus réalisé par convection naturelle mais par convection forcée et des refroidissements à eau sont disponibles.
- **Implantation des baies dans les salles** : s'il paraît souhaitable d'apporter de l'air froid à l'entrée des baies, il est bien plus difficile de le faire dans la réalité. En effet, le personnel qui agence les baies dans les salles n'a pas toujours le choix de l'emplacement. La disparité du matériel ne permet pas toujours de respecter une configuration appropriée tout au long de la vie du datacenter.

Les équipements possédant une entrée et une sortie d'air opposées permettent d'organiser la salle en allées chaudes et froides.



La disponibilité électrique a un coût économique et environnemental. La distribution électrique d'un datacenter traditionnel représente environ **20 % de la consommation électrique totale** du datacenter.



Le système de climatisation en recyclage refroidit en permanence l'air sans apport d'air externe. Sa consommation énergétique est importante. En outre, cette solution demande une main d'œuvre spécialisée et représente un investissement lourd. Enfin, les systèmes de climatisation anciens emploient des fluides frigorigènes nocifs pour l'environnement.

2.2.3. équipements informatiques

Pour traiter, stocker et router des informations, le datacenter contient un grand nombre de baies. Ces armoires accueillent différents composants informatiques. Que ce soit le serveur, le stockage ou les éléments réseaux, ils peuvent tous faire l'objet d'amélioration énergétique, l'objectif étant de réduire la consommation et les dépenses énergétiques à la source.

■ Serveurs

Un serveur est, par définition, une machine sur laquelle des logiciels s'exécutent. Les serveurs peuvent être classés suivant leur format et leur capacité de traitement. On distingue trois grandes catégories :

- **Les serveurs traditionnels** (stand-alone) sont les plus couramment utilisés à l'heure actuelle. Ils hébergent une à deux applications par machine physique, dotée d'un seul système d'exploitation. Leur capacité de traitement est faible, mais largement suffisante pour exécuter une application. Chaque serveur possède sa propre alimentation électrique, son propre système de refroidissement, d'accès au réseau et de périphériques (clavier, souris, écran). Ces serveurs ont généralement un ratio « performances par watt » très faible.
- **Les serveurs lame** (blade) sont conçus pour un très faible encombrement. Plusieurs de leurs composants sont mutualisés dans un châssis capable d'accueillir plusieurs serveurs lames. Le châssis fournit l'alimentation électrique, le refroidissement, l'accès au réseau, la connectique pour écran, clavier et souris. Le contenu ou le rôle du châssis peut varier d'un constructeur à l'autre. Ces serveurs proposent un bon ratio « performances par watt » pour la virtualisation.
- **Les serveurs virtualisés** sont des copies logicielles de serveurs physiques stand-alone qui s'exécutent sur une seule machine physique. Comme les serveurs stand-alone ne sont exploités qu'à 10 à 20% de leurs capacités, regrouper plusieurs serveurs virtuels sur une même machine peut s'avérer économiquement et énergiquement rentable si leurs pointes de charge ne coïncident pas dans le temps. La virtualisation des serveurs a donc un impact important sur l'efficacité énergétique : on mutualise sur une seule machine plusieurs serveurs, leurs alimentations électriques, et leur dissipation de chaleur. Le refroidissement, le routage et l'accès au réseau sont alors réduits.

■ Stockage

La consommation électrique liée au stockage des données représente environ 30% de celle du datacenter. Selon ESG, lorsque la majorité des serveurs aura été virtualisée, le stockage sera le premier poste de consommation énergétique, représentant la moitié de la facture électrique liée à l'informatique. Cette énergie est utilisée pour écrire et lire l'information mais aussi pour garder l'information inscrite et disponible sur l'emplacement qu'on lui a donné.

On retrouve trois grandes technologies de stockage :

- **Dans les salles de petite taille** et dans les nouveaux datacenters géants, il n'est pas rare de stocker l'information sur le serveur qui l'utilise, on parle alors de DAS (Direct-Attached Storage). Seul le serveur qui héberge le disque dur peut accéder aux données.
- **Dans les salles de taille moyenne ou de grande taille**, on dédie à certaines machines une fonction de stockage. Elles constituent alors une « baie de stockage ». La plupart des baies sont connectées aux serveurs de traitement soit en SAN (Storage Area Network) ou en NAS (Network Attached Storage). Le NAS est directement rattaché au réseau local Ethernet et se comporte comme un serveur de fichiers. Le SAN est un réseau local à part entière qui nécessite un accès haut débit.
- **L'information stockée en local** (DAS) doit souvent être répliquée partout où l'information en question sera utile, générant donc plus de consommation d'énergie que si elle n'était stockée qu'une seule fois. Cependant, l'information ne peut pas être stockée qu'une seule fois pour des raisons de sécurité. On doit alors prendre en compte dans le choix de la technologie utilisée pour stocker l'information sa criticité et son niveau de disponibilité nécessaire.

■ Réseau

Les éléments réseau servent à router les informations entre les utilisateurs et les serveurs. Ils sont principalement constitués de commutateurs (switch), routeurs (router), coupes-feux (firewalls) et répartiteurs de charge (load balancers). Physiquement, ils sont reliés à différents types de médias : fibre optique pour de longues distances, câble cuivre réseau, liaison radio, etc. Ces éléments supportent des fonctions de qualité de service (QoS) qui leur permettent de gérer plusieurs réseaux distincts en toute sécurité. On peut ainsi mutualiser le routage de plusieurs réseaux sur un même équipement et ainsi consommer moins d'énergie.

2.3. Différents types de datacenters

Le rôle du datacenter a évolué au sein de l'entreprise pour atteindre une criticité proportionnelle à la valeur de l'information qu'il traite. Fiabilité et disponibilité sont deux missions clés de la gestion du datacenter. La conception d'un datacenter passe donc par deux phases importantes : la sélection du site et l'évaluation des risques.

Lorsque la majorité des serveurs aura été virtualisée, le stockage sera le premier poste de consommation énergétique.

2.3.1. Situation géographique et niveau de risque

La situation géographique d'un site peut avoir un impact direct sur la fiabilité et le coût d'un datacenter. La localisation est principalement dépendante de critères tels que la qualité et la redondance de la distribution électrique, la présence de services réseaux multi-opérateurs à très haut débit, la présence de personnel qualifié, l'absence de risques environnementaux. Après ces critères un datacenter sera situé dans une zone froide et peu humide pour réduire les besoins de refroidissement.

Les risques pouvant atteindre le datacenter se classent en deux grandes catégories :

- **les risques internes** : dysfonctionnement d'un élément technique, erreur humaine, point de défaillance dans l'architecture,
- **et les risques externes** : défaillance des réseaux d'approvisionnement en électricité, connectivité internet, etc. phénomènes climatiques, sabotage et acte terroriste.

Une évaluation de la probabilité et de l'impact de chacun des risques est menée lors de la conception du datacenter, puis de façon régulière dans le temps. Le résultat de cette analyse entraîne la mise en place de solutions alternatives et d'un Plan de Reprise de l'Activité (PRA) adaptés.

2.3.2. Niveaux de disponibilité

Pour certaines de leurs applications, les directions métier attendent une très haute disponibilité. Rien ne sert d'investir dans du matériel et des logiciels informatiques hautement disponibles, si ces solutions ne sont pas supportées par une infrastructure de site présentant une disponibilité équivalente. L'Uptime Institute¹ a donc défini quatre niveaux de disponibilité (« Tier » en anglais), allant du niveau I sans redondances au niveau IV permettant d'héberger des applications critiques avec une disponibilité de 99,99%. Dès la phase de conception d'un datacenter le niveau peut figurer dans les appels d'offres de construction ou d'hébergement.

Le choix de la disponibilité du datacenter a un impact direct sur le coût. Plus de 60 % du budget d'investissement peut être lié à ce niveau. Cet indicateur permet de dimensionner plusieurs éléments :

- la performance du datacenter (espaces physiques dédiés aux serveurs IT, espaces techniques, densités supportées),
- l'investissement nécessaire à la mise en place du site (construction, équipement, maintenance...),
- le retour sur investissement.

Le choix du Tier a également un impact important sur la consommation énergétique et donc sur les émissions de CO² liées (et de déchets radioactifs en France).

	Description
Niveau I	Ces sites n'ont qu'un seul chemin d'alimentation électrique et de refroidissement. Le temps d'arrêt du site nécessaire à l'entretien ou en cas de panne est évalué à 28,8 heures par an, soit une disponibilité de 99,67%.
Niveau II	Ces sites ont un seul chemin d'alimentation électrique et de refroidissement, mais intègrent des éléments redondants réduisant l'arrêt des équipements informatiques. Ils permettent d'atteindre une moyenne de 22 heures d'arrêt par an, soit une disponibilité de 99,75%.
Niveau III	Le niveau 3 requiert plusieurs voies d'alimentation et de refroidissement. Les alimentations sont doublées au niveau des serveurs. La maintenance du site n'a pas d'impact sur la disponibilité du datacenter. La disponibilité atteint 99,98% avec 1,6 heures d'arrêt dans l'année.
Niveau IV	Aux exigences des niveaux inférieurs, s'ajoute une double alimentation de tous les équipements de refroidissement. Les chemins d'alimentation sont indépendants, cloisonnés et actifs. Un phénomène ne doit pas avoir d'impact sur plusieurs chemins de distribution. Le temps d'arrêt est de 0,8 heure par an, soit une disponibilité de 99,99%.

Les retours d'expérience montrent les limites des sites de niveau IV. Le doublement des infrastructures et, par conséquent, de l'espace nécessaire à l'hébergement des équipements techniques génère des coûts de fonctionnement élevés. Une grande partie des entreprises choisissent donc de construire un site de niveau III en développant certaines redondances empruntées au niveau IV.

Dans le cas de risques pouvant toucher un site même très résilient, il est primordial de mettre en place un plan de secours sur un second site distant. En effet, quel que soit le niveau de redondance d'un site unique, il ne sera pas protégé contre les risques à fort impact (phénomènes climatiques, sabotage, etc.). Cependant toutes les utilisations n'ont pas vocation à être hébergées sur un datacenter Tier4, structurellement plus énergivore qu'un site de Tier inférieur. Il est donc important que celui-ci soit conforme aux nécessités opérationnelles et aux engagements de la DSI.

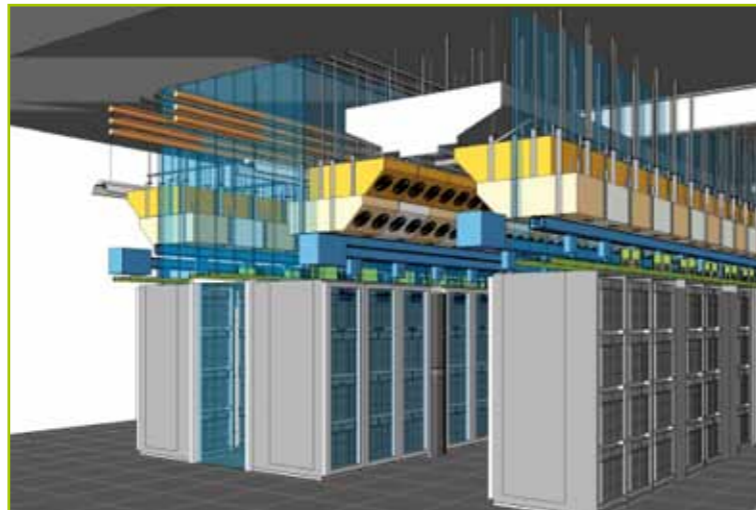
3. PERSPECTIVES À COURT ET MOYEN TERME

3.1. Confinement et densité

Jusqu'à il y a encore peu les salles informatiques étaient conçues pour supporter une densité statique basée sur la consommation des équipements des générations précédentes. Cependant ce besoin en énergie

1. The Uptime Institute, association américaine, a défini en 1995 une norme permettant d'analyser les topologies mises en œuvre et de délivrer une certification. Cette norme décrit quatre topologies d'infrastructure de sites dont les niveaux croissants d'éléments et de chemins de distribution redondants servent de base de comparaison.

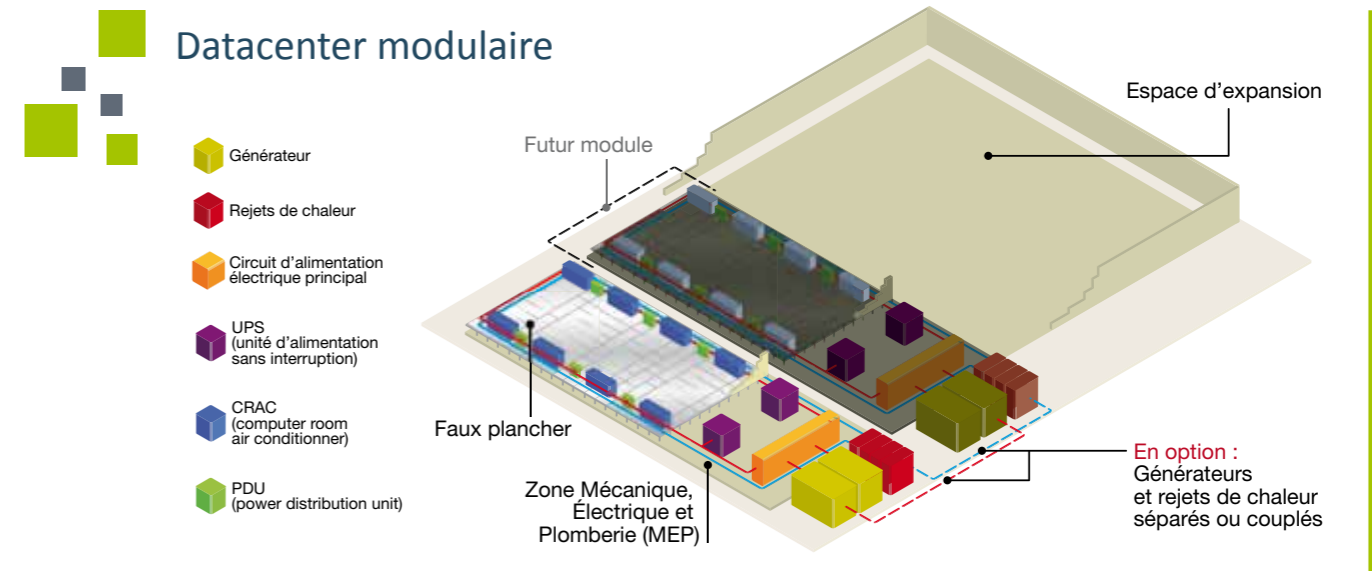
et en refroidissement a évolué récemment et a donné naissance à plusieurs niveaux de densités dans le datacenter. Selon la densité et le remplissage des racks, la bonne pratique visant à créer des allées froides et des allées chaudes n'est pas suffisante car on peut voir apparaître des « points chauds » au niveau de certaines machines. Pour régler ce problème, une des solutions réside dans le refroidissement au niveau du rack nécessitant une haute densité. L'efficacité de ce refroidissement de précision est liée au confinement de l'allée froide et de l'allée chaude. Cette pratique permet d'obtenir un cube optimisant les échanges thermiques. Ces solutions fournissent un moyen d'héberger des serveurs haute densité dans un environnement qui ne le permettait pas au départ.



Confinement des baies

3.2. Modularité

S'il est déjà difficile de fixer aujourd'hui une surface suffisamment grande pour héberger les équipements informatiques, qu'en sera-t-il dans quinze ans ? Pour répondre à cette question, le datacenter doit devenir plus modulaire afin d'adapter sa capacité à la demande. La façon de concevoir et de construire le bâtiment joue donc un rôle clé, tout autant que l'aménagement des équipements informatiques. Pour gagner en modularité, un datacenter est aujourd'hui construit en quatre tranches de 500 m² plutôt qu'un unique faux plancher de 2000 m². Cette approche permet d'adapter l'activité et la consommation du site à l'utilisation des ressources informatiques. Le déploiement de ces tranches pouvant être répliqué, ceci facilite l'évolution du datacenter. Dans ce cas, les équipements non-IT sont conçus pour évoluer selon l'infrastructure informatique. Lorsqu'un module atteint une capacité donnée, un deuxième module autonome est prévu dans le même périmètre et ainsi de suite. Cette nouvelle approche dite « verticale » permet d'aligner l'augmentation du besoin avec la capacité du datacenter et donc d'optimiser son efficacité.



3.3. Urbanisation

Durant de nombreuses années, on a privilégié l'approche unitaire des composants, matériels et logiciels, du système d'information. Aujourd'hui, leur densification et la dissipation thermique conséquente ne permettent plus de se limiter à cette simple approche unitaire. L'objectif de l'urbanisation est d'industrialiser la conception ou le réaménagement du datacenter avec une vision globale, précise, et dynamique des caractéristiques techniques de chaque composant et des nombreuses interdépendances entre l'infrastructure technique du bâtiment et l'infrastructure informatique. Il s'agit de déterminer le positionnement idéal d'un équipement informatique par rapport aux autres, selon trois critères principaux : la situation physique (dans la salle et dans la baie), la consommation électrique (et donc la dissipation thermique), et le câblage associé.

Connaître les caractéristiques techniques des équipements qui composent l'architecture informatique et en tenir compte dans les aménagements permet :

- d'optimiser la répartition des serveurs en fonction des capacités électriques et thermiques, donc de garantir la disponibilité mais aussi d'optimiser le refroidissement associé, de déterminer le strict minimum des équipements nécessaires pour répondre au besoin de la chaîne de distribution électrique et réseau,
- de limiter les interventions sur site par une connaissance fine de l'infrastructure (on ne se déplace pas sur site pour voir ou est branché un câble...) tout en fiabilisant les interventions en s'appuyant sur des processus structurés,
- d'identifier les serveurs inactifs et de s'assurer que les serveurs éteints sont déconnectés du réseau électrique.

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire d'impliquer de manière pro-active les exploitants de salle informatique au travers d'un outil et

d'une démarche d'urbanisation structurée. Il est alors possible de maîtriser, voire de réduire, l'impact énergétique de l'infrastructure et les émissions de CO² associées.

L'urbanisation facilite également la mise en œuvre d'une démarche de capacity planning qui permet :

- une meilleure projection de la capacité du site et donc d'optimiser sa durée de vie,
- une consommation maîtrisée limitant de fait les coûts opérationnels/économiques, ainsi que l'impact environnemental d'une augmentation de capacité ou d'un déménagement de datacenter.

Le « plan d'urbanisation » repose sur 4 grandes étapes :

- **Fixer** les objectifs stratégiques, opérationnels (niveau de service), d'industrialisation, performance énergétique, etc,
- **Recenser** logiciels et matériels, cartographier, diagnostiquer,
- **Apporter** les évolutions nécessaires : choisir l'organisation logique et physique pour répondre aux objectifs fixés,
- **Exploiter** et mesurer les résultats (indicateurs).

Pour accompagner la démarche, le responsable d'exploitation dispose de solutions de cartographie, de pilotage et devrait assez vite voir se généraliser les solutions plus globales, dédiées à l'urbanisation des datacenters.

3.4. Un nouveau type de datacenter : le container

La datacenter en container est la matérialisation concrète des réflexions sur l'urbanisation et la modularité des datacenters. Il propose une alternative viable au datacenter traditionnel. Au point qu'il existe déjà des sites uniquement constitués de containers. Le container demande uniquement d'être raccordé aux différentes sources d'approvisionnement (électricité, télécoms, etc.). À l'intérieur on retrouve tous les éléments d'un datacenter classique : racks accueillant les serveurs, serveurs, baies de stockage, pré-câblage, unités de distribution électrique modulables selon le niveau de disponibilité souhaité et la densité (kW par m²) et la gestion du froid avec les équipements de refroidissement. La conception interne est basée sur des rangées d'armoires qui hébergent tous les serveurs au format rack positionnées en allées froides et allées chaudes. Cette organisation maximise l'efficacité du refroidissement et permet de gérer la haute densité.

Selon les approches, chaque container est complètement autonome embarquant tous les éléments de la chaîne ou les rôles sont répartis par container, la gestion du froid et de l'énergie se retrouve dans un container, les équipements informatiques dans un autre. Quelle que soit l'architecture retenue, un container peut supporter des configurations de 30 kW par rack. Il atteint une bonne efficacité énergétique grâce à la mutualisation des équipements non informatiques (électricité et refroidissement) et à la circulation de l'air dans le container.

Cette approche présente néanmoins un inconvénient en cas de défaillance du système de climatisation. En effet avec un tel confinement, la montée en température est soudaine et les limites fixées par les équipements sont dépassées en quelques minutes. De plus elles ne présentent pas les mêmes atouts en terme de sécurité physique et environnementale qu'un datacenter traditionnel.



Containers

3.5. Cloud computing

On présente souvent le cloud computing comme une solution pour réduire l'empreinte écologique du système d'information, notamment grâce à une meilleure efficacité énergétique des datacenters liée à la mutualisation des ressources. Il ne s'agit pourtant pas d'une qualité innée du cloud computing dont le bilan énergétique peut être plus important que celui d'un datacenter si on prend en compte :

- les fonctionnalités apportées par la virtualisation, telles que le snapshot et la répartition de charge qui sont consommatrices d'énergie,
- la démultiplication des machines virtuelles au-delà du périmètre initial du fait de la facilité d'intégration et déploiement,
- l'inadéquation applicative avec le cloud. Les applications n'étant pas naturellement faites pour être intégrées sur un cloud on peut constater un découpage en plusieurs machines virtuelles pour assurer une fonction similaire à celle d'origine,
- l'absence de définition de période d'utilisation. Alors même que c'est la vocation naturelle du cloud et que ce pourrait au contraire être un atout, en pratique les machines virtuelles inutilisées ne sont pas nécessairement arrêtées,
- l'oubli des réseaux dans le bilan énergétique du cloud. Souvent, les éléments réseaux ne sont pas considérés dans le bilan énergétique global alors même qu'ils constituent un élément pouvant représenter 5 à 10% de la consommation énergétique des systèmes informatiques hébergés.



Alors même que les serveurs sont renouvelés généralement tous les trois ans, il est fréquent qu'un **équipement réseau fonctionne pendant dix ans.**

Par ailleurs, la migration de services vers un nuage informatique externalisé nécessite des actions correctives au sein du datacenter. Trois actions clés sont souvent oubliées et contribuent à l'augmentation de la dépense énergétique globale :

- **Absence de dé-commissionnement.** Il faut s'assurer que les ressources transférées dans le cloud soient effectivement libérées dans l'ancien datacenter.
- **Non remplacement.** Il faut s'assurer que l'espace libéré reste inoccupé, voire que les mètres carrés occupés par le datacenter diminuent au fil du temps.
- **Absence de travaux de réfection.** Il faut ajuster l'environnement – climatisation, réseau, lumière – aux nouveaux besoins d'un datacenter qui se vide au profit du cloud.

Ces actions sont indispensables pour réduire l'empreinte énergétique du service applicatif hébergé.

La très forte relation entre cloud et réseau fait de ce dernier un point sensible. Les architectures qui supportent le cloud ne sont pas toujours optimales. L'évolution du réseau est donc une action prioritaire. Un réseau sous-dimensionné gaspille l'énergie des serveurs associés qui sont en attente de données à traiter. À l'inverse, le sur-dimensionnement est une option coûteuse. La construction d'un réseau adapté aux nouvelles pratiques du cloud computing est donc indispensable pour améliorer l'efficacité énergétique de l'architecture technique dans son ensemble. Elle permet aussi de prendre en compte la plus longue durée de vie des réseaux. Alors même que les serveurs sont renouvelés généralement tous les trois ans, il est fréquent qu'un équipement réseau fonctionne pendant dix ans.

A contrario, l'approche multi-locataire du cloud computing permet à un équipement d'être partagé par plusieurs utilisateurs, tout en garantissant l'adaptation aux besoins de chacun. L'architecture multi-locataire ne limite plus la bande-passante de manière arbitraire comme un équipement mutualisé le faisait classiquement. La gestion de qualité de service amène l'intelligence au réseau multi-locataire en différenciant les flux et en arbitrant l'affectation des ressources. L'analyse des flux permet de gérer les pics de charge par des mécanismes plus subtils que le surdimensionnement statique des équipements, par exemple le cache, le contrôle de flux, la gestion de la congestion. De ce fait l'ensemble des ressources dédiées à la fonction du cloud computing est susceptible d'être partagé de manière optimale en répondant au strict besoin des utilisateurs. Un usage raisonné et maîtrisé est donc la clé pour garantir l'efficacité énergétique du système dans son ensemble.

Le modèle économique du cloud basé usuellement sur une facturation à l'usage possède le mérite d'être vertueux et de sensibiliser les utilisateurs à l'impact de leurs activités. Pour autant il convient que les bonnes pratiques qui peuvent découler des offres de cloud computing soient appliquées par l'ensemble des acteurs de la conception du système à la fin de vie de celui d'origine.

4. RÉGLEMENTATION : DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DATACENTER

Début 2011, la situation de la réglementation relative aux datacenters se caractérise par une combinaison de mesures volontaires, d'applications d'accords internationaux, de programmes d'investissements publics et des textes réglementaires applicables aux établissements. Dans le cadre d'une démarche RSE, le datacenter doit être responsable socialement et écologiquement. Or les réglementations ne sont pas les mêmes selon les pays. Une entreprise qui souhaite localiser ses datacenters dans des pays où la main d'œuvre est meilleur marché et les réglementations environnementales plus souples doit se poser la question de son ambition en matière de développement durable. Ceci implique de s'interroger sur ce qu'elle considère être un minimum de protection et de respect pour ses collaborateurs, ses sous-traitants et pour l'environnement, quel que soit le niveau de tolérance des réglementations locales.

4.1. Environnement

4.1.1. Déchets électroniques (DEEE)

En France, les datacenters sont soumis aux mêmes règles que les autres domaines du système d'information, notamment l'obligation de collecter et de recycler les déchets électroniques (DEEE) en fin de vie, conformément à la directive européenne WEEE. La dépollution et le recyclage des équipements acquis avant août 2005 sont à la charge de l'entreprise. La dépollution et le recyclage des équipements acquis après août 2005 sont à la charge du fabricant.

4.1.2. Dispositifs anti-incendie à gaz

Parmi les accords internationaux ayant un impact sur les datacenters, les protocoles de Montréal⁽¹⁾ et de Kyoto⁽²⁾ contraignent fortement les dispositifs anti-incendie à gaz. Depuis 2010, ils ne doivent plus contenir de halons (CFC), couche d'ozone oblige, et ne pas être remplacés par des HFC, gaz à effet de serre oblige.

4.1.3. Fourniture de courant électrique

Le SF6 est un gaz à effet de serre au pouvoir de réchauffement global (PRG⁽³⁾) 20000 fois plus important que celui du CO₂. Il est utilisé dans les disjoncteurs électriques. Il convient donc de mesurer les fuites de SF6 dans le datacenter et dans la fabrication de semi-conducteurs, largement utilisés dans les équipements contenus dans le datacenter et dont il convient de minimiser l'usage.

L'utilisation de batteries dégageant de l'hydrogène dans le datacenter impose un zonage ATEX (ATmosphère EXplosive) strict des lieux où

(1). <http://www.novethic.fr/novethic/v3/le-glossaire.jsp?lettre=p&critere=&index=6>.

(2). <http://www.novethic.fr/novethic/v3/le-glossaire.jsp?lettre=p&critere=&index=5>.

(3). http://www.citepa.org/emissions/nationale/Ges/ges_prg.htm.



s'effectuent la charge des batteries parce qu'une atmosphère explosive est alors créée. Là aussi, la mesure de l'hydrogène produit et la supervision par la gestion technique du datacenter permettent de gérer ce risque.

L'utilisation de générateurs de courant électrique à moteur Diesel impose le stockage de gazole. Le stockage de ce carburant de classe C dans la nomenclature ICPE⁽¹⁾ soumet le datacenter à déclaration. Son utilisation continue peut générer du bruit, des vibrations et des gaz d'échappement inappropriés dans des zones résidentielles ou touristiques.

4.1.4. Gaz frigorigènes

Les mêmes interdictions s'appliquent aux gaz frigorigènes qu'aux gaz utilisés en anti-incendie. Les gaz frigorigènes sont soumis à des circulaires réglementant la mesure de leurs fuites. Il s'agit d'une mesure de plus à superviser par la gestion technique du datacenter.

4.1.5. Contrôle des climatisations

Depuis le 2 avril 2010⁽²⁾, tous les systèmes de refroidissement d'une puissance frigorifique nominale supérieure à 12 kilowatts devront être audités régulièrement par un organisme tiers indépendant et accrédité. Cela concerne notamment les climatisations des datacenters. L'audit devra être réalisé tous les 5 ans et au plus tard l'année qui suit le remplacement d'équipements existants. La première inspection devra avoir lieu dans les 3 ans. L'audit doit également mentionner quelles améliorations sont préconisées pour le système, ce qui peut aller jusqu'à son remplacement, notamment si le système de refroidissement consomme trop d'énergie par rapport à sa puissance utile compte tenu de l'état de l'art.

4.1.6. Mesures volontaires

Les mesures volontaires liées à l'environnement sont principalement celles touchant à la consommation électrique. Le « EU Code of Conduct for Datacenters » de la commission européenne propose un ensemble de bonnes pratiques pour réduire la consommation électrique des datacenters. Depuis 2008, le nombre d'entreprises signataires augmente régulièrement. Les indicateurs promus par le consortium The Green Grid (notamment PUE et DCiE présentés plus loin) sont aussi largement adoptés. Ils permettent de comparer l'efficacité énergétique des datacenters.

Le plan France numérique 2012 (action 134) prévoit également d'améliorer « les matériels et les processus de production. Lancer un programme de recherche et d'expérimentation sur l'optimisation de la consommation énergétique des centres de données et la réutilisation de l'énergie produite, piloté par l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ». Un des premiers projets de ce programme est un benchmark des datacenters sur les indicateurs issus des mesures volontaires et sur des indicateurs définis dans le projet⁽³⁾.

4.2. Protection des salariés

Enfin, la réglementation relative aux datacenters protège également les salariés (santé et sérénité au travail). C'est notamment le cas des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques⁽⁴⁾. Les installations électriques des équipements de travail doivent être réalisées de façon à prévenir les risques d'origine électrique. Les obligations en matière d'équipements de sécurité incendie, d'alarmes incendie, de système automatique de détection incendie et leur catégorie sont définies par la réglementation en fonction des caractéristiques du bâtiment et de la nature de l'activité exercée dans celui-ci.

5. QUELLES ACTIONS POUR LA DSI ?

5.1. Revoir sa stratégie d'hébergement ?

Le débat de l'internalisation ou non du datacenter est ancien et jalonné par des mouvements de balancier en fonction du contexte économique : une entreprise externalise son hébergement pour se recentrer sur son cœur de métier et parce que le métier d'hébergeur est de plus en plus complexe. L'entreprise qui cherche à internaliser de la marge réinvestit dans un datacenter.

L'externalisation de l'hébergement des données s'est démocratisée depuis 20 ans. En raison de la lourdeur des investissements nécessaires pour monter de toutes pièces un datacenter, il est peu probable que ce mouvement s'inverse à court terme, d'autant plus que les hébergeurs cherchent à exploiter au mieux les machines pour optimiser les coûts. Deux variables pourraient confirmer cette tendance :

- le prix de l'énergie pourrait avantager les hébergeurs localisés dans des pays où elle est bon marché, ainsi que les pays où une température moyenne basse limite les coûts de climatisation,
- la généralisation progressive de la « taxe carbone » : un datacenter externalisé pourrait plus facilement être sorti du bilan carbone, même si théoriquement un bilan carbone complet doit inclure les services externalisés nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise.

5.2. Mesures, indicateurs et bonnes pratiques

Comme « on ne peut améliorer que ce que l'on sait mesurer⁽⁵⁾ », la première étape incontournable pour réduire l'empreinte écologique d'un datacenter est de choisir des indicateurs techniques, économiques et environnementaux pertinents. La seconde étape consiste à adopter des bonnes pratiques à tous les niveaux du datacenter : infrastructure informatique, bâtiment et exploitation.

5.2.1. Mesurer pour optimiser

La mesure est un élément essentiel du pilotage du datacenter, notamment pour construire des indicateurs d'efficacité énergétique qui

L'externalisation de l'hébergement des données s'est **démocratisée depuis 20 ans.**

(1). <http://installationsclassees.ecologie.gouv.fr/>.
 (2). Décret 210-349 du 31 mars 2010 paru au JO le 2 avril 2010 relatif à l'inspection des systèmes de climatisation et des pompes à chaleur réversibles.

(3). <http://www.atrimumdata.com/images/initiative-datacenters-french-presentation-web.pdf>.

(4). Livre II du code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions du travail).

(5). Lord Kelvin.



permettront de suivre l'évolution des performances dans le temps. Cette mesure s'appuie sur différents outils.

■ **CMDB⁽¹⁾** : la mise en place d'une CMDB constitue une étape préalable à la mise en place d'un système de pilotage et de contrôle. Celle-ci, en cartographiant l'ensemble des composants du système d'information va constituer le référentiel d'analyse des systèmes de mesure et de pilotage. C'est sur cette base que vont pouvoir reposer les outils de mesure dynamique. En fonction des logiciels choisis, certaines solutions permettant de mettre en place une CMDB intègrent aussi des fonctionnalités de suivi énergétique.

■ **Monitoring centralisé.** Une solution centralisée de monitoring de la performance permet de surveiller, stocker, agréger et restituer sous forme de rapport l'usage des ressources système de l'ensemble des serveurs d'un parc hétérogène en termes de technologie et de système d'exploitation. Ces outils assurent la collecte des métriques à surveiller, agrègent, standardisent et historisent les résultats. Ils fournissent également une analyse et une synthèse quotidienne, hebdomadaire et mensuelle facilitant la gestion capacitaire de l'utilisation des ressources.

■ **Mesures et optimisation des baies et racks.** La mise en place d'IPDU⁽²⁾ permet de gérer de manière plus efficace l'alimentation des équipements critiques de réseau, de serveurs et de centre de données. Elle satisfait les besoins en alimentation au niveau du rack et intègre des fonctions telles que la mesure en temps réel de la consommation (tension, ampérage, puissance réelle (kW), énergie (kWh)) et la surveillance des paramètres de l'environnement (température, hygrométrie). Les bandeaux de prises mesurées assurent la surveillance à distance et en temps réel des matériels connectés : alertes personnalisables, contrôle à distance de chaque prise (arrêt, redémarrage, mise en service par phase et gestion de l'usage des prises). Les IPDU sont plus particulièrement utilisées pour les matériels qui ne sont pas dotés nativement de cette fonction.

5.2.2. Les indicateurs de suivi

En mettant en place des indicateurs spécifiques aux enjeux de développement durable du datacenter, il est possible de mesurer l'état initial, d'évaluer les gains potentiels de certaines actions et leur retour sur investissement (ROI), puis de suivre dans le temps la pertinence des actions engagées. Ces indicateurs évaluent la baisse des coûts improductifs dus à des consommations inutiles et valorisent les profits issus des externalités (chaleur produite) et des gains réalisés. La responsabilité d'un indicateur incombe à l'entité qui peut avoir une action sur cet indicateur. Par exemple, si les coûts énergétiques d'un serveur sont imputés aux services généraux et non à la DSI, celle-ci n'a pas intérêt à investir pour faire baisser la facture.

Mis au point par le consortium The Green Grid, le PUE (Power Usage Effectiveness) est l'indicateur le plus répandu. Le PUE compare la

consommation électrique des équipements IT avec la facture électrique totale du datacenter. L'optimum tend vers 1. Plus le niveau de disponibilité du datacenter est élevé et plus le PUE augmente du fait de la redondance des équipements et des circuits électriques et de refroidissement. La mesure précise du PUE est indispensable pour cibler les contributeurs majeurs et mener les actions nécessaires à l'amélioration de l'efficacité énergétique du datacenter, quel que soit son niveau de disponibilité (Tiering). Outre la comparaison des centres informatiques entre eux, cet indicateur aide à déterminer si des améliorations d'efficacité énergétique sont nécessaires.

D'autres indicateurs permettent d'aller plus loin que le PUE. Il s'agit du CUE (Carbon Usage Effectiveness) qui rapporte les émissions de CO² du datacenter à sa consommation électrique. L'optimum est atteint quand l'indicateur est le plus faible possible, c'est-à-dire présentant le moins d'émissions de gaz à effet de serre possible. Le CUE ne prend pas en compte l'énergie grise⁽³⁾. Il se concentre uniquement sur l'énergie dépensée lors de l'utilisation du datacenter. À l'instar du CUE, le WUE (Water Usage Effectiveness) mesure l'efficacité du datacenter en matière de consommation d'eau.

L'ERE (Energy Reuse Effectiveness) donne une idée du niveau de réutilisation de la chaleur produite par le datacenter. Il compare l'énergie totale consommée par le datacenter à la dissipation thermique réutilisée pour chauffer d'autres locaux ou produire de l'électricité. L'optimum tend vers 1. En corollaire, on définit l'ERF (Energy Reuse Factor) comme le rapport entre l'énergie réutilisée et l'énergie totale.

Plus axé sur l'efficacité des équipements IT, le DCcE (Datacenter compute Efficiency) et l'indicateur associé (ScE pour Server Compute Efficiency) estiment l'efficacité des ressources de calcul en fonction de la quantité de travail utile réalisée par le datacenter. En complément, l'indicateur SPECpower_SSJ2008 permet de calculer l'efficacité d'un matériel informatique (serveur) en fonction d'unités d'œuvre métier. Il s'exprime en nombre de traitements informatiques utiles pour un kWh d'électricité consommée.

En complément de ces ratios d'efficacité, il est important de suivre l'évolution du tonnage de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) produit chaque année par le datacenter. Plus ce tonnage baisse et plus le datacenter réduit son empreinte écologique liée au matériel IT.

5.2.3. Adopter des bonnes pratiques

■ **Impliquer tous les acteurs.** Il est nécessaire de rassembler tous les acteurs œuvrant au sein du datacenter. L'équipe constituée doit impliquer tous les représentants des différentes parties : IT (matériel, logiciel, réseaux) et non-IT (électricité, froid, bâtiment). Ce groupe validera les décisions importantes et les impacts éventuels

(1). Configuration Management DataBase (ITIL) : base de données unifiant tous les composants physiques et logiques d'un système informatique.

(2). Intelligent Power Distribution Unit.

(3). L'énergie grise totalise l'énergie dépensée tout au long du cycle de vie d'un équipement : fabrication, utilisation et fin de vie.

La mesure précise du PUE est indispensable pour cibler les contributeurs majeurs et mener les actions nécessaires à l'amélioration de l'efficacité énergétique du datacenter.



Renouveler les équipements va donc améliorer sa performance énergétique immédiate mais pas forcément son empreinte écologique globale.

■ **Effectuer un état des lieux**. Il est primordial de maîtriser l'environnement ainsi que les équipements à optimiser. Cette étape incontournable nécessite un état des lieux complet de l'infrastructure du datacenter. En fonction de mesures réalisées au plus près des équipements à l'aide d'outils – équipements communicants, IPDU (Intelligent Power Distribution Unit), etc. – des actions pourront être menées au niveau des ressources. Les données collectées permettront de distinguer les zones géographiques consommatrices d'énergie dans le datacenter, et de connaître le ratio d'énergie entre l'IT et le non-IT. Ces mesures peuvent s'effectuer en continu afin de distinguer dans le temps les pics de consommation énergétique ainsi que l'impact des modifications apportées par la suite. La mesure en continue est notamment importante pour comprendre les saisonnalités propre à chaque datacenter

■ **Réduire la consommation électrique des équipements IT**. Cette étape est importante car les kWh économisés sur les équipements IT sont ceux qui ont la plus forte incidence sur la chaîne complète du datacenter : transformation et distribution de l'énergie, refroidissement, etc. Si un datacenter a un PUE moyen de 3, l'économie de 1 kWh informatique permet d'économiser 3 kWh au total. Pour cela, l'étude menée doit mettre en relief l'utilisation concrète des équipements IT et le niveau de criticité pour l'activité. La DSI peut alors mener un plan d'action :

- éteindre et enlever les serveurs inutiles,
- mettre en veille les serveurs inactifs,
- consolider les serveurs physiques,
- valider le niveau de disponibilité nécessaire,
- mettre en place la virtualisation des ressources informatiques.

■ **Renouveler les équipements d'ancienne génération**. Dans les datacenters les moins récents, trois éléments nécessitent souvent un renouvellement :

- les unités de production de froid : le rendement du système de refroidissement doit être évalué et comparé avec les nouvelles technologies disponibles,
- les armoires de climatisation en salle : souvent les modèles ne fonctionnent qu'à des régimes fixes alors que les dernières générations intègrent de l'intelligence sous forme de capteurs et de moyens de contrôle et de communication, mais aussi des ventilateurs à vitesse variable,
- les onduleurs : la dernière génération propose de meilleurs rendements et certains modèles ajoutent de la modularité en considérant les batteries comme des modules qui seront ajoutés selon le remplissage de la salle.

Cependant, prolonger la durée de vie d'un matériel est souvent plus écologique que de le renouveler car l'énergie grise d'un équipement (utilisée pour le fabriquer) est à l'origine de la majeure partie des émissions de CO² sur l'ensemble du cycle de vie. Renouveler les équipements va donc améliorer sa performance énergétique immédiate mais pas forcément son empreinte écologique globale.

■ **Mettre en place une surveillance logicielle**. Avec des indicateurs aussi nombreux que ceux liés au bâtiment, à l'informatique, à la climatisation, à la disponibilité, et à l'efficacité énergétique, il est impossible de mesurer l'impact positif ou négatif de la mise en place d'une bonne pratique sans disposer, au préalable, d'une solution permettant de piloter globalement les mesures et alertes du datacenter.

5.3. Optimiser l'infrastructure technique existante

5.3.1. Réduire la consommation électrique liée au refroidissement

Quelques bonnes pratiques permettent de réduire les besoins en refroidissement :

- mettre en place des allées chaudes et froides (voir 2.2.2),
- créer des allées homogènes sans interstices en uniformisant les racks et leur positionnement,
- isoler les allées chaudes et les allées froides à l'aide de matériels spécifiques positionnés dans les emplacements vides des racks et ajouter des panneaux ou rideaux souples afin de limiter l'échange entre les couloirs d'air froid et ceux d'air chaud,
- amener le froid au plus près des points chauds. De nouvelles baies réfrigérées permettent d'optimiser l'efficacité du refroidissement et de supprimer les points chauds dans le datacenter.

La température soufflée en salle est aussi un point clé du refroidissement et contribue fortement à optimiser l'efficacité du datacenter. Elle doit être adaptée aux spécifications des matériels IT installés. Le positionnement des racks IT par rapport aux armoires de climatisation est un autre point important, la pression et la vitesse évoluant en fonction de l'éloignement de la ressource.

5.3.2. Free-cooling

Cette technique consiste à utiliser l'air extérieur pour refroidir directement la salle. Elle présuppose que la température de l'air extérieur est inférieure à la température interne et que les conditions d'humidité (hygrométrie) externes sont compatibles avec celles que l'on souhaite maintenir en interne. Le free-cooling peut réduire significativement la consommation totale du conditionnement d'air. Son potentiel dépend cependant de nombreux paramètres : températures et hygrométrie externe, débit d'air, puissance des équipements, et dans une moindre mesure des caractéristiques des salles et du bâtiment, sauf si la puissance des équipements est relativement faible. Il est alors possible d'utiliser l'inertie thermique du bâtiment. Compte tenu de la conception des datacenters et des puissances importantes qui y sont installées, le free-cooling est rarement suffisant pour assurer à lui seul le conditionnement d'air de la salle. Il vient donc généralement en complément d'une installation de froid traditionnelle.

Le free-cooling peut réduire de façon significative la consommation totale du conditionnement d'air.

Si les anciens datacenters ont été construits dans des bâtiments existants, les nouvelles contraintes imposent de se pencher sur la conception du bâtiment

5.3.3. Plages climatiques

Malgré les travaux de l'ASHRAE⁽¹⁾ et ETSI⁽²⁾, les normes qui définissent les contraintes que doit pouvoir subir le matériel IT ne sont pas optimales actuellement. Les premières propositions du groupe EE de l'ETSI sont de calquer les plages climatiques des équipements IT sur celles relatives aux équipements télécoms. Une expérimentation, réalisée afin d'analyser les effets de l'élargissement des plages climatiques, a montré un gain sensible – jusqu'à 20% d'économie pour 2°C et 20% d'humidité relative – sans affecter le bon fonctionnement du matériel. Pour pouvoir jouer sur ces paramètres, les équipements doivent être regroupés dans des salles dédiées par gamme climatique acceptable. Les tests peuvent être réalisés en regroupant d'abord les équipements les plus robustes et en laissant dériver les conditions climatiques. Une autre approche des plages climatiques consiste à réduire les points chauds en distribuant les calculs dans une salle en fonction des relevés thermiques : quand une baie provoque un point chaud, on la déleste de calcul afin de réduire sa dissipation calorifique. Ceci ne fonctionne que si la dissipation thermique de la baie est variable en fonction de la charge de calcul imposée.

5.3.4. Architecture du bâtiment

Si les anciens datacenters ont été construits dans des bâtiments existants, les nouvelles contraintes imposent de se pencher sur la conception du bâtiment, qui doit être améliorée afin d'augmenter les échanges thermiques de l'intérieur vers l'extérieur, sans être limité par les apports extérieurs. La conception modulaire (voir 3.2) d'un datacenter récent permet quant à elle de l'exploiter par tranches successives pour améliorer son efficacité énergétique.

5.4. Optimiser le contenu informatique

5.4.1. Gérer le cycle de vie des équipements en fonction de leur impact environnemental

Construire et exploiter des datacenters extrêmement performants d'un point de vue énergétique ne peut pas suffire à justifier d'une démarche éco-responsable. En effet, en amont et en aval de la phase d'utilisation du matériel, deux points sont structurants dans l'impact environnemental des activités IT :

- **L'impact lié à la fabrication** et à la distribution des équipements qui sont mis en œuvre dans le datacenter,
- **L'impact lié à la mise au rebut** de ces mêmes équipements lorsqu'ils arrivent en fin de vie.

Chaque équipement ayant une empreinte écologique propre, indépendamment de sa consommation énergétique, la limitation du nombre d'équipements à mettre en œuvre pour faire fonctionner des services informatiques et l'allongement de leur durée d'utilisation sont deux moyens pour réduire l'impact environnemental global d'une infrastructure.

5.4.2. Choisir des matériels éco-responsables

Une démarche d'achat éco-responsable garantit l'efficacité énergétique du matériel, évite l'utilisation de matières dangereuses ou nuisibles à l'environnement aussi bien pour la construction du matériel que pour son emballage, maximise les capacités de recyclage des équipements, augmente la durée de vie des équipements, et limite les émissions nocives liées à l'utilisation des équipements.

Pour faciliter la sélection des équipements, de nombreux éco-labels existent : Energy Star, 80Plus et EPEAT en sont des exemples.

	Le programme 80plus vise à augmenter l'efficacité énergétique des alimentations électrique des systèmes informatiques. Décliné en 4 niveaux (platine, bronze, argent et or), il permet de sélectionner des alimentations électriques ayant une efficacité minimum de 80% (bronze) à plus de 92% (platine).
	Energy Star mesure l'efficacité énergétique des matériels informatiques. En 2001, la Commission Européenne a signé un accord avec les États-Unis pour aider son adoption en Europe. Energy Star 5.0 for Servers intègre les recommandations techniques de 80Plus.
	Créé aux États-Unis par le Green Electronic Council (GEC), l'Epeat, outil d'évaluation environnementale des produits électroniques, permet aux entreprises d'évaluer et de comparer des matériels informatiques en fonction de leurs caractéristiques écologiques sur l'ensemble de leur cycle de vie : fabrication, utilisation, et fin de vie. Basé sur le standard IEEE1680, EPEAT sera rapidement décliné pour les serveurs. EPEAT intègre les critères d'Energy Star (et donc de 80plus).

5.4.3. Choisir des matériels s'adaptant à l'usage

■ **Serveurs.** Les conditions environnementales tolérées par le matériel (température, taux d'humidité, etc.) conditionnent directement les réglages du système de refroidissement et donc sa consommation d'énergie. Les tolérances définies par l'ASHRAE⁽¹⁾ permettent d'augmenter la température en salle et de réduire la contrainte liée à l'humidité. Il est donc judicieux d'acheter du matériel ayant des spécifications en température et taux d'humidité souples. D'autres caractéristiques d'efficacité énergétique peuvent être prises en compte. C'est par exemple le cas de la fonction NAP (no ALU Processor) qui permet de mettre le cœur d'un processeur hors tension lorsque celui-ci n'est pas utilisé, de la mise hors tension des ports PCI non-utilisés, et de la capacité de diminuer la fréquence d'horloge du processeur lorsque la charge le permet. La consommation des processeurs (TDP) peut également être un critère intéressant à prendre en compte.

(1). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers : association américaine des professionnels du conditionnement d'air. Selon la norme les températures tolérées à la prise d'air des serveurs sont comprises entre 18 et 27°C avec une température de condensation comprise en 5,5°C et 15°C et un taux d'humidité de 60%. À partir de 2012, la norme à appliquer sera le standard européen ETSI EN 300 019 Classe 3.1.

(2). Institut européen des normes de télécommunication.

■ **Stockage.** Différentes technologies de stockage sont optimisées pour réduire leur consommation électrique. C'est notamment le cas des SSD basés sur de la mémoire flash, des disques durs capacitifs S-ATA « basse consommation » qui adaptent leur vitesse de rotation en fonction des besoins et s'arrêtent lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Dans ce contexte, les bandes magnétiques retrouvent aussi un intérêt pour la conservation à long terme : une fois que les données ont été écrites, elles sont conservées avec une facture électrique proche de zéro. Ce support de stockage est un des meilleurs choix pour une rétention de longue durée.

5.4.4. Gérer la fin de vie des équipements

Depuis août 2005, les fournisseurs d'équipements électriques et électroniques ont l'obligation de retraiter les équipements vendus aux entreprises. Les responsables de datacenter sont généralement mal informés de leurs droits et de leurs obligations. Si bien que les processus de gestion des DEEE⁽¹⁾ sont souvent peu efficaces. Ainsi l'un des enjeux des exploitants et des hébergeurs est d'organiser le processus de collecte des DEEE. Ce processus nécessite la mise en place à minima :

- d'une méthode de qualification des équipements en fin de vie avec une étude de leurs possibles réemplois,
- de locaux de stockage pour les DEEE accessibles aux opérateurs de collecte,
- de l'intégration dans les contrats constructeurs ou distributeurs des modalités et des responsabilités de collecte des équipements DEEE sur site.

5.4.5. Piloter le fonctionnement électrique

Plusieurs solutions sont aujourd'hui mises en œuvre pour optimiser l'utilisation et le rendement des matériels installés dans les datacenters et adapter le rendement de ces équipements aux besoins des métiers. Lorsque des serveurs sont peu ou sous utilisés pendant certaines périodes, il peut s'avérer intéressant de mettre en place une solution de Power Management permettant d'arrêter et mettre hors tension le serveur et le redémarrer automatiquement selon des critères basés sur : la demande et utilisation des ressources ou d'autres événements spécifiques. Ce type de mécanisme peut être une bonne alternative lorsque qu'une solution de virtualisation n'est pas appropriée ou pour des environnements non-productifs tels que les environnements de développements et test souvent non utilisés sur certaines périodes.

Certaines solutions de Power Management permettent de re-localiser les applications s'exécutant sur un serveur avant d'arrêter celui-ci. Des solutions logicielles permettent de migrer des partitions virtuelles de plusieurs serveurs physique vers un autre et ainsi de libérer des ressources serveurs.

(1). Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques.

(2). Source IDC - Octobre 2009 : la consommation électrique diminue de 80%, le refroidissement de 25 à 50% et l'exploitation de 70%.

5.5. Optimiser la couche logicielle

5.5.1. Consolidation et virtualisation : quel impact pour les datacenter ?

Des recherches montrent qu'en consolidant les infrastructures informatiques physiques, les entreprises peuvent réduire de 50 à 70% leur facture énergétique⁽²⁾. Cependant ceci suppose souvent un remplacement des serveurs existants par des équipements plus puissants. La consolidation des serveurs physiques permet :

- d'augmenter la capacité physique du datacenter en libérant de l'espace par la densification des baies serveurs,
- d'ajuster l'infrastructure en temps réel en déplaçant des applications en fonction des risques d'infrastructure,
- d'augmenter le taux d'utilisation des serveurs dont la charge moyenne avant consolidation est inférieur à 10% pour les serveurs Intel et de l'ordre de 10 à 20% pour les serveurs Unix,
- la gestion des points chauds et Variation dynamiques de charges.

Avec des taux de virtualisation de l'ordre de 1:10 à 1:15, il est possible de réduire de façon drastique la consommation énergétique d'un datacenter. Cependant il faut impérativement veiller à la gestion de l'urbanisation de la salle puisque la mise en place de ces systèmes implique souvent une réorganisation de l'espace. La consolidation impose également de mettre en place des zones selon la densité énergétique des baies avec un refroidissement associé adapté. Ce zonage réduit les coûts, renforce la sécurité, accroît la flexibilité et augmente l'efficacité énergétique.

La virtualisation du stockage

L'avantage principal de la virtualisation des infrastructures serveurs-stockages est de pouvoir mieux appréhender et répartir les charges d'activités grâce à un « pool » global de ressources. La virtualisation permet d'associer à une activité normale les ressources appropriées et de pouvoir absorber les pics d'activités en ajoutant dynamiquement de nouvelles ressources si nécessaire. Les ressources non sollicitées peuvent donc être mises en « veille » d'une part et d'autre part, celles qui sont utilisées le sont au meilleur taux d'utilisation possible.

La virtualisation ajoute une couche d'abstraction au dessus de l'infrastructure physique afin de gérer un espace de stockage unique et une capacité globale. Le principal avantage est de pouvoir allouer une partie de cette capacité dynamiquement aux applications et aux utilisateurs, selon leurs besoins et de façon optimale, c'est-à-dire sans allouer aux volumétries des réserves excessives, et en réduisant ou agrandissant les espaces selon les besoins des différentes activités. Une fois les ressources de stockage virtualisées, les fonctionnalités logicielles déjà évoquées comme le thin-provisionning, les snapshots, les clones virtuels, voient leurs effets positifs « d'optimisations des volumétries » se renforcer et se mettre en œuvre plus efficacement car jouant sur des volumétries plus grandes.

L'avantage principal de la virtualisation des infrastructures serveurs-stockages est de pouvoir mieux appréhender et répartir les charges d'activités grâce à un « pool » global de ressources.

5.5.2. Identifier et supprimer les services inutiles

Environ 15 % des serveurs d'un datacenter⁽¹⁾ ne servent à rien. Au-delà du coût, l'électricité consommée inutilement émet des gaz à effet de serre et augmente la production de déchets radioactifs (notamment en France qui est une exception mondiale dans ce domaine). 65 % des administrateurs se sont aperçus, à posteriori, que certains serveurs avaient été virtualisés alors qu'ils ne sont pas utilisés. Il faut donc s'assurer que tous les serveurs allumés sont réellement utilisés. De même, il convient de s'assurer de l'utilisation active des bases de données et des fichiers associés dont certains continuent à utiliser des ressources et à être sauvegardés alors même qu'ils ne sont plus utilisés. La tenue d'une CMDB ou d'un système d'inventaire détaillée (et notamment le dé-commissionnement de composants logiques et physiques) constitue un premier pas. Les logiciels de supervision aident aussi à détecter les serveurs zombies. Ces logiciels ne se contentent pas seulement de surveiller la charge des processeurs mais de savoir à quel service elle est rattachée.

5.5.3. Optimisation des applications

Les exploitants et les hébergeurs ne se préoccupent pas de l'optimisation des applications. C'est le rôle des architectes et développeurs logiciels. Cependant, une entreprise à tout intérêt à réduire l'empreinte ressources (CPU, mémoire vive, etc.) de leurs logiciels. L'investissement initial de conception et d'optimisation est remboursé sur la durée par la baisse des coûts d'exploitation.

L'empreinte ressource excessive des applications qui s'exécutent dans le datacenter est essentiellement liée à l'empilement de framework et de composants lors de la conception du logiciel. À cet empilement s'ajoute la volonté, souvent illusoire, de portabilité qui ajoute une machine virtuelle Java ou .NET entre l'application et le système d'exploitation. Au final, cet empilement a des impacts sur le nombre d'équipements nécessaires pour faire fonctionner les applications, aussi bien en développement qu'en exploitation, ainsi que sur la consommation énergétique de l'ensemble. La recherche d'architectures applicatives plus économe en ressource fera l'objet d'un prochain livre vert du Syntec Numérique. Nous y feront notamment le point sur les méthodes et pratiques à encourager pour limiter l'impact environnemental induit par les développements logiciels.

Puisque ces applications ont forcément pour objet d'être hébergées dans des datacenter, les responsables de salles ont un rôle à jouer sur l'optimisation de ces logiciels en donnant aux concepteurs des éléments de mesure permettant d'évaluer l'efficacité des applicatifs informatiques qui sont hébergés. Ainsi, les dispositifs de supervision et d'exploitation des systèmes ont intérêt à intégrer d'autres éléments de mesure que le taux d'utilisation processeur et mémoire, qui sont classiquement les seuls éléments récupérés.

En complément des mesures énergétiques effectuées sur les baies ou

sur les équipements, il est essentiel de pouvoir croiser ces informations avec des données opérationnelles sur les applications hébergées sur les équipements, leur taux d'utilisation en volume de transactions, nombre d'utilisateurs, nombre d'accès, etc. Ce croisement d'informations passe par la consolidation de l'ensemble des informations afin de pouvoir benchmarker non plus uniquement les machines mais les applications qui fonctionnent sur ces équipements. C'est notamment ce que proposent le benchmark SPECpower_SSJ2008 et l'indicateur Server Compute Efficiency (SCE) du Green Grid. Cette approche de benchmarking constitue le premier pas vers la prise en compte de la dimension environnementale des applications et des actions d'optimisation en vue de réduire le ratio : impact environnemental / utilisateur ou par transaction.

5.5.4. Gestion de données

La déduplication des données consiste à éviter la redondance de données dans le système d'information. Elle économise l'espace disque. C'est un sujet émergent qui concerne principalement les données de sauvegarde. En fonction du système, la déduplication peut être « à la cible » c'est-à-dire par le système de gestion des disques (une appliance), ou « à la source » en tant que fonctionnalité du système de sauvegarde. Des systèmes émergent concernant les données actives. Une rapide évolution de l'offre des fournisseurs de solutions de sauvegarde et d'infrastructure est à attendre sur ce point.

6. CONCLUSION

Un datacenter pourrait être considéré comme réellement « green » dès lors que ses émissions de gaz à effet de serre, la déplétion des ressources non renouvelables et les pollutions engendrées par la fabrication et la fin de vie des matériels qui le composent seraient réduites à zéro. Il s'agit donc d'un Graal inatteignable. Pour autant, comme nous vous l'avons démontré tout au long de ce livre vert, l'optimisation de l'efficacité énergétique du datacenter permet de réduire drastiquement son coût de fonctionnement et de limiter au maximum son empreinte écologique.

La réduction des besoins en ressources des logiciels qui s'exécutent au sein du datacenter permet notamment un effet « boule de neige ». En réduisant les besoins de la couche logicielle, on réduit les besoins en équipements informatiques, et donc des systèmes d'alimentation et de refroidissement. La consommation électrique du datacenter baisse alors mécaniquement dans sa globalité. Ce sujet sera l'objet d'un prochain Livre Vert du Syntec Numérique.

Il ne faut cependant pas tomber dans la course au PUE (voir encadré) que se livrent de plus en plus d'acteurs des datacenters. C'est un non sens. Chaque datacenter possède un ADN propre qui ne permet pas de le comparer avec celui d'une autre entreprise. Le meilleur indicateur de comparaison d'un datacenter reste lui-même... dans un état antérieur. D'autant que l'objectif de cet indicateur est de vous aider à isoler

L'objectif des PUE

Concernant les PUE et notamment ceux annoncés, il convient de rappeler que la mesure de celui-ci s'effectue sur une base annuelle, de telle sorte qu'elle prenne en compte l'ensemble des caractéristiques climatiques observées durant l'année. De même, le PUE annoncé est souvent un PUE cible, à objectif de capacité atteint.

Ainsi, un datacenter qui vient juste d'ouvrir et qui n'est rempli qu'à 5%, ne peut prétendre à un bon PUE puisque ses infrastructures, fussent elles modulaires, ne peuvent être utilisées dans leurs conditions de performance, et donc de rendement, optimum. Le PUE, représentatif du taux de surconsommation induit par les infrastructures techniques, est donc potentiellement d'autant plus mauvais que l'infrastructure est dimensionnée pour un haut niveau de disponibilité. C'est la raison pour laquelle le PUE augmente de manière inversement proportionnelle au niveau de TIER.

À l'extrême, l'absence de technologies destinées à améliorer la disponibilité, tout en assurant le fonctionnement, conduit à se rapprocher du PUE optimal de 1.

(1). Source IDC : À l'échelle mondiale, le coût de fonctionnement de ces 4,75 millions de zombies dépasse 24 milliards de dollars par an en se basant sur un coût moyen annuel de 4 400 dollars.



les domaines de progrès pour vous permette de vous focaliser sur les meilleurs effets de levier possibles.

De nombreuses solutions technologiques – virtualisation, déduplication, free-cooling, etc. – et bonnes pratiques – organisation modulaire, allées chaudes et froides, etc. – sont disponibles. Nous vous les avons décrites dans ce Livre Vert. La plupart de ces solutions permettent de réduire la facture électrique du datacenter. Mais il ne faut pas oublier que c'est bien l'impact environnemental global du service rendu par le datacenter qui doit constituer un enjeu d'optimisation. Il s'agit là de l'un des grands défis des centres de données de demain : la vision du datacenter comme un véritable centre de services, impliquant une vision, une gestion consolidée des équipes et des moyens de pilotage en ne dissociant plus le bâtiment de l'informatique.

7. RETOURS D'EXPÉRIENCES

Adapter l'existant : optimisation d'urbanisation

Université Joseph Fourier (UJF) à Grenoble

Taille	NA
Marchés	Education
Date de mise en place	2009 et 2010
Motivations	Optimiser l'énergie de la salle informatique de la SIMSU et disposer d'un état des lieux de ses infrastructures Data centre et IT.
Solutions – Bonnes pratiques	<ul style="list-style-type: none"> • Rénovation du système de climatisation • Ré-urbanisation de la salle • Dé-commissionnement de serveurs
Description de la solution mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure du PUE / DCiE • Observation, collecte, mesure et analyse de l'état des équipements • Infrastructure Data Centre : Alimentation et distribution électrique, onduleurs et refroidissement • Infrastructure IT : serveurs, stockage, équipements SAN/LAN • Identification des sources d'optimisation • Diagnostic de validation des améliorations de l'efficacité énergétique de la salle informatique suite à la mise en œuvre du plan d'action : analyse de 23 points d'observation énergétiques clés.
Retour sur investissement financier	Gain d'efficacité énergétique de 15 % : PUE initial : 2,2 à un PUE après plan d'action de 1,8
Objectifs et évolutions à moyen terme	Déployer ces recommandations préconisées sur les autres salles de l'UJF

Adapter l'existant : cartographie thermique et optimisation par confinement de l'air

CEA – Saclay

Taille	NA
Marchés	NA
Date de mise en place	2 ^e semestre 2010
Motivations	<ul style="list-style-type: none"> • Absorber les besoins en CPU • Réduire la consommation électrique • Optimiser le refroidissement
Solutions – Bonnes pratiques	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'un monitoring énergétique reproductible et automatisé • Modification des consignes de régulation en température (14°C à 20°C en soufflage) • Contrôle de l'efficacité des modules d'humidification • Amélioration de l'isolation des percements du faux-plancher • Séparation des allées chaudes et froides <ul style="list-style-type: none"> - Au niveau des allées (retournement / déménagement de baies) - Au niveau des baies (panneaux obturateurs) - Au niveau des travées (créer des allées complètes) - Au niveau des dalles perforées (redistribution) • Isoler une salle jouxtant la salle informatique • Arrêter la CTA associée • Cloisonner le faux-plancher
Retour sur investissement financier	Gain d'efficacité énergétique de 25 % : PUE initial de 2,46 à un PUE après plan d'action de 1,86
Objectifs et évolutions à moyen terme	Déployer ces recommandations préconisées sur les autres salles du CEA de Saclay

Un exemple de construction originale

Celeste – Marilyn

Taille	NA
Marchés	Exploitation de datacenters sur un concept éco-efficace
Date de mise en place	Mise en service prévue en septembre 2011
Motivations	Construire un datacenter économe en énergie et en coût de construction tout en gardant un haut niveau de service et de densité, avec une chaîne électrique totalement doublée (2N). Le datacenter doit proposer des baies à 5 kVA en moyenne, en autorisant la haute densité à 10 kVA, en refroidissement en tout air, sans utilisation d'eau glacée.
Solutions – Bonnes pratiques	<ul style="list-style-type: none"> • Architecture novatrice du bâtiment (brevet international) • Free-cooling à 100 % • Urbanisation du datacenter et des équipements IT
Retour sur investissement financier	Budget de 8 M€. PUE cible de 1,3, soit une économie importante par rapport aux centres traditionnels

Une offre d'hébergement **éco-responsable**

Interxion	
Taille	50 personnes
Marchés	Datacenter de colocation neutres vis-à-vis des opérateurs télécoms avec 6 datacenters en France, tous situés en région parisienne
Date de mise en place	2008 et 2009
Motivations	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration continue de l'efficacité énergétique • Fournir le meilleur PUE possible dans l'alimentation de l'équipement des clients
Solutions – Bonnes pratiques	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration progressive du PUE depuis six ans en menant plusieurs actions en parallèle : • Mise en œuvre de systèmes de refroidissement à air libre (free-cooling) • Implantation des baies en salle en confinement de couloir froid • Disposition perpendiculaire des baies par rapport aux armoires de climatisation pour une transmission de l'air froid maximale au plus loin des rangées de baies • Toiture végétalisée • Distribution électrique interne au datacenter en moyenne tension à 20 000 volts
Difficultés rencontrées	Les systèmes de refroidissement à air libre ne peuvent être utilisés toute l'année puisqu'ils sont fonction des conditions climatiques.
Retour sur investissement financier	ROI en moyenne sur cinq ans. Free-cooling : réduction jusqu'à 40%
Objectifs et évolutions à moyen terme	Notre objectif est l'amélioration continue du PUE.

GLOSSAIRE

- **ADEME** : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Etablissement public placé sous la tutelle conjointe des ministères en charge de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, l'ADEME participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.
- **ASHRAE** : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Organisation dédiée à l'évolution des technologies du contrôle de l'environnement intérieur par chauffage, ventilation et air conditionné.
- **Cloud Computing** : le Cloud Computing peut se définir comme une approche visant à disposer d'applications, de puissance de calcul, de moyens de stockage, etc. comme autant de « services ». Ceux-ci seront mutualisés, dématérialisés (donc indépendants de toutes contingences matérielles, logicielles et de communication), contractualisés (en termes de performances, niveau de sécurité, coûts...), évolutifs (en volume, fonction, caractéristiques...) et en libre service (Source : Livre Blanc Sécurité du Cloud Computing, Syntec Numérique).
- **CMDB** : Configuration Management DataBase. La CMDB, ou base de données de gestion de configuration, est une base de données unifiant les composants d'un système informatique. Elle permet de comprendre l'organisation entre ceux-ci et de modifier leur configuration. La CMDB est un composant fondamental d'une architecture ITIL.
- **DAS** : Direct-Attached Storage. Système de disque en attachement direct, par opposition au NAS qui est en attachement réseau. Le système disque ainsi installé n'est accessible directement qu'aux ordinateurs auquel il est raccordé
- **DEEE** : Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques. Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) sont une catégorie de déchets constituée des équipements en fin de vie, fonctionnant à l'électricité ou via des champs électromagnétiques, ainsi que les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs. Le matériel informatique est classé dans la catégorie 3 de la directive européenne WEEE.
- **ETSI** : European Telecommunications Standards Institute. L'institut européen des normes de télécommunication, est l'organisme de normalisation européen du domaine des télécommunications.

- **The Green Grid.** Le consortium The Green Grid a été lancé en février 2007 par des acteurs de l'informatique tels que AMD, Intel, Dell, HP, IBM, Microsoft, et VMWare. Il vise à réduire l'impact des datacenters sur l'environnement.
- **IPDU :** Intelligent Power Distribution Unit. Bandeau de prises électriques intégrant des fonctionnalités de mesure de consommation électrique, de pilotage et de supervision
- **NAS :** Network Attached Storage. Un stockage en réseau NAS est un serveur de fichiers autonome, relié à un réseau dont la principale fonction est le stockage de données en un volume centralisé pour des clients réseau hétérogènes.
- **PRA :** Plan de Reprise de l'Activité. Un plan de reprise d'activité (en anglais Disaster Recovery Plan ou DRP) permet d'assurer, en cas de crise majeure ou importante d'un centre informatique, la reconstruction de son infrastructure et la remise en route des applications supportant l'activité d'une organisation.
- **PRG :** Pouvoir de Réchauffement Global. Le pouvoir de réchauffement global est un moyen simple de comparer entre eux les différents gaz à effet de serre qui influencent le système climatique. Il est utilisé pour prédire les impacts relatifs de différents gaz sur le réchauffement global en se basant sur leurs propriétés radiatives (le forçage radiatif).
- **PUE :** Power Usage Effectiveness. Ce ratio compare l'électricité consommée par les équipements informatiques avec la consommation totale du datacenter. Il donne une idée de l'efficacité énergétique de l'installation. Le PUE doit tendre vers 1.
- **RSE :** Responsabilité Sociale et Environnementale. La RSE est un concept dans lequel les entreprises intègrent les préoccupations sociales, environnementales, et économiques dans leurs activités et dans leurs interactions avec leurs parties prenantes sur une base volontaire. C'est l'application des principes du développement durables aux entreprises.
- **SAN :** Storage Area Network. Le SAN est un réseau local de stockage. Il est très similaire aux principes utilisés pour l'utilisation des disques internes (ATA, SCSI). C'est une mutualisation des ressources de stockage.
- **WEEE :** Waste of Electrical and Electronical Equipments. La Directive 2002/96/CE vise à rendre obligatoire la valorisation des DEEE. Elle instaure le principe de la responsabilité du producteur.

CONTRIBUTEURS

Syntec Numérique tient à remercier chaleureusement toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce Livre Vert et tout particulièrement :

Les Animateurs et Pilotes de ce Livre Vert :

- Tristan Labaume, Greenvision
- Laurent Molinari, Zen'to

Les Contributeurs

- Dominique Borie, Orange Business Services
- Anne-Laure Boursier, Capgemini
- Anne Charlet, Bull
- André Cohen, Bull
- Patrick Dottax, APIS Engineering – réseau Efficap
- Zahra Essi, SPIE Communications
- Jérémy Fain, Verteego
- Catherine Gay, Bull
- Chuyen Huynh, Cisco
- Bertrand Kornfeld, PDCAply
- Tristan Labaume, Greenvision
- Stéphane Le Masson, Orange Labs
- Éric Lenne, Efficap
- Éric Mittlelette, Microsoft
- Laurent Molinari, Zen'to
- David Nörtershäuser, Orange Labs
- Philippe Reynier, Bull
- Jean-Michel Rodriguez, IBM
- Thierry Rudowski, Zen'to
- Emmanuel Tong-Viet, IBM
- Laure Van Der Hauwaert, SPIE Communications

Les Membres du comité de relecture finale

- Anne-Laure Boursier, Capgemini
- Bertrand Kornfeld, PDCAply
- Tristan Labaume, Greenvision
- Laurent Molinari, Zen'to

Journaliste en charge de la rédaction

- Frédéric Bordage, www.greenit.fr

- Claire Bes De Berc, Syntec Numérique
- Mathieu Coulaud, Syntec Numérique

Nous remercions particulièrement :

- Akilles Loudiere Conseiller en charge de l'Economie Numérique
– Cabinet du Ministre Chargé de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie Numérique
- Cédric Prévost Conseiller technique en charge de l'Economie Numérique
– Cabinet du Ministre Chargé de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie Numérique



Syntec
NUMERIQUE

DES ENTREPRISES
QUI CHANGENT
LE MONDE

