

ABB

4 | 13  
fr

# review

Revue  
ABB

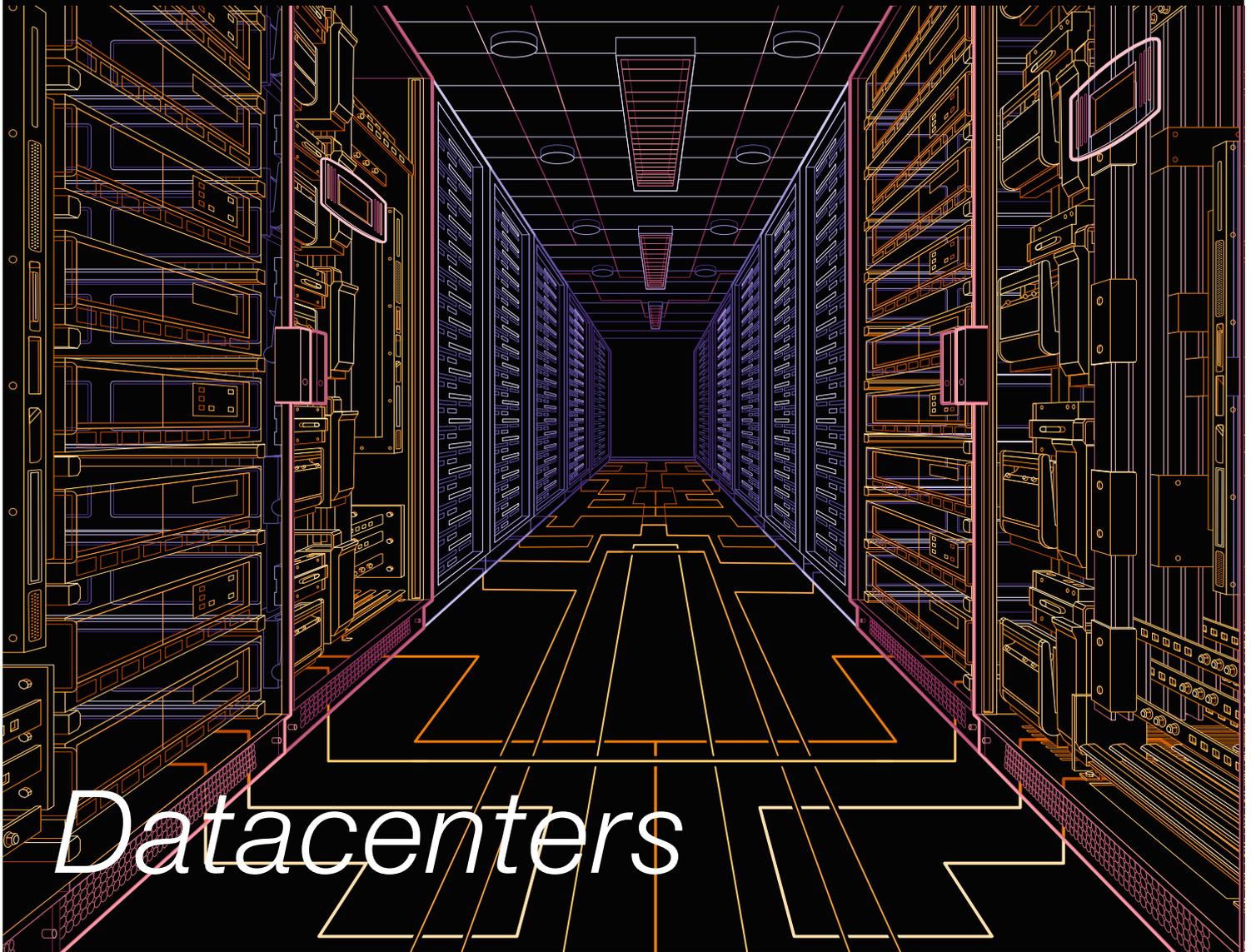
**Les secrets des coulisses du Net 6**

Efficacité énergétique en continu 16

**Sécuriser l'alimentation électrique 22**

La question brûlante du refroidissement 53

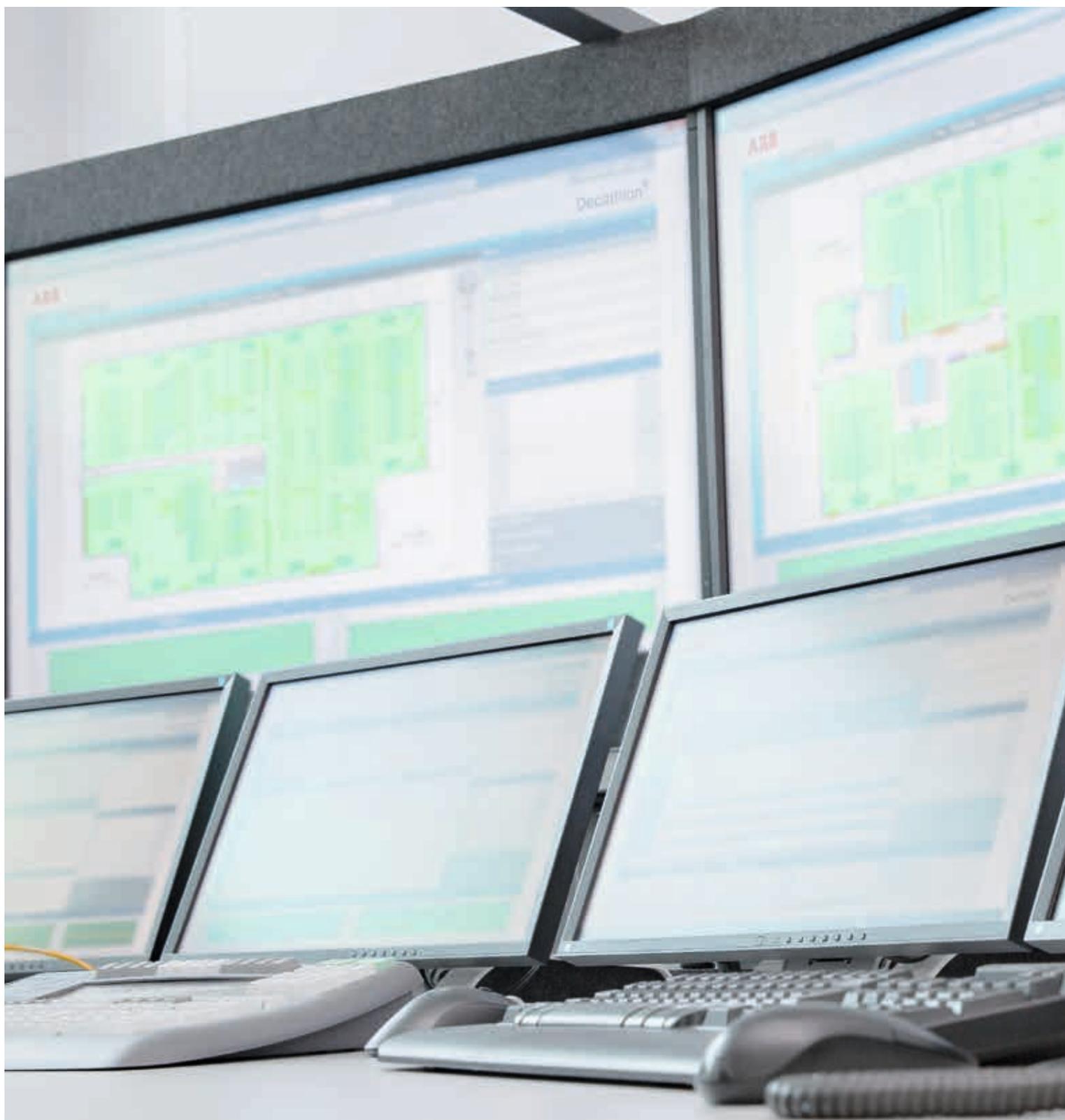
La revue  
technologique  
du Groupe ABB



# Datacenters

Power and productivity  
for a better world™





En 2012, ABB équipait le tout dernier centre de calcul de la société suisse *Green Datacenter*, à Lupfig (Zurich-Ouest), du plus puissant système de distribution en courant continu au monde. Cette installation de 1 MW sert de vitrine technologique aux multiples avantages du continu sur l'alternatif : moins de complexité, de conversion

et d'encombrement, de dépenses d'équipement, d'installation, d'implantation et de maintenance. Une exemplarité récompensée par le prestigieux Watt d'Or 2013, prix suisse de l'efficacité énergétique. Dans la foulée, ABB installait son système Decathlon® de gestion d'infrastructures pour fiabiliser et optimiser tous les actifs du *datacenter*. À découvrir en p. 16 et 41 de ce numéro d'*ABB Review*.

## Définition & configuration

- 7 **Dans les coulisses du Net**  
Les nouvelles usines du monde numérique
- 11 **Continuité de service**  
Classification des *datacenters* en fonction de leur disponibilité

---

## Alimentation & protection

- 16 **Lignes continues**  
Architecture courant continu basse tension
- 22 **Au secours de la performance**  
Systèmes d'alimentation d'urgence ABB
- 29 **Service continu**  
Alimentations sans interruption ABB
- 34 **De source sûre**  
Les inverseurs de sources statiques numériques ABB dopent la fiabilité des *datacenters*

---

## Conception & exploitation

- 41 **Couloirs d'excellence**  
Solution ABB de gestion centralisée et intégrée de la performance énergétique des *datacenters*
- 48 **Décisions éclairées**  
Une approche de conception architecturale innovante
- 53 **La chaîne du froid**  
Améliorer la conception et la gestion des systèmes de refroidissement
- 58 **Au-delà du miroir**  
Optimisation des *datacenters*

---

## Transport & pilotage

- 64 **Prise en charge**  
En route pour l'électromobilité zéro émission
- 70 **Cap sur la performance**  
Une solution ABB pour fiabiliser et intégrer les systèmes de dragage

---

## Communication & partenariat

- 74 **Radio libre**  
Le sans-fil industriel adopte la maille Wi-Fi
- 79 **Activité motrice**  
ABB, partenaire d'un fabricant de pompes flottantes

---

## Rétrospective

- 81 **Index 2013**  
Tous les articles de l'année

# Du pratique au stratégique



Claes Ryttoft

## Chers lecteurs,

Saviez-vous qu'ABB est un acteur majeur de l'industrie en plein essor des centres de données ou *datacenters*, et ce depuis les premiers jours de leur fulgurant développement ?

Les datacenters ont commencé à fleurir dans les années 1990 avec la révolution Internet et l'inflation de la demande en connexions haut débit ininterrompues, aussi bien pour le grand public que les entreprises dont les moyens informatiques en interne ne suffisaient plus. On bâtit alors de grands entrepôts et centres de calcul... Dans son livre *The Big Switch*, l'écrivain américain Nicholas Carr compare le premier datacenter qu'il visite en 2004 à une centrale d'information alimentant la société du numérique, à l'image des centrales d'énergie de l'ère industrielle.

Cette analogie, fût-elle exacte, est aujourd'hui très en deçà de la réalité : plus qu'une ressource informatique, le datacenter est devenu le premier actif de l'entreprise du XXI<sup>e</sup> siècle. La numérisation croissante fait de ce flux continu de données toujours disponibles (à la fraction de seconde près) le « nerf de la guerre » de l'économie globalisée. Aux dires des analystes du cabinet d'études *451 Research*, le volume de données échangées par mois dans le monde atteindra 11 zettaoctets ( $10^{21}$ ) en 2017 ! D'où l'explosion des datacenters non seulement en taille mais aussi en complexité et en coût. Une mutation technologique qui méritait un numéro d'*ABB Review* pour en explorer les rouages et les moyens d'en assurer la fiabilité.

Pour le néophyte, un datacenter est une salle informatique alignant des centaines de serveurs en rangs serrés. Ce n'est là que la partie visible de l'édifice : son alimentation électrique et son contrôle-commande

(refroidissement compris) sont tout aussi vitaux. Et pour cause : la consommation électrique de tous les datacenters du monde avoisinera bientôt celle de pays comme l'Argentine ou les Pays-Bas. C'est dire combien la chasse aux kilowatts et leur utilisation éco-efficace, sans jamais rogner sur la fiabilité, deviennent un enjeu de société.

Fort de son expérience de fournisseur de systèmes d'énergie et d'automatisation pour applications stratégiques, ABB est aujourd'hui un équipementier de l'industrie des datacenters. Mais là où la concurrence se contente d'assembler des datacenters à partir de composants bâtis pour le tertiaire, ABB propose des équipements et systèmes industriels intrinsèquement fiables, robustes et éco-énergétiques. La contribution d'ABB se reflète dans la qualité de ses produits mais aussi dans sa capacité à développer et à mettre en œuvre des solutions complètes, de la chaîne d'alimentation électrique à la surveillance et à la conduite automatisées des systèmes.

En dehors des datacenters, *ABB Review* poursuit son exploration technologique sur un bus 100 % électrique rechargé en 15 s, des navires de dragage pilotés par automate et des transmissions sans fil taillées pour l'industrie.

Bon parcours,

Claes Ryttoft  
Directeur des technologies  
et Directeur général adjoint  
du Groupe ABB







# Dans les coulisses du Net

## Les nouvelles usines du monde numérique

MIETEK GLINKOWSKI – À l'ère du tout-numérique, nous consommons et produisons un volume de données sans précédent, dopé par l'essor d'Internet, des moteurs de recherche, des applications mobiles et des smartphones qui envahissent notre quotidien. Mais sait-on que ces usages et qu'un nombre croissant d'activités professionnelles reposent sur le stockage, la mise en réseau et le traitement de données au sein de gigantesques entrepôts et usines de l'information, plus souvent appelés *datacenters* ? Centres névralgiques de la nébuleuse Internet, ils sont indissociables des applications stratégiques des entreprises. ABB propose pour cela une palette de produits, de solutions intégrées et de compétences métiers garantissant sécurité, fiabilité, efficacité opérationnelle et énergétique.

---

### Photo

Dans un monde brassant et stockant des volumes inédits de données, ABB aide les entreprises à faire tourner sans faille leurs applications stratégiques.

Les datacenters touchent une multitude de domaines d'activité.

**Colocation/hébergement**

Nombre de petites et moyennes entreprises (PME) qui n'ont pas l'intention ni les moyens de conserver leurs ressources en interne, externalisent soit le cœur de leurs infrastructures informatiques et télécoms (colocation), soit leurs applications logicielles, sites web, etc. (hébergement), auprès de sociétés indépendantes dont ce sont le métier et la principale source de revenus.

**Finance**

Les banques et autres institutions financières, telles que la Bourse de New York (NYSE), le Nasdaq, la Bourse de Tokyo, doivent pouvoir compter sur des datacenters à haute disponibilité pour réaliser leurs transactions, sans que ces derniers constituent une source de revenus pour l'entreprise.

**Télécommunications**

De l'ADSL à la téléphonie mobile de dernière génération, les opérateurs télécoms jouent un rôle capital dans le secteur des datacenters. Aujourd'hui, presque tous les services de téléphonie sont passés au numérique et beaucoup s'appuient sur le transport de la voix sur IP (VoIP) et donc la connectivité internet. Tous les acteurs de premier plan comme NTT, AT&T ou T-Mobile possèdent, construisent et exploitent leurs propres datacenters.

**Informatique**

Des entreprises comme Google, Amazon, eBay, Facebook, entre autres, ont émergé avec l'essor d'Internet, il y a une quinzaine d'années. Si les datacenters constituent leurs principaux actifs, elles tirent l'essentiel de leur chiffre d'affaires de la publicité ou du commerce en ligne. Elles innovent tous azimuts, que ce soit dans la construction de datacenters « propriétaires », les services et la satisfaction de la clientèle.

**Administration**

Si l'administration fédérale des États-Unis exploitait 432 datacenters en 1999, elle en compte près de 7000\* en 2013 pour répondre aux besoins de l'ensemble de ses services (fiscalité, défense, prestations sociales). Un poste qui pèse dans le budget de l'État.

**Santé**

Ce segment devrait connaître une croissance rapide avec la numérisation des dossiers médicaux consignants tout l'historique des patients (consultations, hospitalisations, actes chirurgicaux). Une énorme dépense pour le secteur.

**Commerce, industrie et services**

Ce vaste ensemble regroupe des sociétés privées et cotées en Bourse dans des secteurs aussi variés que le pétrole et le gaz, le plastique, la grande distribution et les « utilités » (électricité, gaz, eau). Si bien des PME optent pour la colocation, les grands groupes possèdent et exploitent leurs propres datacenters, à l'instar de BP avec son *Most of the World (MoW)*, l'un des quatre « mégacentres » qui hébergent ses ressources informatiques mondiales.

L'« informatique en nuage » (*cloud computing*) occupe une place à part : ce n'est pas un segment à proprement parler mais plutôt un service sur le marché des bases de données. Elle permet de répartir des applications informatiques sur plusieurs serveurs, voire plusieurs centres physiques. Une application n'est alors plus directement rattachée à un équipement ou à un datacenter donné. Exemple : dans l'application iTunes, les données (musique, vidéos, films) sont distribuées entre une série de serveurs et de centres Apple distincts. Cette répartition est dynamique en ce sens qu'elle varie avec les ressources, la disponibilité de l'informatique (ainsi que de l'alimentation, du refroidissement et de plusieurs autres facteurs), le trafic web, etc.

\* Government Accountability Office, www.gao.gov, 2013.

Les datacenters de dernière génération sont des bâtiments industriels dédiés qui abritent des équipements et systèmes imbriqués et interdépendants, aux exigences particulières → 1. D'une superficie d'à peine 200 m<sup>2</sup> jusqu'à l'équivalent de 15 terrains de football (environ 140 000 m<sup>2</sup>), certains nécessitent 500 kW quand d'autres réclament 100 MW.

La filière explose avec 7,7 millions de baies informatiques dénombrées dans le monde en 2012<sup>1</sup> (soit 15% de plus qu'en 2011) et un taux de croissance estimé à 25% aux États-Unis, voire à 60% dans certains pays comme la Turquie. Un rapport de *Digital Realty*<sup>2</sup> rend bien compte de l'essor des datacenters d'entreprise. La figure → 2 en illustre les principaux leviers avec, en priorité, l'efficacité énergétique et la sécurité, et dans une moindre mesure, la consolidation du parc de serveurs, la connectivité et la redondance. ABB a des solutions économiques pour répondre à ces besoins.

Les datacenters sont très énergivores : on estime qu'ils représentent jusqu'à 2% de la consommation électrique mondiale<sup>3</sup>. Sur une puissance installée totale<sup>4</sup> d'environ 5000 GW, ils engloutissent quelque 120 GW, soit plus que la capa-

cité de l'Espagne ou de l'Italie, et près du double de celle du Mexique.

**Portrait-robot**

Trois infrastructures cohabitent dans un datacenter : informatique, alimentation

le fonctionnement sans faille de cette installation stratégique → 4.

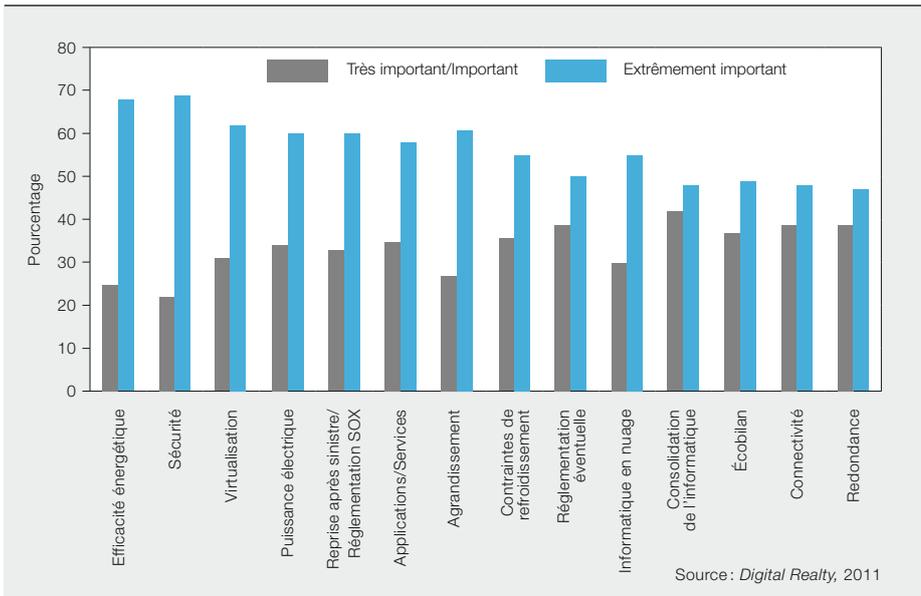
L'infrastructure informatique se compose principalement de matériels et de logiciels classés en trois grands groupes,

Combien de logiciels, de bases de données, de systèmes d'exploitation et d'applications *cloud* sont hébergés par un datacenter ?

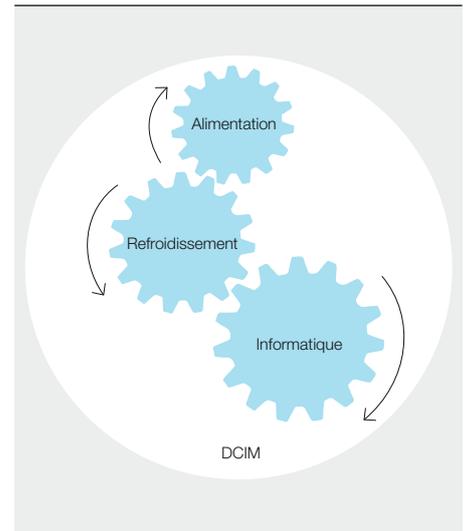
électrique et refroidissement → 3. Elles doivent être parfaitement compatibles, concordantes et optimisées pour assurer

serveurs, commutateurs réseau et baies de stockage (la « mémoire » du site). Chacun remplit un rôle, même si les serveurs intègrent souvent une partie stockage. C'est là que sont exécutées les principales fonctions des datacenters et sont fournis les services informatiques. Nombreux sont les logiciels, processus de virtualisation,

## 2 Priorités de déploiement des datacenters

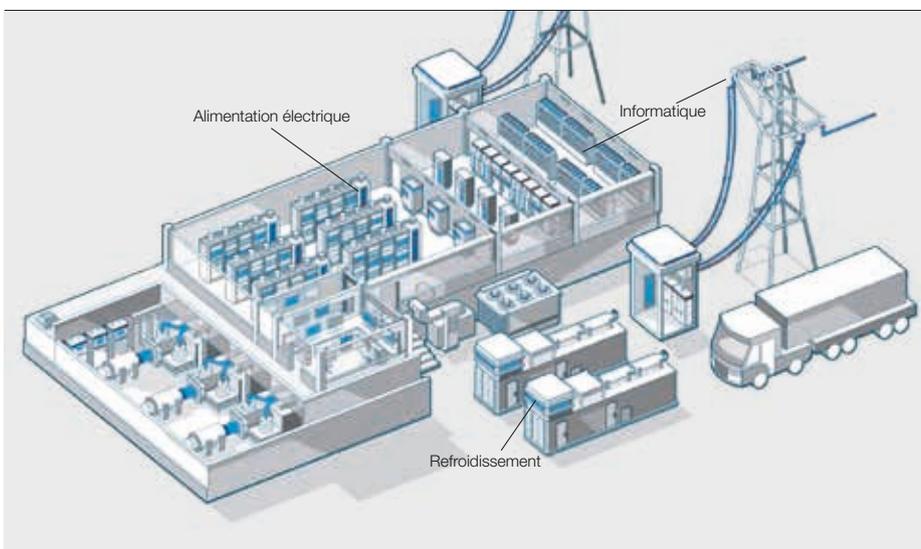


## 4 Les trois rouages du datacenter



L'infrastructure d'un datacenter repose sur l'interaction de l'informatique, de l'alimentation électrique et du refroidissement avec la plate-forme de gestion DCIM.

## 3 Agencement



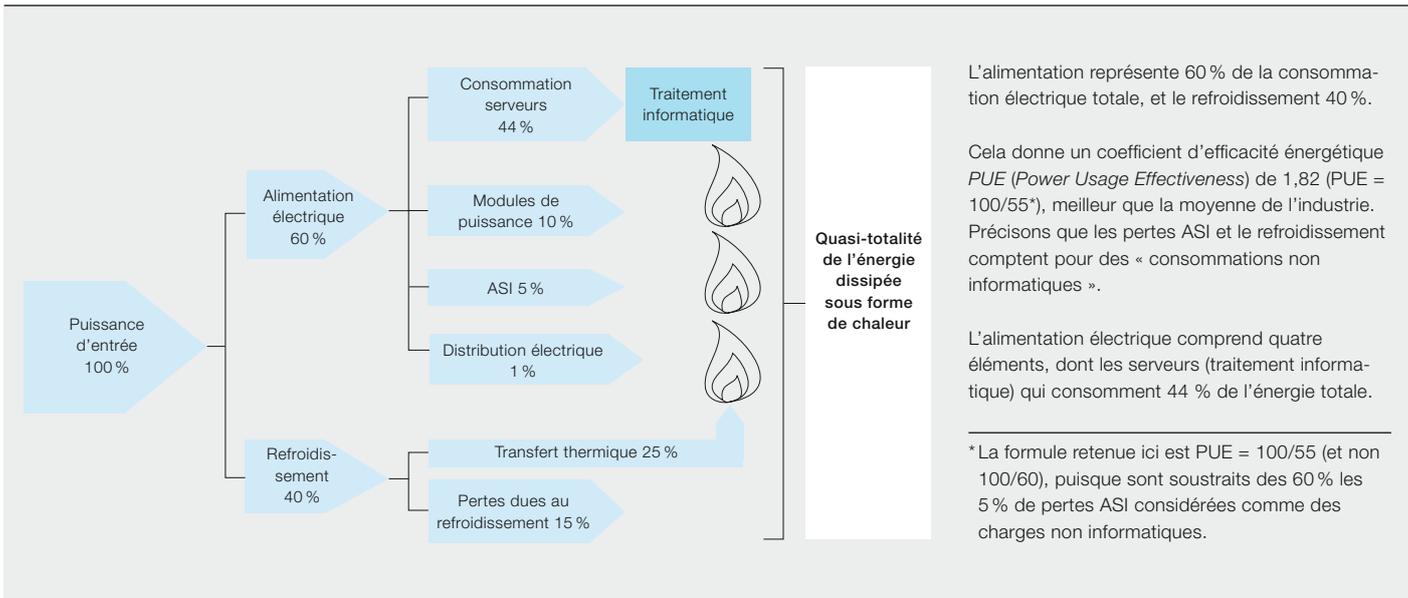
bases de données, sites web, systèmes d'exploitation et traitements déportés « dans le nuage » (*cloud*) brassés par un datacenter.

L'alimentation électrique et le refroidissement sont les deux lots techniques nécessaires au fonctionnement des équipements informatiques. Sauf exception (piles à combustible, par exemple), ces derniers sont souvent raccordés au réseau électrique général et alimentés par une cascade de transformateurs, de tableaux, de groupes électrogènes, d'alimentations sans interruption, de jeux de barres et d'inverseurs de sources. L'électricité prélevée du réseau est transformée, convertie et stabilisée avant d'être distribuée aux serveurs en racks.

Les équipements informatiques dégagent beaucoup de chaleur. L'alimentation et le refroidissement représentent respectivement 60 % et 40 % de la consommation d'un datacenter type. Le coefficient d'efficacité énergétique *PUE* (*Power Usage Effectiveness*) vaut 1,82 → 5, soit mieux que la moyenne industrielle de 1,9. L'infrastructure d'alimentation comprend quatre éléments, dont les serveurs (charge informatique) qui consomment environ 44 % du total. La quasi-totalité de la puissance consommée par l'alimentation et le refroidissement se perd en chaleur, qu'il faut évacuer pour maintenir la température de fonctionnement dans les plages prescrites et permettre l'accès du personnel. Cette régulation thermique nécessite une panoplie de systèmes de froid très complexes : refroidissement

### Notes

- 1 *Data Center Dynamics Converged*, dossier de presse 2012
- 2 *What is Driving the US Market?* Digital Realty Trust, 2011
- 3 De 1,1 % à 2,5 % selon les sources : <http://www.analyticspress.com/datacenters.html>, [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org), [www.forbes.com](http://www.forbes.com)
- 4 Données 2010, *Energy Information Administration*, [www.eia.gov](http://www.eia.gov)



dissement par liquide, par air, par immersion, confinement en allées chaudes/froides, climatisation et traitement d'air. Le refroidissement est le premier poste de consommation « non informatique » → 6.

Une autre composante revêt une importance croissante: la gestion des infrastructures DCIM (*Data Center Infrastructure Management*). Cette plate-forme collecte, pilote, intègre, surveille et gère l'ensemble des systèmes du datacenter. Bien régler les capteurs de température des unités de climatisation pour qu'ils indiquent fidèlement la température des cartes mères de serveurs ou veiller à la distribution homogène de l'électricité entre chaque ligne d'alimentation des baies informatiques, sans risque de surcharge des câbles ou de déclenchement des disjoncteurs... La tâche n'est pas aisée. Il faut aussi repérer l'emplacement de chaque équipement informatique, savoir à quoi il sert, quand le remplacer ou encore, dans un site de colocation, à qui il appartient. Toutes ces fonctions, et bien d'autres, incombent au DCIM qui associe souvent matériels et logiciels de collecte, de traitement et d'affichage de données (température, tension, courant, débit d'air, alarmes, etc.), en vrai « chef d'orchestre » de tous les systèmes et activités du centre. À l'opérateur d'en faire bon usage !

## 6 Indicateurs de performance énergétique

Le PUE est l'indicateur clé de performance énergétique des datacenters. Il exprime le rapport du total de l'énergie consommée par le datacenter sur le total de l'énergie utilisée par les équipements informatiques.

$$PUE = \frac{\text{Consommation globale}}{\text{Consommation informatique}}$$

Par définition, il est toujours supérieur à 1 ; tout ce qui est au-dessus de 1 correspond aux consommations non informatiques (refroidissement, éclairage, sécurité, etc.).

En 2007, le PUE moyen s'élevait aux États-Unis à 1,9, selon l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) ; autrement dit, chaque watt informatique nécessitait 0,9 watt d'équipement annexe, à commencer par la climatisation. En 2012, celui des entreprises non informatiques se situait à 2,9 (Digital Realty).

Pourtant, le PUE n'est pas la seule mesure de performance énergétique d'un datacenter : la réduction de la consommation de la charge

informatique en remplaçant les anciens serveurs, par exemple, mais sans toucher à l'infrastructure de refroidissement, augmente mécaniquement le PUE, alors que le centre a bel et bien gagné en efficacité énergétique.

Ce constat peut dissuader de moderniser les installations. Dans d'autres cas, la démarche d'amélioration du PUE conduit à l'adoption de systèmes de refroidissement... qui utilisent plus d'eau ! D'où l'élaboration de deux indicateurs comme le WUE (*Water Usage Efficiency*) pour calculer la consommation d'eau nécessaire au refroidissement des datacenters et le CUE (*Carbon Usage Efficiency*) pour leur empreinte carbone (rapport des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie du datacenter sur celle de la charge informatique, exprimé en kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/kWh).

Mietek Glinkowski

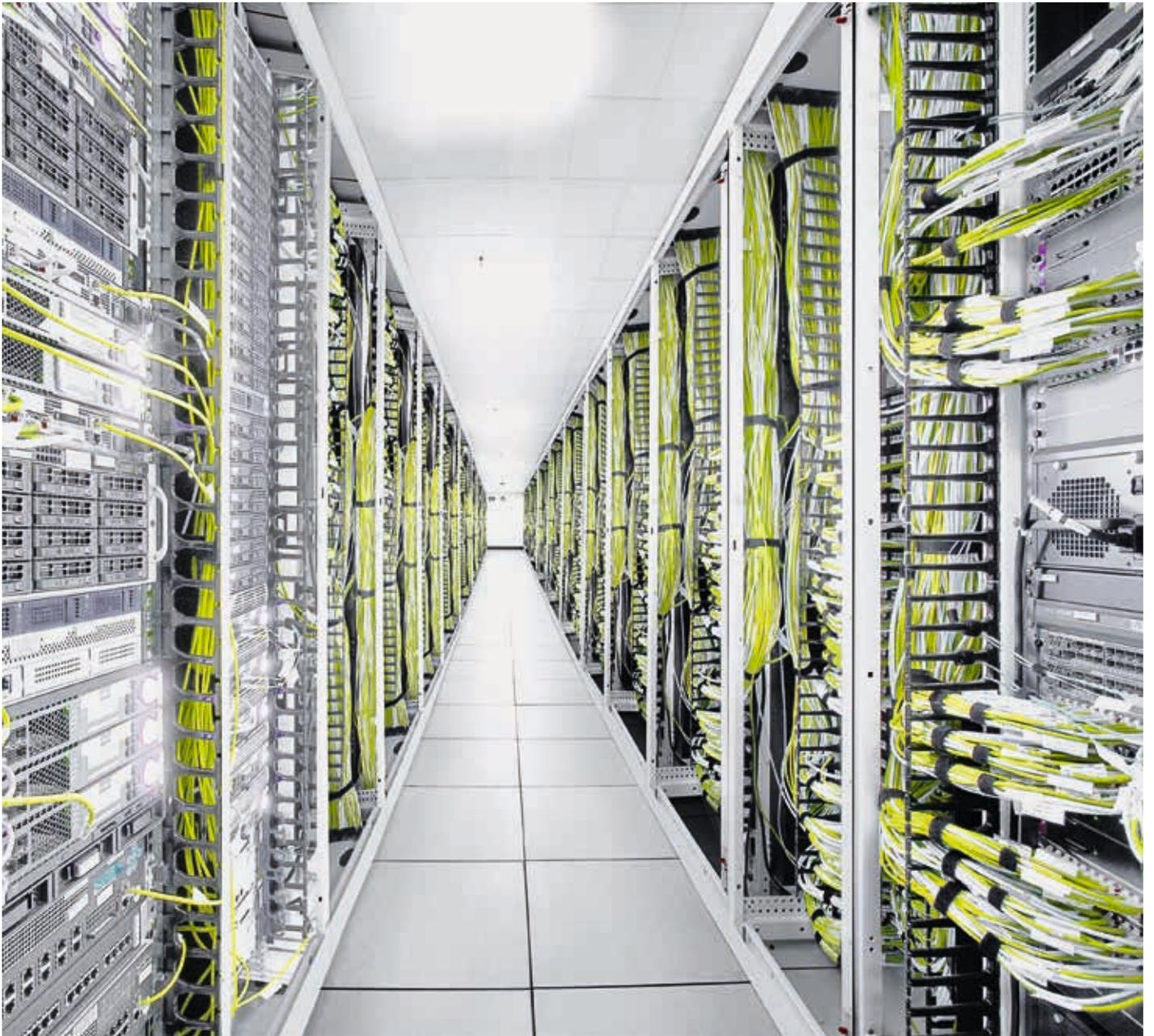
ABB Data Centers

Raleigh (Caroline du Nord, États-Unis)

mietek.glinkowski@us.abb.com

Pour aller plus loin :

[www.abb.com/datacenters](http://www.abb.com/datacenters)



# Continuité de service

Classification des *datacenters* en fonction de leur disponibilité

MIETEK GLINKOWSKI – Tous les industriels le savent : aucun système n'est à l'abri d'une défaillance. Pour le marché des datacenters, la priorité absolue est la continuité de service. Les analystes du secteur estiment qu'une panne d'une heure coûte en moyenne 350 000 dollars ; un chiffre en augmentation constante au vu du nombre croissant d'entreprises qui stockent, mettent en réseau et traitent des données numériques, dont la quasi-totalité transite ou est hébergée par un datacenter. Les coûts faramineux d'une interruption de service, même très brève, font de la disponibilité un critère déterminant de conception, d'exploitation et de maintenance de ces « usines de l'information ».

Pour le marché des datacenters, la priorité absolue est la continuité de service.

## 1 Fiabilité et disponibilité

Fiabilité et disponibilité sont deux notions distinctes, souvent mal interprétées et confondues avec la qualité d'un système ou d'un produit.

La fiabilité varie dans le temps comme suit :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

avec  $R(t)$  = fiabilité,  $t$  = temps, et  $\lambda = TF/Tp$ , taux de défaillance (nombre total de défaillances  $TF$  sur la durée totale  $Tp$ ).

Plus le système fonctionne longtemps, plus la fiabilité est faible.  $\lambda$  est la réciproque de la moyenne des temps de bon fonctionnement ( $MTBF$ ). Le temps moyen de réparation ( $MTTR$ ) d'un système ou dispositif défaillant est un autre indicateur important. Ces deux indicateurs expriment la disponibilité intrinsèque ( $DI$ ) d'un système ou dispositif, soit  $DI = MTBF/(MTBF+MTTR)$ .

Lorsque le concept de disponibilité inclut les temps d'arrêt pour maintenance planifiée, on parle de disponibilité opérationnelle ( $DO$ ).

La fiabilité et la disponibilité ne sont pas constantes mais fonction de composants spécifiques du système et de sa topologie,

laquelle détermine le niveau de criticité des composants dans l'accomplissement de la mission stratégique du datacenter.

Il en résulte que la fiabilité doit être évaluée aux différents points du système où l'énergie électrique est fournie à la charge informatique.

Quand la « qualité » désigne l'état d'un équipement neuf livré au client, la fiabilité et, donc, la disponibilité se mesurent sur une durée ; elles prennent aussi en compte l'effet du vieillissement et les contraintes subies par l'équipement au sein du système.

La redondance des équipements et des circuits électriques permet d'accroître la fiabilité. Or plus il y a d'équipements, plus il y a de probabilité de défaillance d'un ou de plusieurs composants. Tout système doit trouver un équilibre entre, d'une part, le niveau de redondance et la complexité associée, d'autre part, les gains de fiabilité. Un système bien conçu doit tirer le maximum de l'équipement, exploiter tout son potentiel et fournir un niveau suffisant de redondance et de secours pour fiabiliser l'alimentation électrique.

La disponibilité d'un datacenter est une mesure de la continuité de service annoncée aux utilisateurs. Aujourd'hui, la « haute disponibilité » est pour l'essentiel obtenue par la redondance des architectures, des équipements (informatiques et énergétiques), des circuits électriques et des logiciels → 1. Plusieurs classifications définissent ce critère dans les datacenters. La dynamique technologique, la quête de différenciation, les enjeux environnementaux et, par-dessus tout, des facteurs économiques dictent souvent les choix architecturaux selon le niveau de disponibilité ou des critères radicalement différents. L'*Uptime Institute* classe les datacenters en quatre catégories, ou « tiers I à IV », correspondant chacune à un niveau de disponibilité croissant → 2. Ce référentiel, qui n'est pas toujours suivi, est celui adopté ici pour notre description de l'architecture électrique des datacenters.

Un datacenter de *tier I*, le moins cher et le moins performant, vise un taux de disponibilité de 99,671 % correspondant à 28,8 heures d'arrêt cumulé annuel, alors qu'un site de *tier IV* cible 99,995 %, soit 24 minutes d'arrêt par an. Les tiers I à IV sont également caractérisés par différentes densités de puissance, allant de 200 W/m<sup>2</sup> à

1500 W/m<sup>2</sup>. Les ingénieurs énergéticiens doivent également savoir que plus le tier est élevé, plus la tension d'alimentation électrique du datacenter est élevée. En effet, la continuité de fourniture s'améliore au fur et à mesure que l'on passe des circuits basse tension (BT) à la distribution moyenne tension (MT) et au transport haute tension (HT). Plus on tend vers la HT, moins on risque la perturbation ou la panne générale.

### Tier I

Architecture la plus simple, son niveau de disponibilité et la densité de puissance pour la charge informatique sont les plus faibles. Ce concept est appelé « N » car  $n$  charges informatiques nécessitent  $n$  alimentations sans interruption et groupes électrogènes. Le schéma → 3 en reproduit les composants de base.

#### Connexion au réseau

Un datacenter de tier I est raccordé au réseau par l'intermédiaire d'un transformateur abaisseur MT->BT.

#### Groupe électrogène

Généralement couplé à un moteur diesel, ce générateur de secours prend la relève en cas de coupure réseau prolongée. Son autonomie, qui dépend des réserves de combustible, varie de 24 à 72 heures ; elle peut être accrue avec un

#### Photo p. 11

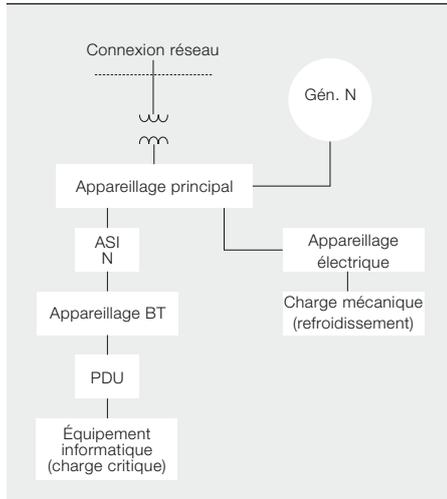
Quelle architecture électrique pour des datacenters à haute disponibilité ?

## 2 Tableau comparatif des architectures d'alimentation (tier)/taux de disponibilité

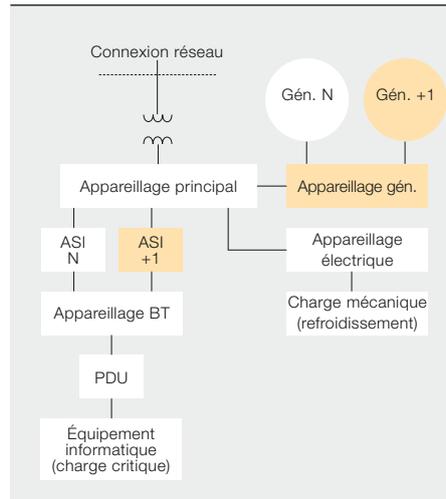
	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
<b>Nombre de circuits d'alimentation</b>	<b>1 seul</b>	<b>1 seul</b>	<b>1 actif/ 1 passif</b>	<b>2 actifs</b>
Redondance	N	N+1	N+1	2 (N+1) ou 2N
Tension réseau	208, 480 V	208, 480 V	12–15 kV	12–15 kV
Temps d'indisponibilité/an	28,8 h	22,0 h	1,6 h	0,4 h
Taux de disponibilité du datacenter	99,671 %	99,749 %	99,982 %	99,995 %
© The Uptime Institute				

Aujourd'hui, le haut niveau de disponibilité est pour l'essentiel obtenu par la redondance des architectures, équipements (informatiques et énergétiques), circuits électriques et logiciels.

### 3 Architecture tier I (N)



### 4 Architecture tier II (N+1)



contrat de ravitaillement de fioul prioritaire. La génératrice est une machine synchrone d'une puissance de quelques centaines de kilowatts (kW) à deux ou trois mégawatts (MW).

#### Inverseur de sources automatique

Cet appareil spécial à logique de contrôle-commande et de protection assure une inversion de sources instantanée (réseau électrique ↔ groupe électrogène) dans des conditions données. La plupart du temps, il est de type « à coupure » : en cas de perte réseau, le disjoncteur de tête s'ouvre et le groupe électrogène ne se ferme qu'après avoir correctement démarré, atteint la vitesse et le niveau d'excitation désirés, et été synchronisé. Ce démarrage peut prendre quelques secondes, voire une minute quand il y a plusieurs groupes.

#### Alimentations sans interruption (ASI)

Il s'agit pour l'essentiel d'onduleurs de trois types : en attente passive, en interaction directe avec le réseau et à double conversion (alternatif/continu/alternatif). Ce dernier, le plus répandu, stabilise et

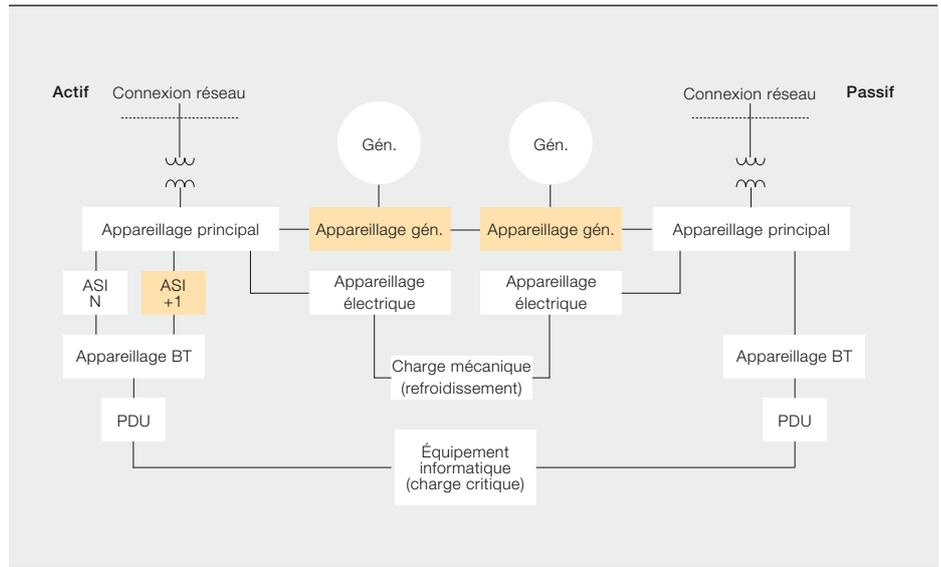
nettoie l'onde de tension de toutes les imperfections du réseau (transitoires, creux et pics de tension, etc.). Son bus CC intermédiaire est raccordé à une batterie de secours dont l'autonomie s'étage de 2–3 minutes à 7–10 minutes selon sa taille. Le basculement entre le réseau et la batterie est indétectable et instantané.

#### Appareillage électrique

Les datacenters nécessitent différents appareils pour la distribution de l'énergie électrique aux nombreuses rangées de serveurs ou d'équipements informatiques (charge critique) ainsi qu'aux systèmes de refroidissement (pompes, ventilateurs, vannes, compresseurs, etc.) et autres charges mécaniques. Les disjoncteurs protègent également des défauts et autres anomalies. Dans un site tier I, il s'agit exclusivement d'appareils BT (moins de 1 kV environ).

L'ajout du circuit électrique passif fait grimper le coût des installations tout en compliquant le contrôle-commande, la coordination et la maintenance.

## 5 Architecture tier III en mode actif/passif; pas d'ASI dans le circuit passif



### Unités de distribution électrique (PDU)

Ces unités regroupent des disjoncteurs, des compteurs et, en Amérique du Nord, des transformateurs BT pour la distribution électrique des baies de serveurs ainsi que la protection et la mesure de la tension et du courant fournis aux charges individuelles.

### Blocs d'alimentation

Les blocs d'alimentation font partie de l'équipement informatique. Comparables à ceux des PC de bureau, ils transforment le 220 V ou 110 V en tension continue distribuée aux différentes charges informatiques, serveurs, équipements réseau, baies de stockage. Les plus répandus sont les alimentations à découpage sans transformateur. La redondance des circuits électriques dans les architectures tiers III et IV fait qu'un nombre croissant de blocs d'alimentation est aujourd'hui doté d'entrées bitension en CA.

### Tier II

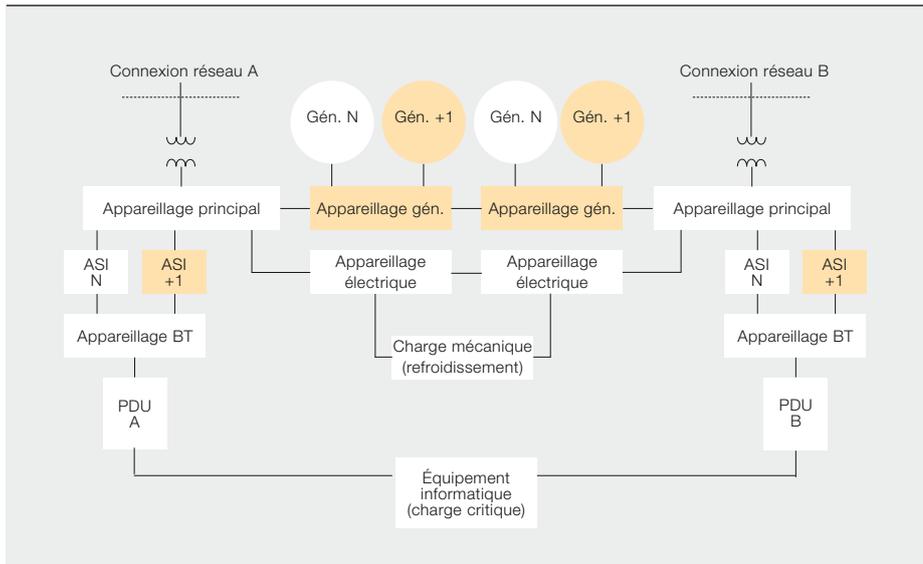
Cette architecture « N+1 » se distingue de la précédente par un groupe électrogène et une ASI supplémentaires → 4. Si certains des composants les plus critiques du système sont doublés pour une disponibilité accrue, le reste du système est fondamentalement identique. Cette redondance ne supprime pas plusieurs points uniques de défaillance dans le circuit d'alimentation de la charge informatique.

### Tier III

Encore appelée configuration active/passive, cette architecture comporte un double circuit d'alimentation → 5. Outre la redondance des équipements critiques, un deuxième circuit électrique fonctionnant en parallèle alimente la charge informatique en cas de défaillance du circuit primaire. Ce circuit supplémentaire passif n'est utilisé qu'en cas de besoin. Un datacenter tier III nécessite également une deuxième connexion réseau. L'ajout du circuit électrique passif fait grimper le coût des installations tout en compliquant le contrôle-commande, la coordination, la maintenance, etc. On y trouve également un tableau électrique supplémentaire et une armoire de départs-moteurs qui doivent permettre le fonctionnement intégral du datacenter sur le circuit passif. L'équipement informatique peut ici pleinement tirer profit du circuit redondant et utiliser, par exemple, des alimentations doubles pour chaque serveur. Le nombre de points uniques de défaillance est ainsi considérablement réduit. Néanmoins, le circuit passif n'étant pas protégé par une ASI, le système est, en cas d'urgence, vulnérable aux instabilités du réseau électrique, voire aux pannes de courant.

### Tier IV

L'architecture tier IV, ou « 2(N+1) », est la Rolls des datacenters → 6. Un nombre relativement réduit d'infrastructures dans le monde est certifié tier IV; leurs systèmes fonctionnent en parallèle et en redondance active. Si chaque circuit est dimensionné pour pouvoir alimenter la



Tout système est affaire de compromis entre, d'une part, le niveau de redondance et la complexité associée, d'autre part, les gains de fiabilité.

totalité de la charge, en fonctionnement normal, le taux maximum d'utilisation ne dépasse pas 50 %. De surcroît, certaines architectures tier IV possèdent N+1 ASI

Concevoir, installer et optimiser l'écosystème informatique exigent des compétences techniques pointues. Dans les data-centers, les notions de disponibilité et de

fiabilité évoluent au rythme de l'élévation des niveaux de tension, de la complexité des schémas de commutation, de l'élargissement des plages de fonctionnement

## Les architectures de data-centers certifiées tier IV fonctionnent en parallèle et en redondance active.

et groupes électrogènes dans chaque circuit; or cette disponibilité accrue (+0,01 %) a son pendant en termes de complexité et de coût. L'objectif est ici une indisponibilité de service annuelle cumulée de 24 minutes pour l'utilisateur (soit une défaillance tous les 5 ans).

des équipements informatiques et, plus important, de l'avènement des logiciels tolérants aux pannes et du *cloud computing*. Alors, restez au courant !

### Changement permanent

Les taux de disponibilité et d'indisponibilité de la classification tier ne sont pas les seuls facteurs à prendre en compte. L'impact des interruptions de service sur le fonctionnement des équipements stratégiques varie également. Par exemple, sur une année, les conséquences de 10 microcoupures de 50 ms chacune de l'alimentation électrique des serveurs seront nettement plus graves qu'une seule coupure de 500 ms. Même si, au final, le taux de disponibilité annuel est le même (arrêt cumulé de 0,5 s), les 10 microcoupures obligent les serveurs à redémarrer 10 fois par an (entraînant un risque de perte de données), alors que la coupure unique ne nécessite qu'un seul redémarrage sur l'année.

**Mietek Glinkowski**

ABB Data Centers

Raleigh (Caroline du Nord, États-Unis)

mietek.glinkowski@us.abb.com



# Lignes continues

Architecture  
courant continu  
basse tension

ANDRÉ SCHÄRER – Les centres de données ou *datacenters* du monde entier consomment chaque année près de 80 millions de mégawattheures, soit bientôt autant que des pays comme l'Argentine ou les Pays-Bas. Ils sont aussi responsables d'environ 2 % des émissions totales de CO<sub>2</sub>, qui menacent de quadrupler à l'horizon 2020, si les quelque 6 millions de serveurs supplémentaires chaque année ne s'accompagnent pas d'une recomposition du bouquet électrique et de mesures éco-efficaces. Un centre de taille moyenne engloutit à lui seul l'équivalent de la consommation énergétique de 25 000 foyers américains ou près du double en Europe. Comment freiner cet appétit qui plombe la facture d'électricité et la planète ? Pour ABB, le courant continu offre plusieurs avantages, à commencer par la suppression des transformations et conversions de la chaîne électrique, qui permet de réduire de 10 % les pertes entre le raccordement réseau du centre et le serveur.



Le courant continu supprime deux étapes de conversion.

**S**i de plus en plus de voix vantent les mérites de l'efficacité énergétique et du déploiement massif des énergies renouvelables → 1, ABB prône la solution du courant continu (CC) dans les datacenters.

### Genèse

Le tournant du XX<sup>e</sup> siècle fut le théâtre d'une « bataille des courants » entre les tenants de l'alternatif (Nicola Tesla et George Westinghouse) et le partisan du continu (Thomas Edison); les premiers

en sortirent vainqueur, imposant un système de transport et de distribution électrique aujourd'hui plus que centenaire.

Cette prédominance sonne-t-elle le glas du courant continu? Loin s'en faut. À l'âge numérique, de plus en plus d'équipements électroniques, informatiques, télécoms et jusqu'aux véhicules électriques fonctionnent en courant continu. À l'autre extrémité de la chaîne, des systèmes photovoltaïques, des piles à combustible et certains parcs éoliens en produisent. Le réseau de transport a aussi ouvert une brèche dans l'hégémonie de l'alternatif (CA): la technologie du courant continu haute tension (CCHT) sur de longues distances avec de faibles pertes. Depuis près de 60 ans, ABB y joue un rôle central de développeur et d'équipementier.

Preuve du développement croissant de la technologie CC, l'électricité chemine au moins une fois en continu sur le parcours qui relie producteur et consommateur. Si certaines conversions restent nécessaires, les niveaux de tension et de fréquence n'ont parfois qu'une justification historique. De plus, ces étapes engendrent des pertes d'énergie que l'on peut éviter. Fort des progrès de l'électronique de puissance, ABB rebat les cartes et fait avancer l'alimentation CC partout où elle est synonyme d'économies d'énergie.

### Le plus puissant au monde

Les datacenters se prêtent particulièrement bien à une alimentation CC. Ils abritent en effet pléthore de consommateurs identiques ou du moins similaires (serveurs, équipements réseau,

#### Photo

En 2012, ABB a équipé le datacenter zurichois du fournisseur d'accès internet green.ch du plus puissant système de distribution en courant continu au monde.

# L'installation pilote a été développée, installée et lancée en un temps record par ABB, exclusivement pour l'hébergeur suisse Green Datacenter.

## 1 Gisements d'efficacité énergétique

L'arsenal écologique des datacenters ne se limite pas au courant continu : on peut améliorer leur implantation, leur conception et leur exploitation, mais aussi la technologie des serveurs et leur refroidissement.

Il faut néanmoins veiller à ne pas restreindre l'optimisation aux composants individuels, ce qui aurait pour effet de faire tourner le centre en dessous de ses capacités et de sa courbe de rendement ! La clé du succès tient dans l'adoption d'une démarche globale tenant compte de l'interaction des maîtres d'ouvrage/exploitants et de leurs équipementiers.

systèmes de stockage, etc.), évitant de multiplier les niveaux de tension.

En 2011, Green Datacenter, hébergeur du fournisseur d'accès internet suisse green.ch, décide d'équiper en CC l'extension de 1100 m<sup>2</sup> des 3300 m<sup>2</sup> de son centre de Zurich-Ouest, à Lupfig (photo p. 16–17), avec ABB pour partenaire. Voyons le détail de cette application, qui a valeur d'exemple et non de standard.

### Vitrine technologique

Pour démontrer les gains d'efficacité énergétique sur une grande échelle, la solution de distribution CC fut dimensionnée à près de 1 mégawatt (MW) → 3, à l'instar d'une poignée de systèmes similaires plus petits, déjà en service dans le monde mais essentiellement à des fins de recherche-développement.

Pour ce qui est du niveau de tension CC, le choix se porta sur 400 V en circuit ouvert, avec un double objectif : d'une part, maintenir la tension au plus haut niveau possible pour minimiser les pertes et la quantité de cuivre, d'autre part, assurer

la sécurité du personnel et la compatibilité du matériel. Précisons que le 380 V pourrait devenir la norme du transport et de la distribution CC, sous les auspices d'instances normatives comme la CEI, la NEMA (association américaine des fabricants de produits électriques) et *EMerge Alliance*<sup>1</sup>.

La technologie éprouvée d'ABB fut retenue pour garantir la fiabilité et la disponibilité de toute la distribution CC. Si le redresseur central fut développé spécifiquement pour ce projet, ses « briques de base » empruntent à bien d'autres applications leurs modules à électronique de puissance de dernière génération.

### Du réseau à la puce

Deux arrivées en 16 kV indépendantes, ainsi que l'alimentation de secours fournie par un groupe électrogène, transitent d'abord par un appareillage moyenne tension (MT) à isolation gazeuse ZX0 d'ABB avant d'être basculées automatiquement en position normale, secours ou test par un système de contrôle-commande ABB Tanomat.

### Redresseur

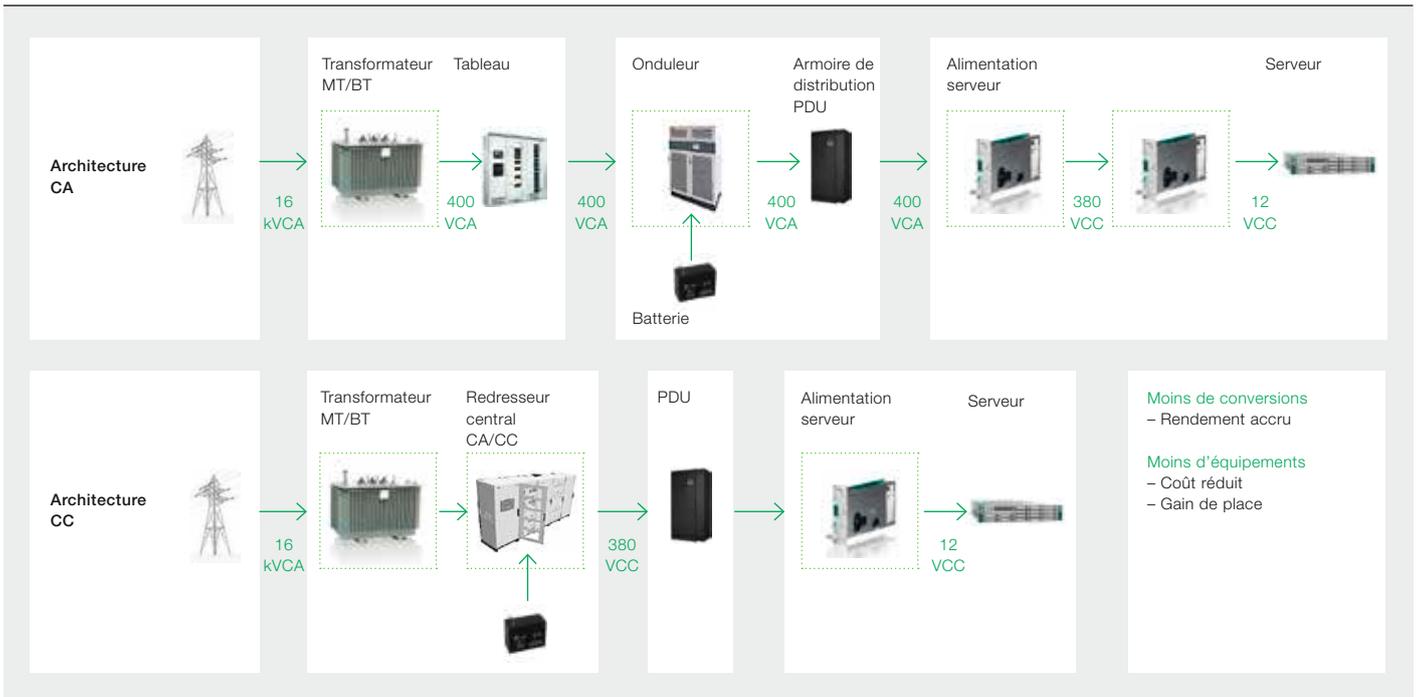
La sortie de l'appareillage MT attaque directement le redresseur central, qui aligne un interrupteur-sectionneur MT et un transformateur sec à trois enroulements ABB de 1100 kVA à haut rendement pour convertir le 16 kV en basse tension (BT). Deux modules parallèles hexaphasés (6 *pulses*) à thyristors de la série DCS800 d'ABB redressent le courant une première fois pour alimenter les serveurs (distribution principale), une seconde pour charger les batteries et offrir une autonomie d'une dizaine de minutes à pleine charge.

En sortie, les modules redresseurs sont connectés en série, formant une prise centrale qui peut être mise à la masse. Ce système à 3 conducteurs fournit L+ (+200 V), M et L- (-200 V), tandis que les charges se raccordent entre L+ et L-. Vient ensuite un tableau basse tension MNS d'ABB qui sert d'interface avec les batteries et fournit l'énergie aux armoires de distribution *PDU* (*Power Distribution Units*) MNS *iS*, contiguës aux salles informatiques.

Le tableau MNS est conçu pour fonctionner à 400 VCC et acheminer un courant constant maxi de 3 kA. Pour garantir

### Note

<sup>1</sup> Organisation industrielle mondiale visant à mettre en place des critères pour l'adoption rapide de la distribution CC au sein des bâtiments tertiaires.



la sécurité du personnel et du matériel en régime normal comme en court-circuit, ses propriétés furent rigoureusement testées et certifiées par un laboratoire indépendant, notamment sa tenue assignée maxi au court-circuit de 65 kA, au vu des spécificités du projet (contribution des batteries au court-circuit, etc.).

## La technologie éprouvée ABB fut choisie pour toute la chaîne de distribution CC, gage de fiabilité et de disponibilité.

### MNS iS

Deux armoires redondantes MNS iS 400 VCC distribuent l'énergie aux serveurs. Selon le cahier des charges client, l'opération peut aussi se faire à distance, pour plus de précision, avec les tout nouveaux tableaux MNS iRPP (*Remote Power Panels*). Basées sur le même appareillage basse tension MNS que la distribution principale, les armoires MNS iS affichent des performances identiques, hormis leur courant assigné unitaire de 1,6 kA.

Chaque sortie comporte une mesure haute précision, suivant le principe du shunt. Cette mesure individuelle autorise également la maintenance prédictive, par exemple en relevant et en enregistrant en temps réel la température de chaque conducteur (L+ et L-). La détection d'une anomalie ou d'une mauvaise tendance par le contrôle-commande amont peut alors déclencher une intervention proactive pour parer au danger ou au dysfonctionnement.

### Charge informatique

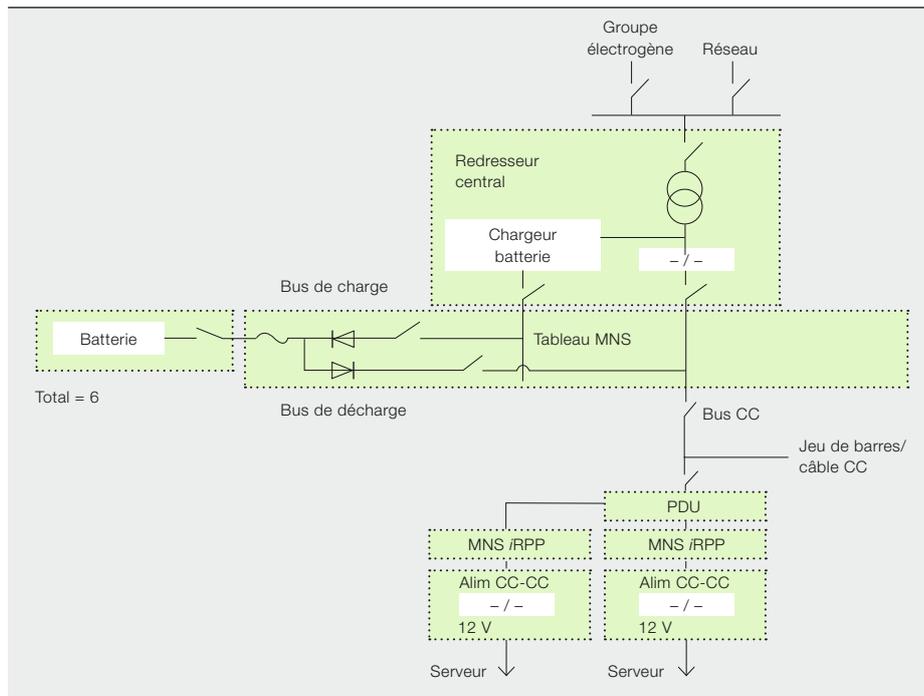
La chaîne de distribution aboutit à une baie de serveurs industriels. Un système de stockage en réseau HP X1800 G2, quatre serveurs HP ProLiant DL385 G7, un châssis HP BladeSystem c3000 de trois serveurs lames HP BL465c G7 CTO et un commutateur HP 5500-24G DC EI constituent le démonstrateur sur lequel ABB exécute certaines applications pour tester la capacité de traitement.

On pense souvent qu'un équipement informatique alimenté en CC est différent de celui alimenté en CA. Il n'en est rien. Dans notre cas, le serveur est identique, à une différence près : son alimentation simplifiée en CC (redresseur en moins, par exemple), qui permet de gagner 3 % de rendement sur les alimentations CA de dernière génération, selon le spécialiste de la conversion d'énergie Power-One. Raccordement à part, rien ne dis-

La solution a été rigoureusement testée pour garantir la sécurité des personnes et du matériel en régime normal comme en court-circuit.

On se focalise souvent sur l'efficacité énergétique du CC dans les datacenters, oubliant ses nombreux autres atouts.

### 3 Alimentation CC du centre Green Datacenter



tingue les deux solutions de l'extérieur (même encombrement).

#### Comparatif éloquent

La comparaison de la topologie de circuit mise en œuvre dans ce projet avec

Le matériel informatique alimenté en continu est différent de celui alimenté en alternatif ; une affirmation répandue, mais fausse.

le CA classique → 2 (également utilisé chez Green) confirme la suppression de deux étapes de conversion : l'ASI avec son tandem redresseur-onduleur et le redresseur à l'entrée de l'alimentation du serveur.

En Amérique du Nord, dans un datacenter aux normes ANSI, il faudrait équiper l'armoire PDU d'un transformateur supplémentaire 480/277 V-208/120 V, surtout pour des raisons de sécurité d'exploitation. C'est encore une transformation de moins en CC.

#### Bilan chiffré

L'efficacité énergétique de la distribution CC jusqu'au serveur (bloc d'alimentation compris) peut, selon la charge, gagner jusqu'à 10% sur la solution CA, grâce aux moindres conversions et autres effets. Les besoins en refroidissement de la salle informatique sont par ailleurs réduits, diminuant d'autant l'énergie requise.

Le débat sur les avantages du CC dans les datacenters se résume souvent à l'argument de l'efficacité énergétique et mentionne rarement ses autres atouts. Dans ce projet, les bénéfices (mesures comparatives et données réelles à l'appui) se chiffrent comme suit :

- Efficacité énergétique : +10 % (sans compter les moindres besoins en refroidissement de la salle informatique) ;
- Budget d'investissement en infrastructure d'alimentation électrique : -15 % ;
- Surface utile de l'infrastructure d'alimentation : -25 %.

Diminuer le nombre de composants améliore également la fiabilité et réduit la probabilité d'erreur humaine. La simplification de l'architecture et la diminution du nombre d'équipements font aussi chuter les dépenses d'installation (environ -20 %, selon les retours d'expérience), de fonctionnement et d'entretien

#### 4 Nouvelle solution CC d'ABB : le plein d'avantages en 2015

- Conversion CA/CC en tête d'installation pour minimiser la distorsion harmonique ;
- Sortie stable régulée à 380 VCC, avec de faibles ondulations résiduelles, favorisant l'emploi d'alimentations « à bande étroite » pour un rendement maximal ;
- Rendement accru du redresseur sur une grande plage de puissance ;
- Nette diminution du coût système par rapport aux dernières générations d'onduleurs CA ;
- Gain de place et facilité d'accès ;
- Intégration et modularité de la plate-forme, évolutivité progressive ;
- Possibilité de microréseau CC (facilité d'intégration des batteries et énergies alternatives sans mise en parallèle ni synchronisation) ;
- Raccordement des équipements CA d'origine ;
- Tenue aux courts-circuits ;
- Assemblage validé par essais de type.

(chiffrages à confirmer). Une évaluation juste et factuelle des systèmes CC et CA devrait prendre en compte tous ces critères de coût, de la planification à la construction, de l'exploitation à la maintenance.

##### Nouvelle génération

Rappelons que cette installation pilote est une solution ABB développée, installée et lancée en un temps record, exclusivement pour son client Green Datacenter.

ABB développe pour 2015 une nouvelle solution CC appelée à révolutionner l'architecture d'alimentation des datacenters → 4.

##### Microréseau CC

Le courant continu n'est pas la panacée pour tous les datacenters ; il arrive que l'alternatif soit mieux adapté. Pour optimiser la solution, il faut considérer les centres dans leur globalité et envisager leur intégration, de l'alimentation réseau au serveur. Dans les petites infrastructures, les économies peuvent s'avérer insuffisantes en valeur absolue pour justifier la technologie CC. Celle-ci devrait être privilégiée pour les nouvelles constructions d'envergure, sachant que ses avantages s'amenuisent dans le cas de rénovations et de petites extensions de centres CA.

## Preuve d'un développement croissant, l'électricité chemine au moins une fois en courant continu sur le parcours producteur-consommateur.

Au demeurant, elle retrouve tout son intérêt quand le datacenter fait office de microréseau CC ; le site n'est plus simplement consommateur (dépense électrique) mais aussi producteur local (recettes), selon le principe du « compteur inversé ». De nombreuses conversions étant éliminées, l'interconnexion et la compatibilité de l'ensemble des équipements du site – y compris les énergies renouvelables locales (photovoltaïque, éolien, hydrogène, etc.), les solutions de stockage (batteries, par exemple) et autres charges –, s'en trouvent simplifiées.

Loin d'être futuriste, l'idée est déjà à l'origine d'initiatives et de projets.

André Schärer

ABB Low Voltage Systems

Lenzbourg (Suisse)

andre.schaerer@ch.abb.com



# Au secours de la performance

## Systemes d'alimentation d'urgence ABB pour *datacenters*

MANFRED FAHR, RALPH SCHMIDHAUSER, JOHN RABER – Les datacenters figurent parmi les plus importants mais aussi les plus discrets « coffres-forts » de l'économie numérique. Relevés bancaires, dossiers médicaux ou de retraite, bilans comptables, avis d'imposition, publications sur les réseaux sociaux (plus de 300 millions de photos mises en ligne chaque jour sur Facebook) ... tout ce qui fait notre quotidien y est engrangé. Notre société est devenue à ce point dépendante de ces centrales de

l'information qu'on leur demande souvent une disponibilité à 100 %. Malgré toutes les précautions prises par les concepteurs et les exploitants, les coupures de courant sont imparables et parfois lourdes de conséquences : perte de données, indisponibilité de services stratégiques, risque de dégradation du matériel et préjudice financier pouvant atteindre plusieurs millions d'euros. Autant de bonnes raisons de fiabiliser les systèmes d'alimentation d'urgence des datacenters.



Les incidents ou aléas qui menacent le réseau électrique sont difficilement prévisibles, voire incontrôlables. Chaque année, orages et intempéries, tels l'ouragan Sandy aux États-Unis, entraînent de gigantesques coupures de courant qui poussent de nombreux systèmes d'alimentation d'urgence au-delà de leurs limites. Les accidents liés à l'infrastructure sont une autre cause majeure de pannes électriques. Sans compter que les énergéticiens doivent gérer le vieillissement des réseaux ainsi que leur décentralisation et leur imprévisibilité croissantes. La haute fiabilité de l'alimentation de secours est donc cruciale pour un datacenter.

#### La qualité avant tout

La plupart des datacenters utilise des alimentations sans interruption (ASI) couplées à des groupes électrogènes (GE) diesel pour pallier les coupures ou pannes générales. Malheureusement, la conception et l'installation de ces

secours et de leurs systèmes de contrôle-commande sont souvent simplifiées à l'extrême et mal exécutées. D'où des menaces «de l'intérieur», qui sont sous-estimées ou tout bonnement ignorées. Pire, des systèmes de contrôle-commande non standardisés et des composants dépareillés ou de mauvaise qualité peuvent former un point unique de défaillance, qui augmente le risque de dysfonctionnement au moment précis où le besoin de fiabilité est le plus aigu. Le non-respect des règles d'installation a aussi un coût : un grand acteur de l'Internet a récemment écopé d'une amende de plus de 500 000 dollars aux États-Unis pour avoir installé et fait régulièrement tourner des générateurs diesel sur son site en Virginie, sans en avoir reçu l'autorisation de l'agence de l'environnement américaine [1]. Quoi qu'il en soit, les GE mal installés sont aujourd'hui problématiques.

Les capacités du système de contrôle-commande, la qualité de l'ensemble de ses composants et le respect des règles de l'art en matière d'installation sont trois facteurs déterminants de la performance, de la fonctionnalité et de la fiabilité d'une alimentation d'urgence. Et quand on en vient à développer des alimentations de première classe, il faut prendre en compte toutes leurs exigences mais

aussi leurs bénéfices, et non s'en tenir aux caractéristiques techniques → 1.

#### Évolutivité

L'évolutivité est un critère de conception primordial des alimentations de secours modernes : les systèmes d'alimentation et de contrôle-commande doivent croître au rythme de la demande énergétique et des nouveaux besoins et priorités des clients, sans sacrifier à la qualité ou à la fiabilité, ni entraîner d'arrêts.

L'extension d'un datacenter est souvent progressive. Un système d'alimentation

## La commande de l'alimentation d'urgence ABB repose sur l'automate programmable industriel.

d'urgence moderne doit fonctionner à plein, depuis le début de l'exploitation jusqu'à l'ultime agrandissement du datacenter. Il faut donc étudier avec soin l'alimentation électrique, l'architecture de communication, le contrôle-commande et l'infrastructure du bâtiment. Utiliser des composants standardisés, garantissant une compatibilité amont/aval et une disponibilité sur le long terme, permet de faire évoluer et de déployer le système sur plusieurs années, sans avoir à tout remplacer.

#### Photo p. 24

Un datacenter qui vise 100 % de disponibilité a besoin d'un groupe de secours extrêmement fiable en cas de coupure secteur prolongée. Quelles sont les caractéristiques de cette alimentation d'urgence ?



Les capacités du système de contrôle-commande, la qualité des composants et le professionnalisme de l'installation sont les trois facteurs clés de la performance, de la fonctionnalité et de la fiabilité d'une alimentation d'urgence.

Les systèmes d'alimentation ABB permettent d'échelonner ces extensions ou modifications sans interruption de service, et de tester chaque étape une à une, sans risque pour les opérations en cours.

#### Une nouvelle définition de la criticité

Les notions et principes de « criticité » de l'alimentation électrique varient d'un secteur industriel à l'autre et le plus souvent d'un client à l'autre. La distinction traditionnelle entre groupes de charges secourus par ASI, obligatoirement couplés à une alimentation d'urgence ou alimentés par le seul réseau, n'a plus cours. Le premier critère de différenciation est aujourd'hui leur tenue à une coupure brève, de durée moyenne ou à aucune coupure. De quoi remettre à plat la conception même du système d'alimentation d'urgence, ainsi que le choix et le dimensionnement des composants. Autre voie d'amélioration de la fiabilité: limiter ou délester les charges électriques non prioritaires, en n'alimentant que les serveurs essentiels.

#### Contrôle-commande

L'offre en alimentations d'urgence ABB inclut aussi bien de nouvelles installations que la modernisation de systèmes de contrôle-commande complets qui gèrent à la fois les GE et la distribution électrique. L'alimentation d'urgence ABB est asservie à l'automate programmable industriel (API) → 2 à → 4, qui pilote les génératrices et moteurs diesel des groupes électrogènes, et communique avec les autres systèmes de contrôle-commande, les charges, les ASI, l'appareillage électrique et la conduite du procédé. La performance et la fiabilité d'un

système d'alimentation sont largement conditionnées mais aussi, et surtout, limitées par la qualité et les capacités du contrôle-commande et de ses composantes.

Élément vital de toute alimentation critique, l'API constitue un point unique de défaillance aux conséquences potentiellement dévastatrices. C'est pourquoi les systèmes de contrôle-commande ABB reposent sur des composants standardisés et sont compatibles avec l'ensemble de la gamme ABB; évolutions conceptuelles, améliorations fonctionnelles et extensions de capacité peuvent se faire à tout moment, sans interrompre le service ni menacer la disponibilité et la fiabilité de l'ensemble.

#### Fiabilité et disponibilité

ABB conçoit et fournit des alimentations de secours et d'urgence totalement intégrées ainsi que des systèmes complets « clés en main ». Le client dispose ainsi d'un guichet unique pour la planification, le développement et l'installation du système tout entier, auxiliaire inclus. Cette souplesse d'intégration facilite les extensions, l'entretien et la maintenance tout en réduisant le nombre d'interfaces pour une fiabilité accrue. Les composants électriques (appareillages basse et moyenne tension, transformateurs, etc.), les systèmes de contrôle-commande et les auxiliaires (systèmes d'alimentation en combustible et d'échappement, de ventilation et refroidissement) font l'objet d'un « contrat de confiance » englobant la fourniture, l'intégration, la mise en route, la maintenance et le service.



La fiabilité, clé de l'alimentation électrique d'un datacenter.

L'utilisation de composants standardisés de qualité réduit énormément le temps de maintenance ou d'intervention sur défaillance, puisqu'ils peuvent être remplacés en un tour de main. Certains modules sont même échangeables à chaud, facilitant encore la tâche.

#### Technologies de pointe

ABB est capable de concevoir des alimentations d'urgence à partir d'une palette de technologies. Puissant et évolutif, le système de contrôle-commande permet l'emploi d'ASI à groupe tournant diesel ou même l'intégration de solutions de stockage d'énergie par air comprimé.

Le dernier cri des techniques de distribution électrique dans les datacenters repose sur le courant continu (CC). L'un des plus grands fournisseurs d'accès internet suisses, green.ch, a confié à ABB la conception et l'installation du

système de distribution CC de son tout nouveau datacenter ultramoderne (cf. p. 16-21 de ce numéro d'*ABB Review*). L'utilisation du courant continu réduit les

La souplesse de financement du groupe électrogène compte presque autant que la technique ; un crédit-bail ou un contrat de service global permet de planifier avec précision les dépenses d'exploitation et de garantir une fiabilité maximale.

pertes de conversion de puissance et autorise un rendement 10 à 20 % supérieur à celui de la distribution en courant alternatif (CA). Les systèmes CC sont en outre moins complexes et moins encombrants, d'où des économies sur le budget d'équipement, d'installation, d'implantation et de maintenance pouvant atteindre 30 % des coûts totaux du site. Le datacenter de green.ch est

L'emploi de composants standardisés de qualité, vite et facilement remplacés, réduit beaucoup le temps de maintenance ou d'intervention, tout comme l'échange à chaud de modules.

équipé de groupes électrogènes de secours ABB → 5.

L'automate haut de gamme AC500, pilier du système de contrôle-commande *ABB Master*, assure l'interfaçage avec la solution de gestion d'infrastructures de datacenter Decathlon™ d'ABB et communique en permanence avec les systèmes et équipements amont et aval sur des boucles optiques intégrées. Les clients peuvent ainsi surveiller, analyser et piloter les systèmes d'alimentation d'urgence en local, mais aussi sécuriser la fourniture électrique et optimiser les opérations à distance, selon les besoins.

Des services de télésurveillance et de report d'alarmes transmettent les informations critiques vers des mobiles (téléphones, par exemple). Cela permet de réagir immédiatement aux menaces et de planifier facilement des actions préventives pour garantir une disponibilité à 100%. Grâce à ces accès distants, les exploitants de réseau électrique peuvent se procurer de la puissance supplémentaire pour faire face aux pics de charge.

#### La crème du diesel

ABB utilise exclusivement les moteurs diesel haut de gamme de constructeurs réputés afin de satisfaire, voire dépasser les exigences environnementales les plus draconiennes. Les systèmes d'échappement peuvent être conçus de manière à réduire encore la pollution atmosphérique et sonore.

Les groupes électrogènes ABB sont conformes aux strictes obligations d'intégrité structurelle du Code international du bâtiment *IBC (International Building Code)*. Celui-ci recense les exigences imposées aux bâtiments pour prévenir les risques de blessures ou les dégâts

#### 4 Intérieur de l'armoire de commande



causés par les séismes et autres catastrophes naturelles. Les dernières révisions de l'IBC et d'autres codes du secteur prévoient que les systèmes critiques doivent résister aux mêmes forces que le bâtiment qui les abrite ; un appareil certifié parasismique par l'IBC aura donc subi une analyse sismique et des essais sur table vibrante triaxiale.

Ces règles faisant autorité en Amérique de Nord, ABB a déjà intégré bon nombre d'entre elles dans ses produits.

Tous les GE stationnaires industriels à moteur gaz ou diesel et refroidissement liquide d'ABB satisfont aux exigences IBC de résistance au vent, qui sont fonction de la classe d'exposition au risque et d'occupation des locaux ; un hôpital, par exemple, doit obéir à des règles de sécurité plus contraignantes qu'une usine ou un centre commercial. La modélisation mathématique de divers scénarios et des contraintes associées a permis de déterminer la tenue au vent des GE dans différentes situations.

Les groupes électrogènes ABB sont également conformes aux exigences de la norme *Underwriters Laboratory UL 2200*, certification de sécurité la plus courante



## «Évolutivité», maître mot des alimentations de secours modernes.

aux États-Unis. Le GE doit pour cela fonctionner à des tensions inférieures ou égales à 600 V et être conçu pour une installation et une exploitation en site « ordinaire », au sens de la norme NFPA-70 du *National Electrical Code (NEC)* américain. La certification atteste que l'appareil a subi des essais poussés pour garantir des niveaux de disponibilité et de sécurité supérieurs, et une probabilité de défaillance inférieure à celle d'un appareil non certifié.

### Modèle économique

Les alimentations d'urgence destinées aux datacenters sont de lourds investissements. Leur fourniture et leur souplesse de financement comptent donc presque autant que leurs caractéristiques techniques. Par exemple, les contrats de crédit-bail ou de service global permettent de planifier avec précision les dépenses d'exploitation et d'évi-

ter les imprévus, tout en garantissant une fiabilité maximale. D'autres modes de financement gèrent les évolutions, les extensions et la migration vers les nouvelles plates-formes technologiques. La location évite les grosses dépenses d'investissement, accélère la réalisation du projet, laisse une marge de manœuvre pour la croissance future, clarifie et facilite la gestion des finances.

Des solutions techniques et financières se chargent également des « entre-deux » : l'ajout de modules de puissance temporaires permet de parer facilement à une demande supplémentaire, tandis que les systèmes en conteneur assurent la continuité de service pendant les phases d'extension du site, sans risquer des arrêts d'exploitation coûteux ni compromettre la disponibilité.

L'augmentation du nombre et de la taille des datacenters va de pair avec des alimentations d'urgence plus complexes mais aussi plus puissantes. ABB continuera de développer cette technologie pour garantir aux datacenters leur conformité réglementaire et normative, et aux clients, une disponibilité sans faille.

### Manfred Fahr

#### Ralph Schmidhauser

ABB Low Voltage Products  
Lenzbourg (Suisse)  
manfred.fahr@ch.abb.com  
ralph.schmidhauser@ch.abb.com

### John Raber

Baldor Electric Company  
Société du Groupe ABB  
Oshkosh (Wisconsin, États-Unis)  
john.raber@baldor.abb.com

### Bibliographie

- [1] *The New York Times*, « Power, Pollution and the Internet », [en ligne], disponible sur : [http://www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amounts-of-energy-belying-industry-image.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amounts-of-energy-belying-industry-image.html?_r=0), 22 septembre 2012, consulté le 1<sup>er</sup> août 2013.



# Service continu

## Les alimentations sans interruption ABB

**JUHA LANTTA – Les articles de ce numéro d'ABB Review sont nombreux à souligner l'extrême dépendance de notre société de l'information vis-à-vis des centres de données ou datacenters. Ceux-ci doivent impérativement tourner en continu et bénéficier d'une « haute qualité électrique ». C'est le rôle des alimentations sans interruption (ASI). La fiabilité étant capitale dans ce domaine, ABB en a fait le fondement de ses ASI à haut rendement énergétique, qui concourent à l'allègement de la facture d'électricité des datacenters énergivores. Si les besoins de protection électrique varient d'un centre à l'autre, les efforts pour concilier le niveau de disponibilité requis et un coût total de possession raisonnable ne débouchent pas forcément sur des compromis mais, bien au contraire, sur une solution optimisée pour chaque cas de figure.**

### Photo ci-contre

Les coupures d'alimentation peuvent survenir à tout moment et compromettre la continuité de service d'un datacenter. La parade ? Une technologie et une configuration d'ASI bien choisies, comme ici la *Conceptpower DPA 500* d'ABB.

Les perturbations du réseau électrique revêtent de multiples formes : au-delà des défauts les plus perceptibles (de la coupure de quelques minutes à la panne générale de plusieurs heures), il peut s'agir de fléchissements, creux et pics de tension de courte durée, de sous-tensions et surtensions plus ou moins longues, mais aussi de « parasites » tels que bruits sur la ligne, variations de fréquence et harmoniques.

### Remède universel

Les ASI ont pour rôle de nettoyer la tension d'alimentation de ces imperfections, contribuant à la qualité de l'onde

de sortie → 1. En cas de panne secteur, des batteries ou autres réserves d'énergie assurent un premier niveau de secours (quelques minutes), relayé par un groupe électrogène si l'interruption se prolonge. De quoi garantir au datacenter un fonctionnement *non stop*, sans altération ni perte de données.

### Champ d'action

Principale mission d'une ASI : protéger les serveurs. Pour cela, elle peut être centralisée, agencement convenant le plus souvent aux grands datacenters, ou

placée « en bout d'allée » de serveurs, dans les centres plus petits.

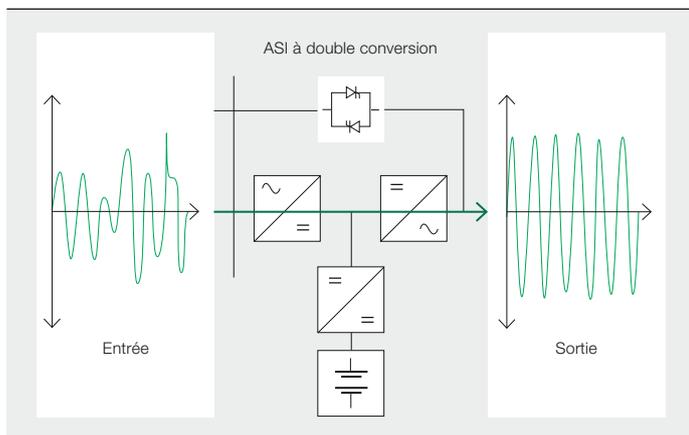
Les serveurs ne sont pas les seuls équipements à protéger : il faut également secourir les appareils et systèmes auxiliaires qui gèrent le refroidissement et la sécurité (« charges mécaniques ») et sont indispensables au bon fonctionnement du datacenter. ABB a aussi les solutions pour fiabiliser leur alimentation électrique.

## Une ASI filtre les pics, creux, bruits et harmoniques de la tension d'alimentation.

### Segmentation des datacenters

La conception d'un datacenter tient principalement compte de trois critères : taille, densité de puissance et criticité. L'infrastructure d'alimentation fait partie intégrante du site. L'*Uptime Institute* préconise quatre catégories d'architecture électrique des datacenters (*tiers I à IV*), classées par niveau de protection croissant → 2 :

- Tier I : architecture la plus simple, sans redondance ;
- Tier II : redondance des éléments d'infrastructure ;



	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Nombre de circuits d'alimentation	1 seul	1 seul	1 actif 1 passif	2 actifs
Redondance	N	N+1	N+1	2N ou 2(N+1)
Maintenance sans arrêt des machines	Non	Non	Oui	Oui
Tolérance aux pannes (scénario le plus défavorable)	Non	Non	Non	Oui
Disponibilité du site (%)	99,670	99,750	99,980	99,990

Dans un datacenter de tier IV, une configuration de deux ASI à redondance N+1 permet d'intervenir sur l'infrastructure sans cesser d'alimenter la charge critique.

- Tier III : maintenance effectuée sans arrêter les machines ;
- Tier IV : tolérance aux pannes.

**Toujours plus**

Le principe de double circuit d'alimentation actif, utilisé aujourd'hui dans les datacenters de tier IV, est apparu avec les charges informatiques à double attache. Quel que soit leur niveau de certification, les datacenters critiques sont très souvent équipés d'une alimentation tier IV, tolérante aux pannes : dans ce cas, la disponibilité de l'alimentation électrique prime sur le coût de la protection. Cette architecture résiste à une défaillance majeure en amont comme en aval, autorise la maintenance sans arrêter les machines et permet même d'intervenir sur l'infrastructure sans couper la charge critique. Comment ? Par une topologie « 2(N+1) » associant deux systèmes d'ASI parallèles à redondance active (soit un nombre suffisant pour alimenter la charge maximale prévue) plus une ASI supplémentaire → 3.

**Fiabilité et disponibilité**

Les ASI jouent un rôle essentiel dans la fiabilité de l'équipement informatique et la disponibilité des données ; leur propre fiabilité est donc vitale car toute défaillance et indisponibilité mettent en péril les charges sensibles. Le moyen le plus sûr d'accroître la disponibilité de l'alimentation est d'optimiser la redondance des systèmes d'ASI et d'écourter le plus possible leur maintenance et leur réparation. La disponibilité mesure le bon fonctionnement du système (en %), suivant l'équation :

$$MTBF/(MTBF+MTTR)$$

MTBF étant la moyenne des temps de bon fonctionnement et MTTR, le temps moyen de réparation (en h). Ces paramètres caractéristiques des ASI affectent la disponibilité du système. Notons que les ASI modulaires minimisent le MTTR.

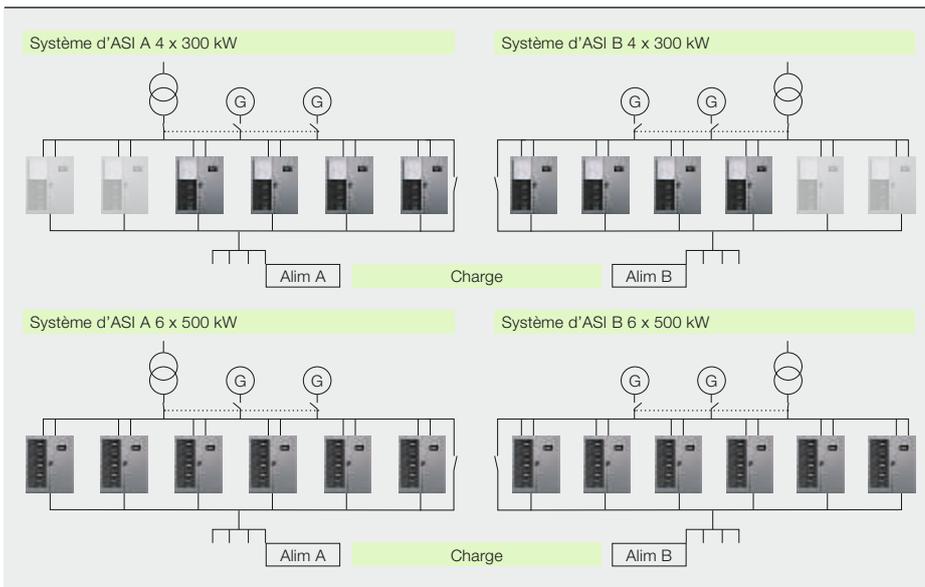
L'architecture parallèle décentralisée DPA (Parallel Decentralized Architecture) de l'ASI Conceptpower DPA 500 d'ABB, par exemple, améliore la disponibilité et la fiabilité → 4. Chaque ASI modulaire embarque tout le matériel et le logiciel nécessaires au fonctionnement du système entier ; autrement dit, chaque module ASI a ses propres circuit de dérivation (by-pass) passif, redresseur, onduleur, commande logique, panneau de commande, chargeur et batterie.

La duplication et la distribution des composants critiques entre modules éliminent les points uniques de défaillance potentiels. Dans l'éventualité peu probable d'une panne de module ASI, le système continue de fonctionner normalement, hors module défaillant qui est alors découplé de l'ensemble sans perturber les autres.

Il est possible d'insérer ou de débriquer les modules Conceptpower DPA 500 sans risque pour la charge critique ni besoin d'arrêter les machines ou de basculer sur le réseau → 5. Cette fonctionnalité exclusive d'ABB garantit la continuité de service, réduit sensiblement le MTTR, diminue les stocks de pièces de rechange et simplifie les mises à niveau du système.

L'échange à chaud des modules et la réduction des temps de réparation permettent d'atteindre une disponibilité de 99,9999 %, idéale pour les datacenters.

### 3 Architecture tier IV avec 4 + 6 ASI



Les ASI devant fiabiliser l'informa-tique et garantir la disponibilité des données, leur propre fiabilité est capitale.

### 4 Système d'ASI Conceptpower DPA 500 d'ABB, modulable jusqu'à 3 MW

Modularité verticale :  
un à cinq modules par armoire



Modularité horizontale :  
armoires en parallèle jusqu'à 3 MW

#### Topologies

On distingue trois grandes familles d'ASI : en attente passive (*offline*), en interaction avec le réseau, à conversion double.

Les premières sont des ASI de faible calibre (moins de 5 kVA) qui, en régime normal, alimentent la charge critique directement à partir du réseau, sans passer par une conversion de tension en amont → 6 ; en cas de défaillance d'alimentation du circuit by-pass, elles transfèrent la charge à l'onduleur ; en cas de panne secteur, une batterie chargée par le réseau fournit une alimentation stable.

Les ASI en interaction avec le réseau en font de même → 7 : en temps normal comme en régime perturbé, batterie, chargeur et onduleur agissent à l'identique. Pour autant, les circuits de régulation de tension ajoutés au by-pass nécessitent souvent l'emploi d'un transformateur à changeur de prises pour corriger les petites baisses ou hausses de tension,

et moins solliciter la fonction batterie-onduleur. La tension réseau est surveillée en continu : quand tension ou fréquence sortent des tolérances, l'onduleur et sa batterie alimentent la charge.

Généralement destinée aux faibles puissances (jusqu'à 10 kVA), cette solution concurrente de l'attente passive est plus coûteuse mais a l'avantage de protéger la charge des chutes de tension de longue durée.

Dans certains systèmes d'ASI en interaction avec le réseau plus puissants (plusieurs centaines de kVA), un régulateur de tension automatique actif remplace le transformateur.

Dans la topologie à double conversion, la plus répandue en termes de puissances (500 W à 5 MW) et d'applications, le courant alternatif en entrée est converti en courant continu par le redresseur, puis reconverti en alternatif par l'onduleur. On obtient en sortie une sinusoïde

de qualité, que la charge soit alimentée par le réseau ou le groupe électrogène → 1.

Cette technique offre le meilleur degré d'intégrité de l'alimentation puisqu'elle fournit en permanence à la charge une tension filtrée et stabilisée ; c'est la solution privilégiée des applications critiques comme les datacenters. Elle convient aux configurations parallèles à partage de charge, assurant le niveau de redondance souhaité.

#### Classification

Dans un souci de normalisation des spécifications et des performances des ASI, la norme CEI 62040-3 définit trois classes d'alimentation sans interruption, en fonction de

- la dépendance tension de sortie/ tension d'entrée réseau ;
- la forme de l'onde de tension de sortie ;
- des courbes de tolérance dynamiques de la sortie.



Un code « AA BB CCC » résume ces caractéristiques. En obtenant la meilleure note dans chaque catégorie, les ASI d'ABB sont certifiées « VFI SS 111 », à savoir :

- *VFI (Voltage and Frequency Independent)* : la sortie n'est pas altérée par les fluctuations de tension et variations de fréquence du réseau, et reste dans les tolérances de la norme de compatibilité électromagnétique CEI 61000-2-4. En général, seules les ASI à double conversion remplissent cette condition, les ASI en attente obtenant à l'opposé la mention la plus faible, soit *VFD (Voltage and Frequency Dependent)* ;
- *SS* : le taux global de distorsion harmonique de la tension de sortie est inférieur à 0,08, conformément à la norme CEI 61000-2-2, sous toutes les charges linéaires et non linéaires de référence ;
- *111* : ces chiffres renvoient aux trois courbes de tolérance qui décrivent en dynamique l'évolution des limites de tension de sortie en fonction de la durée. Ils indiquent la performance lors du basculement de l'alimentation, par exemple, en mode normal, batterie ou by-pass (premier chiffre), sous charge linéaire (deuxième chiffre) et non linéaire (troisième). Seuls les systèmes notés « 111 » garantissent la qualité de la tension de sortie dans tous les régimes de fonctionnement et protègent les charges critiques de manière optimale.

### Réerves d'énergie

Pratiquement tous les fabricants d'ASI ont recours à des batteries pour stocker l'énergie nécessaire à la continuité d'alimentation en cas de panne ou de fluctuation réseau. Autre possibilité, les volants d'inertie : insensibles aux cycles de charge, peu exigeants en refroidissement et opérationnels sur une large plage de températures, ils constituent une réserve d'énergie cinétique. Par contre, ils sont beaucoup plus chers à

technologie de stockage d'énergie encore balbutiante n'en reste pas moins prometteuse pour les ASI.

### Faible coût global

Modulaires, évolutives et à rendement inégalé, les ASI d'ABB sont économiques à l'achat comme à l'utilisation. La Conceptpower DPA 500, par exemple, affiche jusqu'à 96 % de rendement : avec sa courbe plate, elle est source d'importantes économies d'énergie dans tous les

régimes de fonctionnement et présente un coût total de possession plus bas que celui de tout autre système d'ASI comparable.

Calculé en divisant la puissance totale de l'installation par celle de l'infrastructure informatique, le *PUE (Power Usage Effectiveness)* mesure l'efficacité énergétique d'un datacenter.

Une ASI à haut rendement permet de s'approcher du PUE idéal de 1.

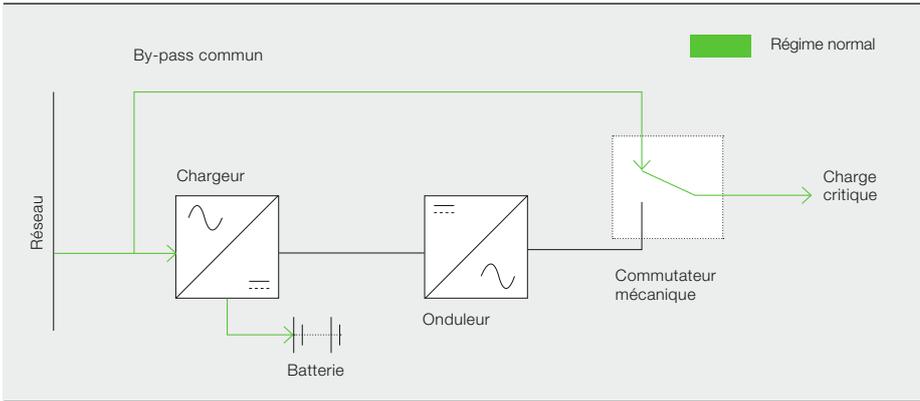
Les coûts liés au refroidissement du datacenter sont également considérables. Les ASI à haut rendement, dont la consommation énergétique et les besoins en refroidissement sont moindres,

Chaque module ASI de la solution *Conceptpower DPA 500* d'ABB embarque le matériel et logiciel nécessaires au fonctionnement du système tout entier pour garantir disponibilité et fiabilité de l'alimentation.

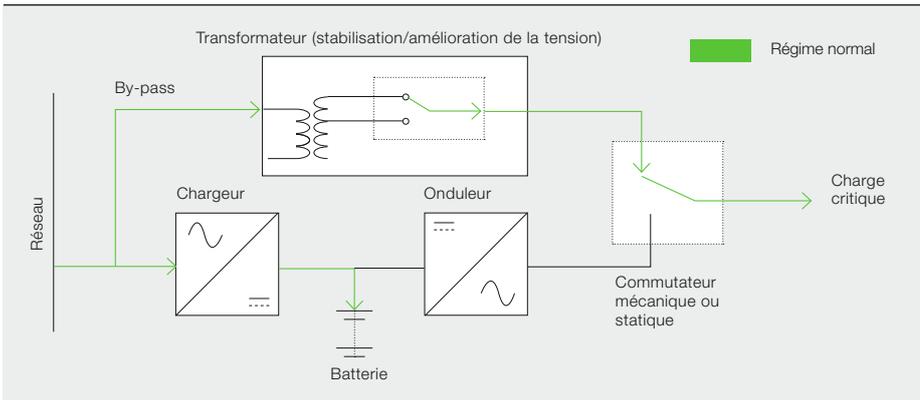
l'achat et n'alimentent la charge que quelques secondes.

Dans une pile à combustible, l'hydrogène et l'oxygène gazeux réagissent et produisent de l'eau... mais aussi de l'électricité ! Beaucoup plus coûteuse que les batteries et plus délicate à manier, l'hydrogène étant explosif, cette

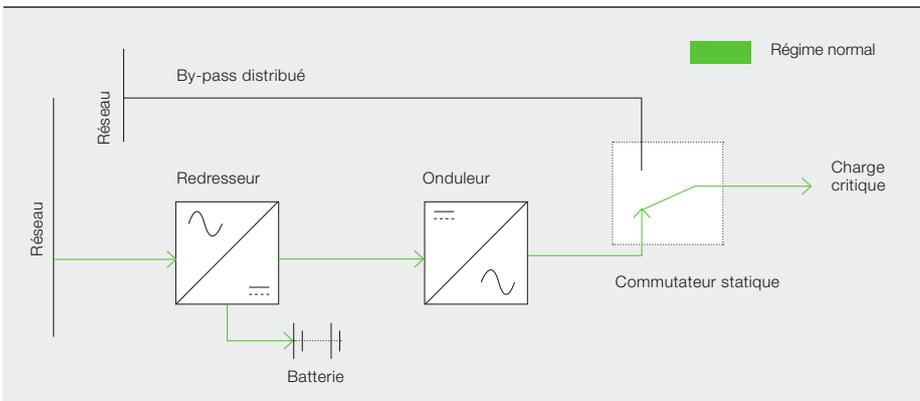
## 6 Attente passive



## 7 Interaction avec le réseau



## 8 Double conversion



gèrent des économies supplémentaires. Peu encombrantes, les solutions ABB sont idéales pour les datacenters où chaque mètre carré vaut son pesant d'or.

### Évolutions du marché

La taille, le nombre et la complexité des datacenters sont voués à augmenter, plaçant la barre plus haut pour les ASI. L'apparition de datacenters modulaires ou en conteneurs, de plus en plus perfectionnés, obligera à concevoir des systèmes de protection électrique plus polyvalents mais toujours aussi fiables et faciles d'entretien, continuité d'alimentation oblige!

Les défis posés par le coût total de possession et le développement durable orienteront le marché vers des technologies « éco-énergétiques ».

Les ASI sans transformateur continueront de dominer le marché. S'il n'est pas impensable de réduire encore l'encombrement des ASI, impossible de rogner sur le cuivre, indispensable au transport de courants forts. D'où l'apparition en moyenne tension de solutions d'ASI nouvelles ou complémentaires, et capables, à ces niveaux de courant relativement plus faibles, de supporter plu-

sieurs dizaines de mégawatts et donc d'alimenter d'imposantes charges, voire des datacenters entiers.

Les normes continueront d'évoluer pour accompagner le déploiement des nouvelles sources d'énergie, des réseaux électriques « intelligents » (*Smart Grids*), des outils de gestion d'infrastructures (*DCIM*)... et de bien d'autres innovations encore insoupçonnées que porte en germe le secteur des datacenters en plein essor et l'un des plus dynamiques à l'échelle du globe.

**Juha Lantta**

Newave SA

Société du Groupe ABB

Quartino (Suisse)

juha.lantta@ch.abb.com



# De source sûre

Les inverseurs de sources statiques numériques ABB dopent la fiabilité des *datacenters*

CHRISTOPHER BELCASTRO, HANS PFITZER – Les informations qui transitent par les datacenters sont bien souvent essentielles à la bonne marche de notre société. Leur disponibilité doit donc être garantie en permanence. Or le réseau électrique pouvant faire défaut, chaque datacenter est pourvu d'une alimentation de secours qui répond au besoin absolu de continuité de service. La détection en

temps réel de toute dégradation ou disparition du courant réseau entraîne le basculement instantané et imperceptible sur l'équipement de secours. Les inverseurs de sources statiques (ISS) remplissent à merveille cette mission critique et sont désormais partie intégrante de la fiabilité des architectures électriques des datacenters.

La qualité de l'énergie électrique (tension, phase et forme d'onde) fournie par chaque source est surveillée en permanence. Tout franchissement de seuil d'un des paramètres de qualité d'une source pendant une période donnée entraîne le basculement sur l'autre source. En général, la détection de l'instabilité du réseau et l'inversion de sources interviennent en un quart de cycle de tension, soit environ quatre millisecondes. Ce type d'inverseur protège également le datacenter des coupures très brèves, voire des creux ou pics de tension dans la source d'alimentation normale.

Les produits décrits ci-après sont des appareils triphasés fonctionnant entre 100 et 4000 A sous 208 à 600 V → 1.

Pour les opérations d'entretien, de maintenance ou de remplacement sans arrêter le datacenter, l'ISSN d'ABB intègre des commutateurs en boîtier moulé débrochables assurant l'isolation et la mise en dérivation. Ces commutateurs protègent également des courts-circuits et empêchent les déclenchements intempestifs en l'absence de déclencheur de surcharge. Un ISSN classique compte six commutateurs : deux d'entrée (isolés), deux de dérivation (pour la maintenance) et deux de sortie (parallèles). Ils suppriment les points uniques de défaillance dans les thyristors et les isolent électriquement lors de la maintenance → 2.

#### Fiabilité accrue

D'autres atouts contribuent à la fiabilité de l'inverseur ISSN :

- Tolérance optimale des thyristors de type II aux défauts, coordonnée avec la protection aval ;
- Absence de point unique de défaillance par la redondance des commutateurs de sortie ;
- Surveillance par thermographie infrarouge (ports intégrés) des raccordements des charges critiques sans ouvrir les équipements ;
- Prévention des défaillances logiques par la redondance des alimentations ;



- Absence de surchauffe ou de perte de charge par la redondance des ventilateurs avec autodiagnostic ;

L'inverseur de sources statique est raccordé à deux sources isolées l'une de l'autre dans tous les modes de fonctionnement. La qualité de l'onde électrique fournie par chaque source est surveillée en continu.

- Prévention des pertes de charge en cas de coupure d'alimentation par la détection des thyristors en court-circuit ;
- Non-propagation des défauts de surintensité aux autres systèmes de distribution en amont par leur détection et leur isolation en aval.

Depuis 2004, l'ISSN affiche un taux de disponibilité de 99,9999 %, soit six « 9 », ainsi qu'un rendement opérationnel de 99,60 % à demi-charge et de 99,73 % à pleine charge.

#### Disponibilité des datacenters

Dans l'environnement actuel, les datacenters doivent afficher une fiabilité et un ren-

Un inverseur de sources est un appareil électrique qui bascule, manuellement ou automatiquement, l'alimentation d'une charge sur une autre source. En inventant, il y a trente ans, l'inverseur de sources statique numérique (ISSN), Cyberex, une société du Groupe ABB, révolutionna la distribution de puissance. Depuis, son parc installé d'inverseurs ISSN est le premier au monde. L'appareil utilise des semi-conducteurs de puissance, plus précisément des thyristors, comme dispositifs ultrarapides « à coupure » pour garantir un courant de qualité à la charge critique d'un client. La technologie de traitement numérique du signal *DSP* (*Digital Signal Processing*) est utilisée pour analyser en temps réel la forme d'onde de la source et commander la logique de l'ISSN.

#### Bases techniques

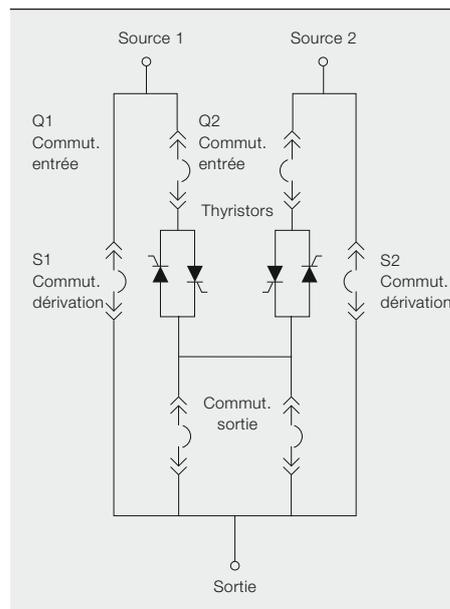
Les inverseurs ISSN d'ABB garantissent aux charges stratégiques une alimentation électrique stabilisée, fiabilisée et ininterrompue [1, 2]. Ils sont raccordés à deux sources distinctes (normale et de remplacement), isolées l'une de l'autre dans tous les modes de fonctionnement.

#### Photo

En basculant instantanément d'une source à l'autre, l'inverseur de sources statique numérique d'ABB garantit la disponibilité ininterrompue de la charge critique d'un datacenter en cas de défaillance d'une source.

La fonction DIR limite en dynamique le courant d'appel du transformateur à moins de 1,2 fois son courant à pleine charge.

## 2 Schéma de principe d'un inverseur de sources statique à 6 commutateurs



dement extrêmement élevés. Leur taux de disponibilité se calcule comme suit :

$MTBF/(MTBF+MTTR)$  avec

*MTBF* = moyenne des temps de bon fonctionnement ;

*MTTR* = temps moyen de réparation.

La disponibilité augmente donc avec la fiabilité et la maintenabilité. Le besoin d'un référentiel commun pour classer les datacenters selon leur fiabilité et leur maintenabilité apparut au milieu des années 1990. L'*Uptime Institute* développa à cette fin un système de classification à 4 niveaux de disponibilité (*tier I à IV*), utilisé depuis 1995 → 3.

### Architecture des datacenters et inverseurs de sources

Quelques configurations simples de datacenters permettent de mettre en avant l'intérêt et la souplesse de l'inverseur de sources statique numérique d'ABB.

#### Architecture redondante parallèle (N+1)

En général, cette architecture comprend des alimentations sans interruption (ASI) modulaires de calibre et de configuration identiques, raccordées en parallèle à un même bus de sortie → 4a. Elle est désignée « N+1 » lorsqu'un système *n* possède au moins un équipement de secours autonome supplémentaire (+1). Ce module ASI de plus confère une meilleure disponibilité que l'architecture N et simplifie l'extension de l'infrastructure.

Elle a néanmoins ses inconvénients :

- Point unique de défaillance avec le bus commun et les charges à simple attache ;
- Propagation des défauts à travers chaque module redondant parallèle ;
- Perte de rendement liée au fonctionnement à faible charge des ASI ;
- Calibre obligatoirement identique des ASI.

#### Architecture redondante décentralisée

Cette architecture regroupe plusieurs modules ASI alimentés de manière indépendante et raccordés à deux inverseurs de sources statiques ou plus → 4b. Elle présente des avantages sur l'architecture redondante parallèle (N+1) :

- Haute disponibilité à moindre coût ;
- Rendement plus élevé que les architectures N+1 et 2(N+1) ;
- Nombre accru de points d'alimentation stabilisée par les ASI et les ISSN ;
- Propagation des défauts par un seul et unique module ASI ;
- Réduction du nombre de points uniques de défaillance.

Seul inconvénient, l'ISSN est incapable de faire face à la défaillance simultanée de plusieurs modules ASI.

#### Architecture redondante sans inverseur de sources statique

Les architectures de datacenter « 2N » sont les plus fiables mais aussi les plus coûteuses → 5a. En général, elles mettent

### 3 Système de classification des datacenters selon leur disponibilité (tier I à IV)

	Disponi- bilité (%)	Indisponi- bilité (h/an)	Indisponibilité moyenne sur 20 ans	Architecture	Caractéristiques
Tier I	99,671	28,82	96,07	N	Composants non redondants et un seul circuit d'alimentation électrique de la charge informatique
Tier II	99,741	22,69	75,63	N+1 redondante parallèle	Composants redondants et un seul circuit d'alimentation de la charge informatique
Tier III	99,982	1,58	5,26	Redondante décentralisée	Composants redondants et circuits d'alimentation redondants en mode actif/passif
Tier IV	99,995	0,44	1,46	Plusieurs lignes parallèles 2N, 2N+1, 2N+2	Plusieurs systèmes séparés avec composants redondants et circuits d'alimentation en mode actif/actif

L'inverseur de sources statique numérique d'ABB peut permuter entre deux ou trois sources pour des applications à haute disponibilité.

en œuvre des charges à double attache, avec les avantages suivants :

- La séparation des sources et circuits d'alimentation élimine les points uniques de défaillance dans l'installation complète ;
- La redondance du système est totale ;
- La maintenance des équipements en aval (appareillage électrique, par exemple) se fait sans mise en dérivation ;
- Le courant est stabilisé en permanence.

Les inconvénients sont :

- Coût et emprise au sol importants ;
- Perte de rendement liée au fonctionnement à faible charge des ASI ;
- Alimentation non maintenue sur les deux entrées d'une charge à double attache en cas de défaillance de l'ASI.

#### Architecture redondante avec inverseur de sources statique

Par définition, les systèmes tier III et IV alimentent en continu les charges à double attache redondantes. Pour autant, ils ne garantissent pas une disponibilité redondante aux charges à double attache qui exigent en continu un courant de qualité sur les deux attaches. Le recours à des ISS permet ici de gagner en fiabilité → 5b.

Cette configuration offre de multiples avantages :

- Niveau de disponibilité maximal ;
- Points multiples d'alimentation stabilisée en permanence ;

- Suppression des points uniques de défaillance dans toute l'architecture par la séparation des sources et des circuits d'alimentation (redondance de bout en bout) ;
- Maintenance des équipements en amont (appareillage électrique, par exemple) sans mise en dérivation ;
- Redondance pour les charges à double attache et protection contre la défaillance des sources ;
- Suppression efficace des problèmes de qualité du courant sans aucune perturbation en aval.

Inconvénients :

- Coût et emprise au sol ;
- Perte de rendement liée au fonctionnement à faible charge des ASI.

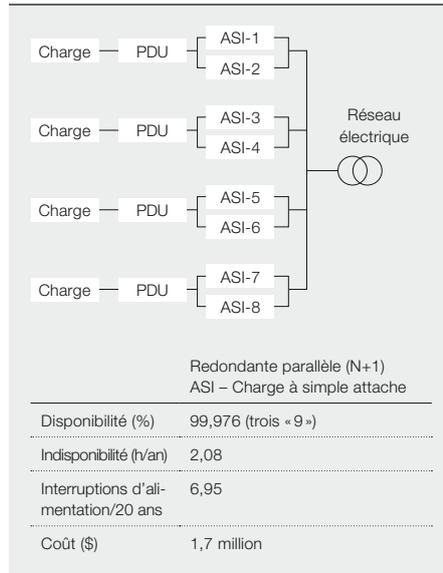
#### Topologies en amont

En amont, on trouve généralement deux sources, le réseau électrique et un générateur de secours, le basculement de l'une à l'autre se faisant par un inverseur de sources automatique → 6a. Quoique bon marché, cette solution allonge les temps d'inversion et retarde le démarrage du générateur dont les performances ne sont pas garanties.

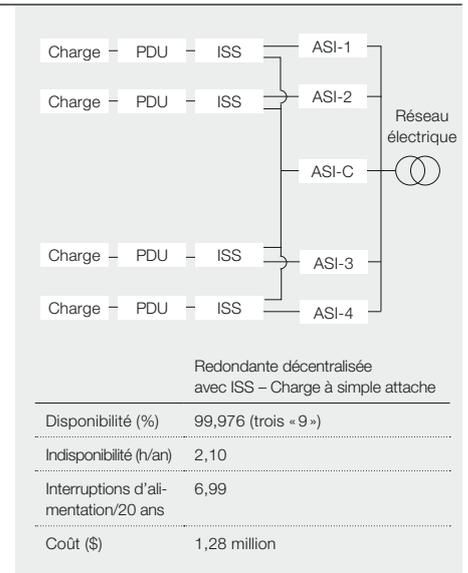
L'inverseur de sources statique numérique d'ABB peut permuter entre deux ou trois sources pour des applications à plus haute disponibilité → 6b. Les risques d'une panne d'alimentation simultanée sur un système intégralement redondant sont relativement faibles. Grâce aux deux

La technologie du traitement numérique du signal est utilisée pour analyser en temps réel la forme d'onde et commander la logique de l'inverseur de sources statique.

#### 4 Comparaison architecture N+1 redondante parallèle et architecture redondante décentralisée (4 charges)



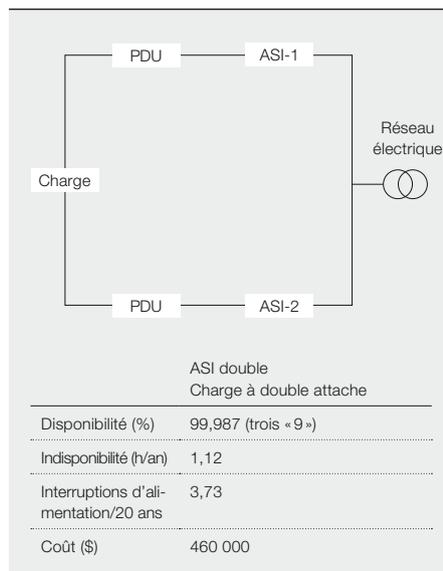
4a Architecture N+1 redondante parallèle



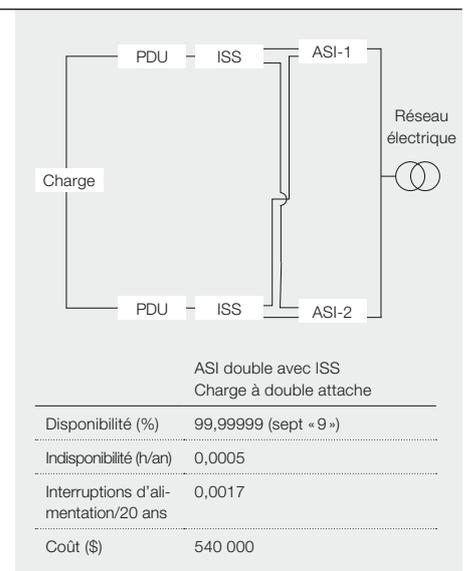
4b Architecture redondante décentralisée

ASI = alimentation sans interruption / PDU = armoire de distribution électrique / ISS = inverseur de sources statique

#### 5 Comparaison architecture 2N redondante avec et sans inverseur de sources statique



5a Sans inverseur de sources statique



5b Avec inverseur de sources statique

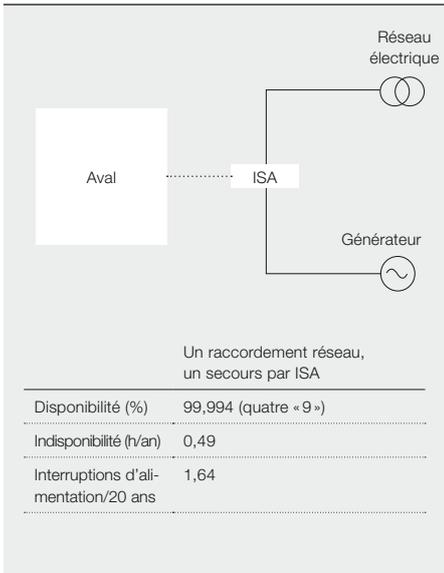
ASI = alimentation sans interruption / PDU = armoire de distribution électrique / ISS = inverseur de sources statique

arrivées réseau via deux postes distincts, un ISSN offre des performances supérieures à celles d'un inverseur de sources statique en termes de protection, de puissance de commutation, de temps d'inversion et de rendements de distribution dans toute l'installation. Cyberex a installé de nombreux gros ISSN sur les arrivées de datacenters et de sites industriels. Bien que plus chère que la solution à inverseurs de sources automatiques et nécessitant un double raccordement au réseau, l'ISSN possède de nombreux avantages, notamment :

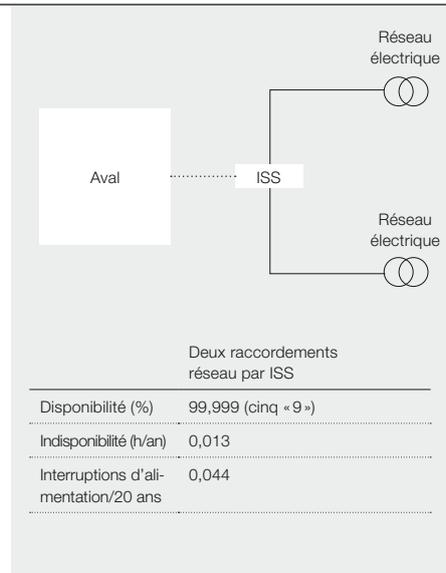
- Taux de disponibilité plus élevé en amont ;

- Élimination de toutes les imperfections réseau et continuité d'alimentation de tous les composants en aval ;
- Possibilité d'intervenir sur une source tout en garantissant la stabilité de l'alimentation fournie par la seconde source ;
- Rendements extrêmement élevés de la distribution électrique ;
- Possibilité d'ajouter une troisième source (générateur de secours, par exemple) ;
- Coût inférieur à celui des ASI.

## 6 Comparaison de configurations en amont

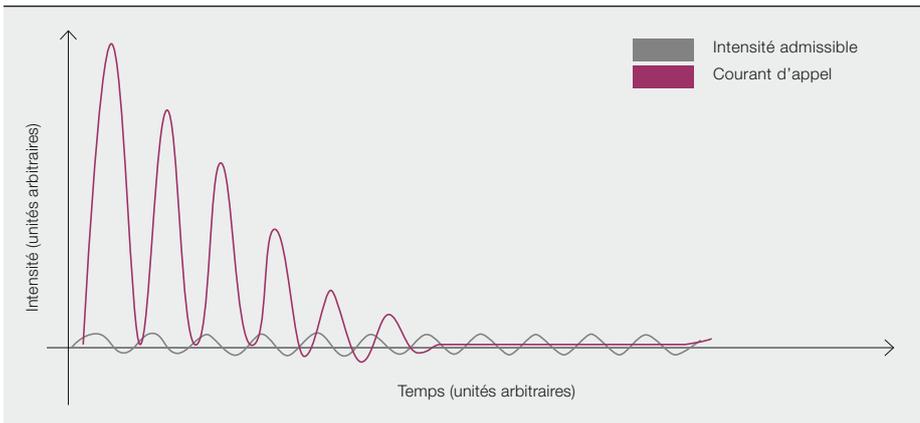


6a Permutation réseau/secours par inverseur de sources automatique (ISA)



6b Double raccordement au réseau par inverseur de sources statique (ISS)

## 7 Courant d'appel du transformateur (pouvant atteindre 7200 A pour une intensité admissible à pleine charge de 600 A) sans algorithme DIR



### Les « plus » de l'inverseur de sources statique numérique d'ABB

Outre les avantages précités, l'ISSN d'ABB a d'autres fonctions spéciales :

#### Limitation dynamique du courant d'appel

L'algorithme *DIR* (*Dynamic Inrush Restraint*) limite le courant appelé par le transformateur en aval lors de l'inversion entre deux sources en discordance de phase. Cette limitation se fait en surveillant continuellement le flux du transformateur et en choisissant le moment précis de l'inversion pour que ce flux n'excède pas le point de saturation du noyau du transformateur. L'excitation d'un transformateur provoque un courant d'appel de pointe pouvant atteindre 5 à 12 fois l'intensité admissible à pleine charge ; en cas d'inversion entre deux sources déphasées, ce courant peut représenter 20 fois l'intensité admissible → 7.

Lorsque la fonction DIR est activée, le courant d'appel peut être limité en dynamique à moins de 1,2 fois l'intensité à pleine charge du transformateur.

#### Algorithmes de mesure de la qualité du courant

Deux circuits DSP échantillonnent les sources 10 000 fois par seconde et utilisent des algorithmes brevetés pour détecter en moins de 2 ms les perturbations et interruptions de la source, permettant des inversions en moins d'un quart de cycle.

#### Inversion en douceur

L'algorithme d'inversion de sources de l'ISSN passe d'une série active de thyristors à une série inactive en supprimant un signal de gâchette de deux thyristors en parallèle conduisant le courant en sens opposé qui, ensemble, véhiculent le cou-

rant alternatif (CA) dans les deux sens. Le processus d'inversion est simple :

- 1) Suppression d'un signal de gâchette côté source active, suite à la détection d'un problème de qualité du courant ou d'une demande d'inversion manuelle ;
- 2) Mesure du courant dans les deux thyristors actifs pour déterminer l'état conducteur de chacun d'eux sur une période donnée ;
- 3) Une fois les deux états connus, envoi d'un signal de gâchette au thyristor correspondant de la série inactive, permettant la circulation du courant dans ce dernier tout en empêchant simultanément la circulation de courant entre les sources ;
- 4) Dès extinction naturelle du thyristor, envoi du signal de gâchette à l'autre thyristor inactif pour mener l'inversion à bonne fin.

### Plus fiable, plus disponible

L'ISSN d'ABB gomme efficacement les défauts réseau en amont sans créer de perturbations en aval. Il remplace avantageusement un inverseur de sources automatique, voire un système d'ASI ; il contribue ainsi à renforcer la fiabilité tout en réduisant considérablement l'emprise au sol, en augmentant les rendements électriques et en baissant le coût global.

Dans les configurations 2N, le taux de disponibilité maximal peut être obtenu avec un ISSN connecté à deux arrivées réseau indépendantes. Cette architecture multiredondante élimine les points uniques de défaillance jusqu'aux alimentations des charges à double attache. Enfin, tout en stabilisant en permanence l'alimentation fournie à la charge critique d'un client, un ISSN isole mieux des défauts et offre une meilleure protection en maintenance.

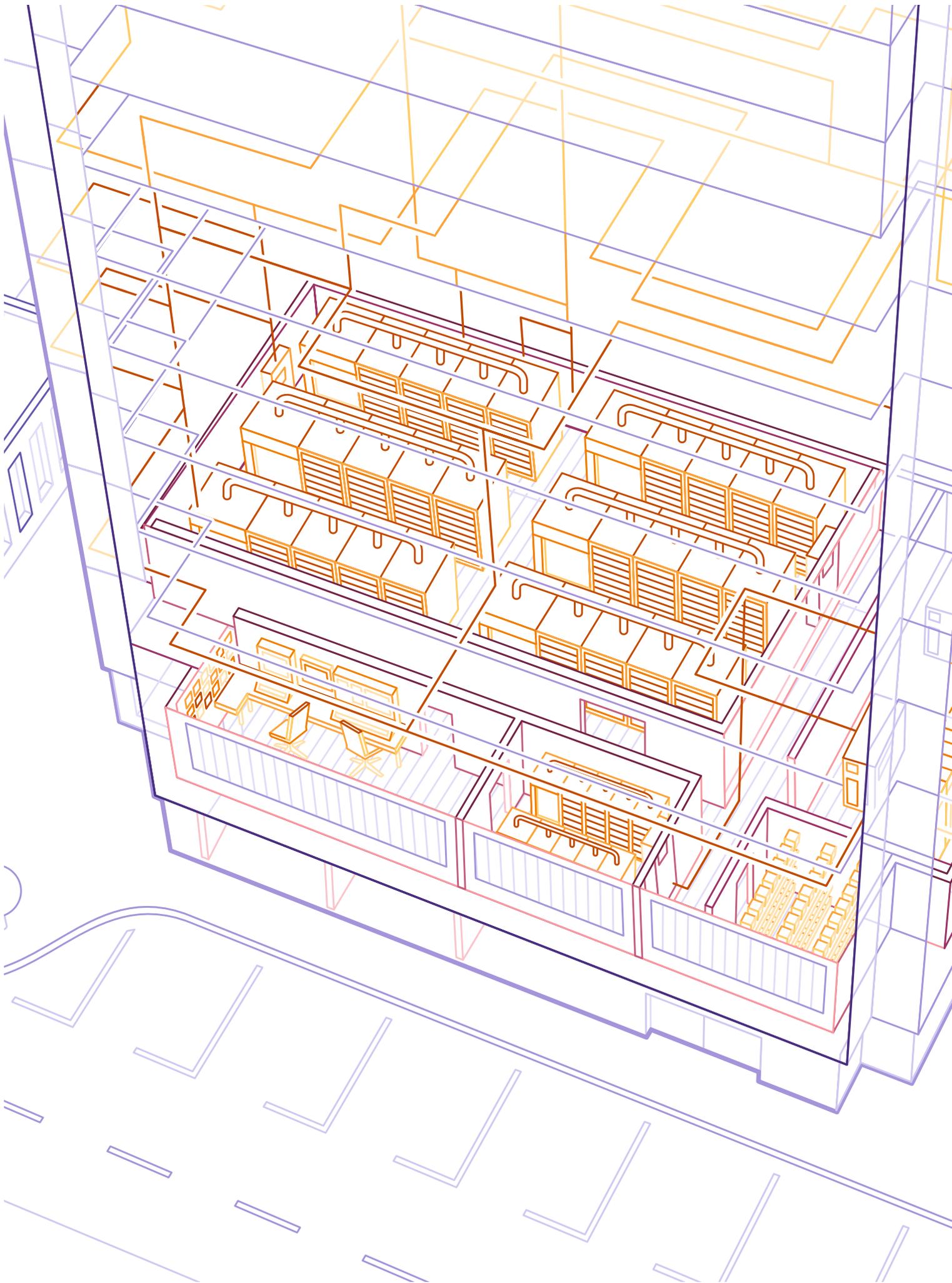
**Christopher Belcastro**

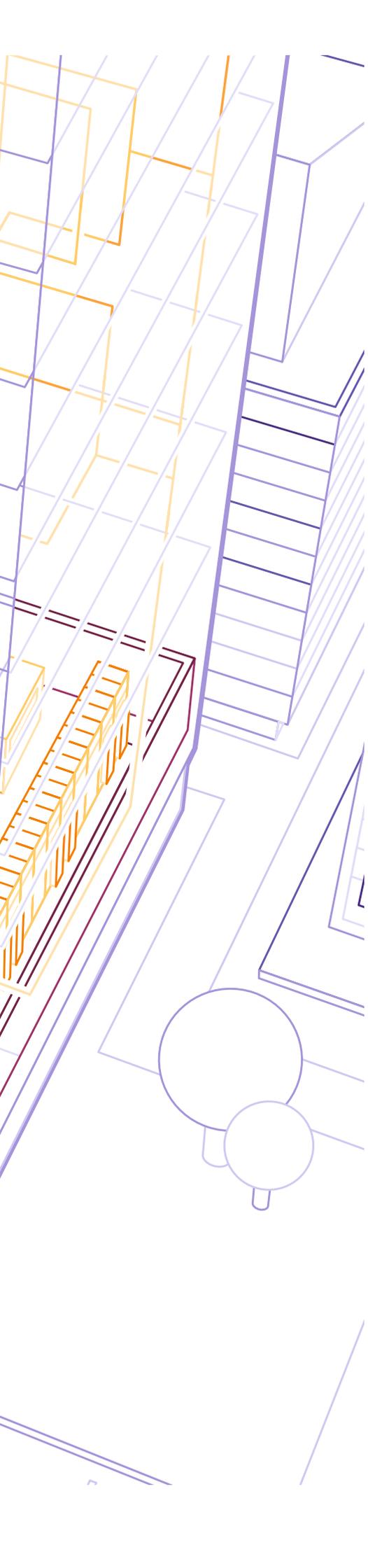
**Hans Pfitzer**

ABB Low Voltage Products  
Richmond (Virginie, États-Unis)  
christopher.belcastro@tnb.com  
hans.pfitzer@tnb.com

#### Bibliographie

- [1] Standard IEEE Gold Book 493–1990, *Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems*, New York, NY, 1991.
- [2] Short, T., A., *Distribution Reliability and Power Quality*, 1<sup>st</sup> édition, Boca Raton, FL, CRC Press, 2006.





# Couloirs d'excellence

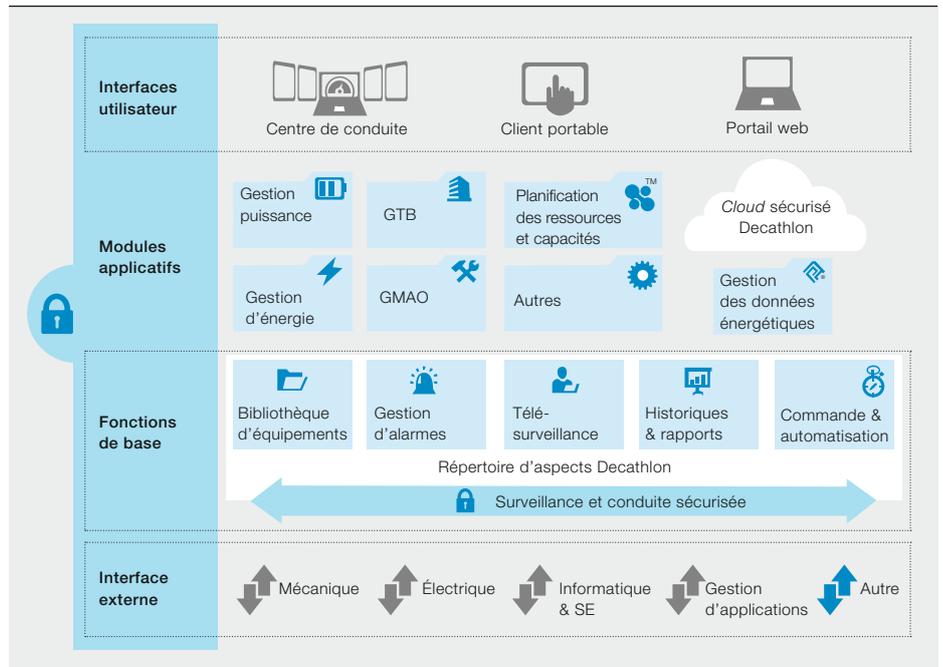
La solution ABB de gestion centralisée et intégrée de la performance énergétique des *datacenters*

JIM SHANAHAN – Ces monstres informatiques énergivores (plus de 2% de l'électricité consommée dans bien des pays) que sont aujourd'hui les centres de données ou *datacenters* se sont construits sur des systèmes d'automatisation traditionnels qui, pour être fidèles à leur mission, n'en sont pas moins dépassés par l'explosion de la demande. Les industriels l'ont compris : pour se démarquer de la concurrence, les outils de gestion d'infrastructures *DCIM (Data Center Infrastructure Management)* doivent proposer des solutions de pointe, éminemment évolutives. Grâce au bien-nommé Decathlon®, ABB aide ses clients à creuser l'écart dans cette course à l'expansion.

---

#### Illustration ci-contre

Des outils pointus de gestion globale et intégrée d'un datacenter sont indispensables pour faire la différence sur un marché très concurrentiel.



Le fonctionnement des datacenters est à l'image de leur configuration physique: d'un côté, des centaines de serveurs empilés et rangés en couloirs, de l'autre, des équipements de « servitude » mécaniques et électriques qui alimentent en énergie et en froid l'infrastructure informatique. Une organisation fragmentée

- formaliser les mesures de performances du centre ;
- le DCIM analyse ces données et fournit des informations exploitables sur la gestion du centre ;
- le DCIM n'est pas une solution autonome, mais une composante de la stratégie de gestion globale du centre.

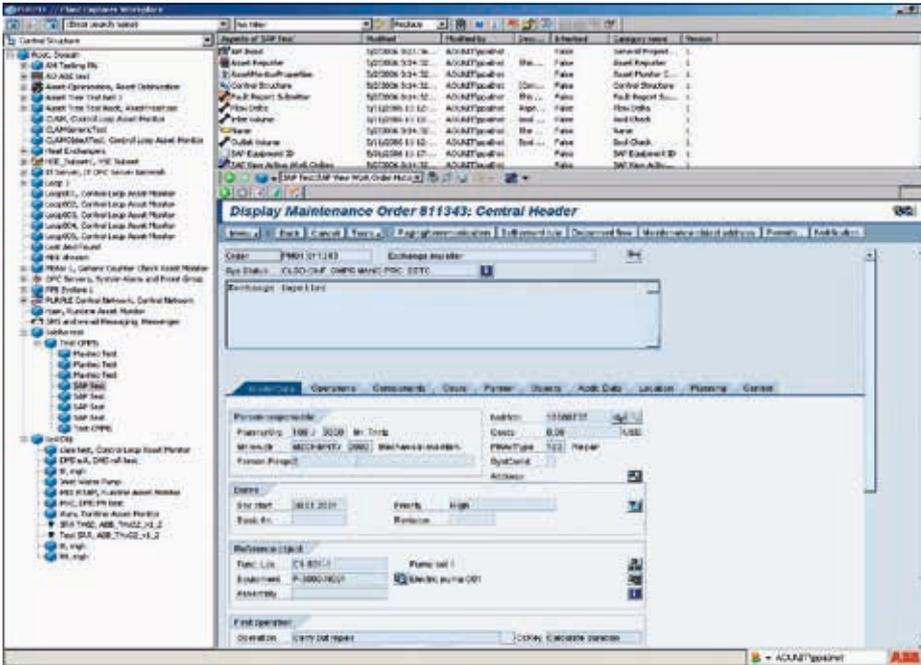
En fait, tout dépend de l'angle sous lequel l'outil est exploité : pour l'informaticien, le DCIM sert à gérer l'emplacement des serveurs, la configuration et le taux de charge, quand le responsable des services techniques y voit un système de conduite et de suivi des équipements électromécaniques, et le décideur, un instrument de comparaison des performances

## ABB a tiré profit de ses meilleures pratiques dans d'autres secteurs industriels et les a fusionnées avec de nouvelles bibliothèques spécifiques aux datacenters pour former Decathlon®.

qui ne permet pas d'avoir une vue globale du site, pourtant indispensable aux arbitrages stratégiques.

Si le terme courant de « DCIM » peut prêter à confusion, les définitions qu'en donnent les grands noms de la recherche industrielle s'accordent sur trois points :  
 – le DCIM nécessite une instrumentation pour collecter, consolider et

performances des datacenters et d'aide au pilotage stratégique et opérationnel. Une certitude : le DCIM Decathlon® d'ABB est l'un des plus aboutis du marché. À la fois solution matérielle et suite logicielle, il procure les outils nécessaires à la gestion centralisée et intégrée des installations d'alimentation électrique, de refroidissement et de traitement informatique.



Decathlon applique aux datacenters les enseignements tirés de l'automatisation industrielle.

Decathlon s'enrichit de fonctions de conduite avancée, de gestion de la maintenance, de distribution stratégique de l'énergie et de la capacité à transférer des charges vers d'autres centres, en fonction du coût ou de la disponibilité de l'énergie.

L'information est regroupée dans un seul environnement d'exploitation, par l'intermédiaire d'une source unique de données qui décloisonne la communication entre services généraux et directions informatiques. Ces derniers peuvent alors travailler plus efficacement, sous une même bannière, pour indexer, transmettre et partager les améliorations apportées au centre.

Plus récemment sont apparues des solutions DCIM complètes offrant une visibilité de bout en bout. Qui paye la facture électrique du datacenter est à présent capable d'en mesurer la performance énergétique, notamment la charge par kilowattheure (nombre de transactions SAP par mégawatt, par exemple, ou de courriels traités par dollar). Cette visibi-

lité fournit de nouveaux leviers aux gestionnaires et opérateurs, et améliore l'organisation du centre. Decathlon hérite des meilleures pratiques ABB employées dans d'autres secteurs industriels et de leur fusion avec de nouvelles bibliothèques applicatives, spécifiques aux datacenters → 1. Son socle de fonctionnalités DCIM

s'enrichit d'outils avancés de contrôle-commande, de gestion de la maintenance (GMAO), de distribution stratégique de l'énergie et, par le biais du concept de « virtualisation de la puissance », indépendante du matériel, de la capacité à répartir la charge de calcul sur plusieurs centres, suivant le coût ou la disponibilité de l'offre énergétique.

lité fournit de nouveaux leviers aux gestionnaires et opérateurs, et améliore l'organisation du centre. Decathlon hérite des meilleures pratiques ABB employées dans d'autres secteurs industriels et de leur fusion avec de nouvelles bibliothèques applicatives, spécifiques aux datacenters → 1. Son socle de fonctionnalités DCIM

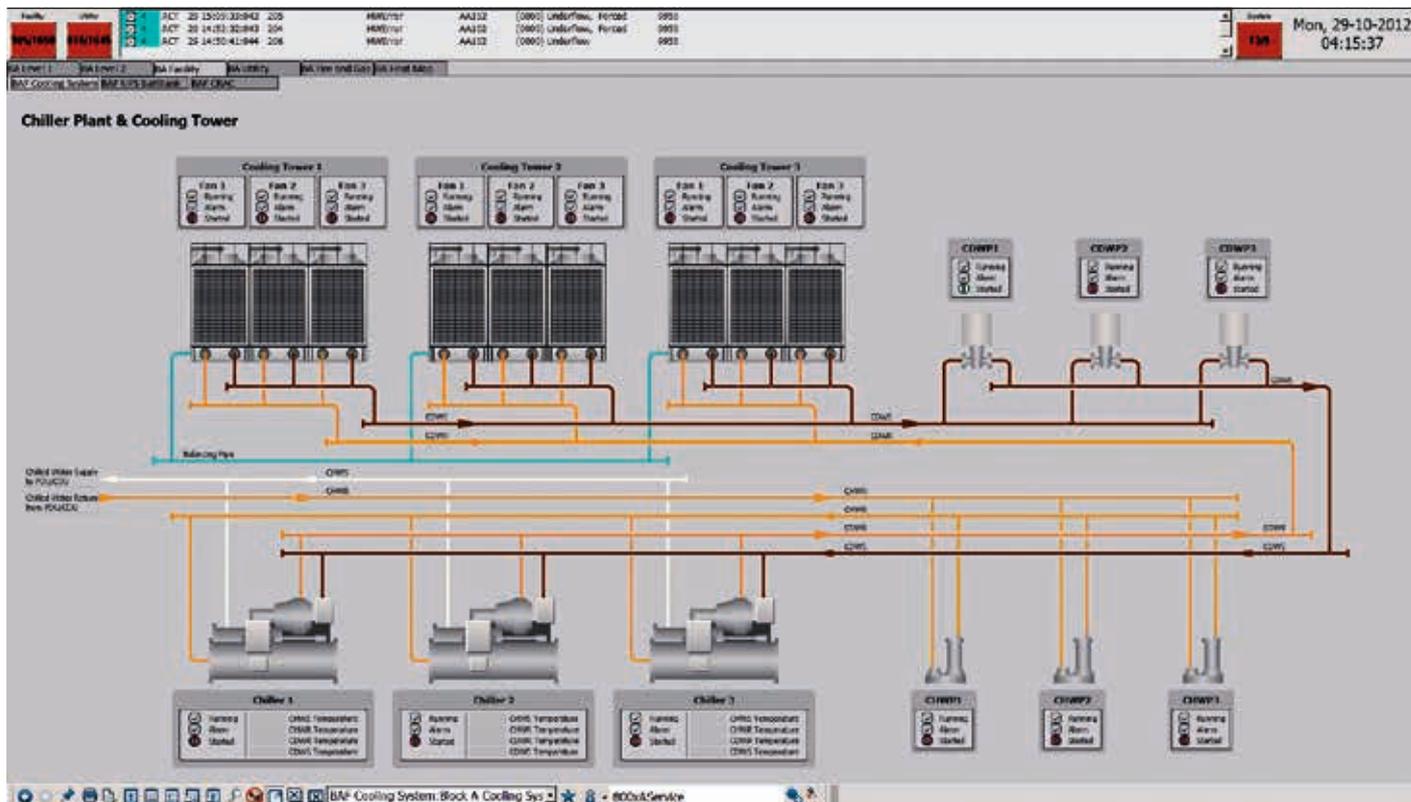
### La température idéale

C'est souvent le besoin de piloter ou de surveiller l'environnement physique des serveurs qui est à l'origine d'un projet DCIM. Depuis quelques années, une pratique fait son chemin en salle informatique : augmenter la température d'entrée pour réduire les besoins en refroidissement et améliorer ainsi le rendement énergétique. Il n'est pas rare de trouver aujourd'hui des allées « froides » en face avant de machines à 27 °C et, à l'arrière, des allées chaudes franchissant 40 °C ! Les robots ABB viennent ici à la rescousse des équipes techniques pour accomplir des tâches pénibles, comme déplacer ou câbler les serveurs.

Dans ces environnements extrêmes, une régulation thermique fine est primordiale pour empêcher la surchauffe. Et pas seulement en plaçant des capteurs autour des baies, mais aussi à l'intérieur, au plus près des processeurs (CPU) pour y relever, sous protocole *SNMP* (*Simple Network Management Protocol*), la température moyenne des empilements de 30 à 40 serveurs. Ce contrôle serré permet d'améliorer l'efficacité énergétique et de détecter très tôt les anomalies au cœur de chaque serveur, partie la plus chaude du datacenter (cf. p. 53 de ce numéro d'*ABB Review*).

### Gestion du bâtiment

La gestion technique du bâtiment (GTB) a pour rôle de surveiller et de comman-



der les lots techniques (éclairage, ventilation, etc.) et la sécurité (détection et extinction incendie) d'un site de grande envergure. Avec la montée des préoccupations énergétiques, la recherche sur

d'automatisation étendue 800xA d'ABB, Decathlon collecte, norme, enregistre et analyse les masses de données de l'informatique et des équipements techniques. Il exploite en outre son capital

## Decathlon connaît l'emplacement de chaque serveur, alloue automatiquement au dernier ajouté une position optimale et fait le meilleur usage de la puissance, du refroidissement et du câblage réseau.

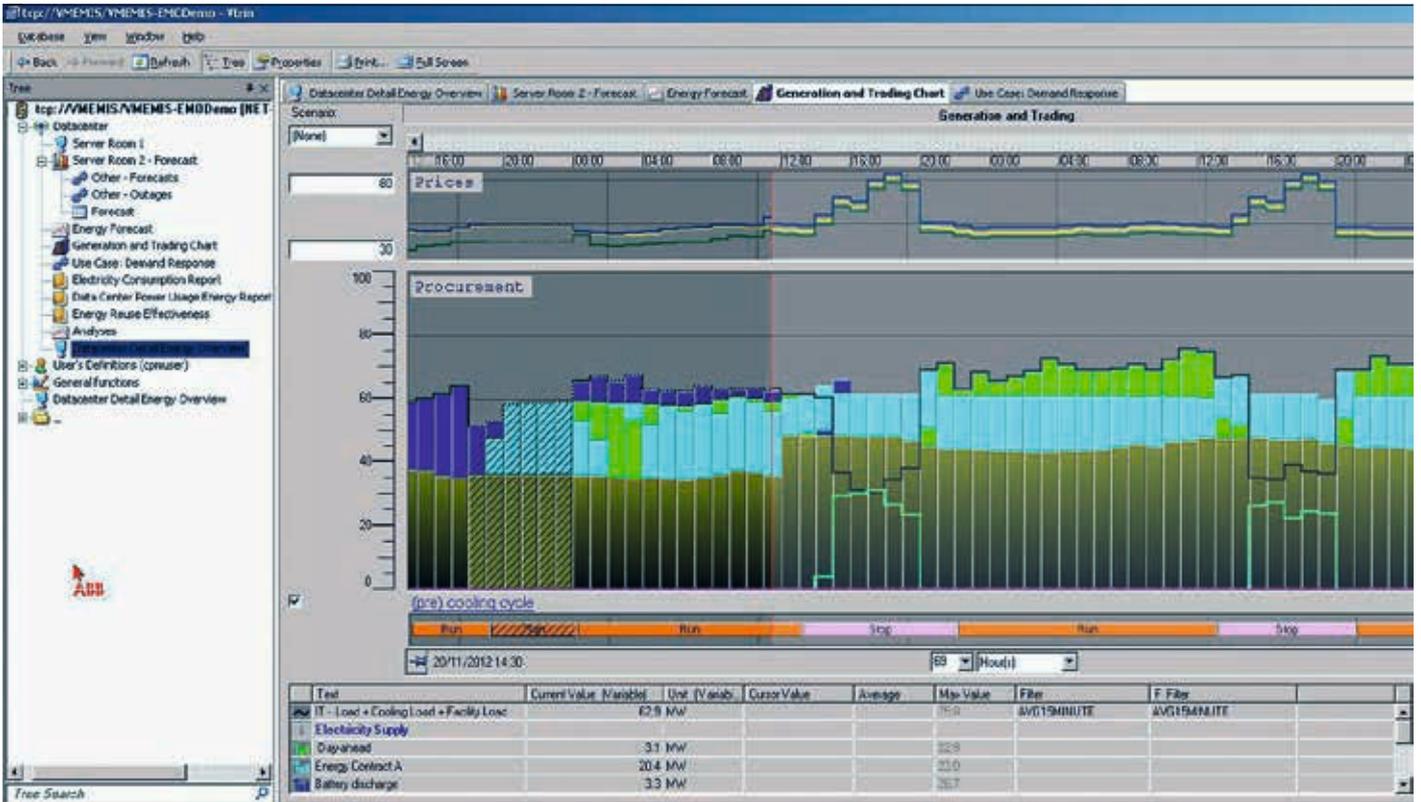
technologique en matière de contrôle-commande de procédé et d'automatisation (conduite avancée, autorégulation et traitement d'alarmes évoluées, etc.) pour optimiser le datacenter. Pour ce qui est du suivi et de l'optimisation des performances du centre, une GTB traditionnelle est plus pro-

les améliorations fonctionnelles de la GTB évolue vers de plus grandes exigences d'efficacité. La discipline n'est pourtant pas de taille à suivre la dynamique et la montée en charge (consolidation) d'un datacenter dans lequel les données des capteurs embarqués de milliers de serveurs essaimés sur plusieurs sites sont mises en équation pour formuler des stratégies et tactiques d'amélioration et d'optimisation de la disponibilité. Bâti sur la plate-forme

blématique et onéreuse car elle n'est pas conçue pour une saisie des données, une analyse et une configuration utilisateur à la fois larges et granulaires.

### Continuité électrique

La chaîne de distribution qui va du pylône au processeur constitue autant de maillons à surveiller et à optimiser. Decathlon ne se contente pas de relever les mesures de compteurs pour les ventiler par utilisateur, zone et source ; il traque



les imperfections du courant (pics de tension, par exemple), gère les disjoncteurs pour délester ou alerter, et procure une vue d'ensemble de tout le trajet électrique, de l'alimentation réseau à la carte mère de chaque serveur.

#### Gestion de la capacité

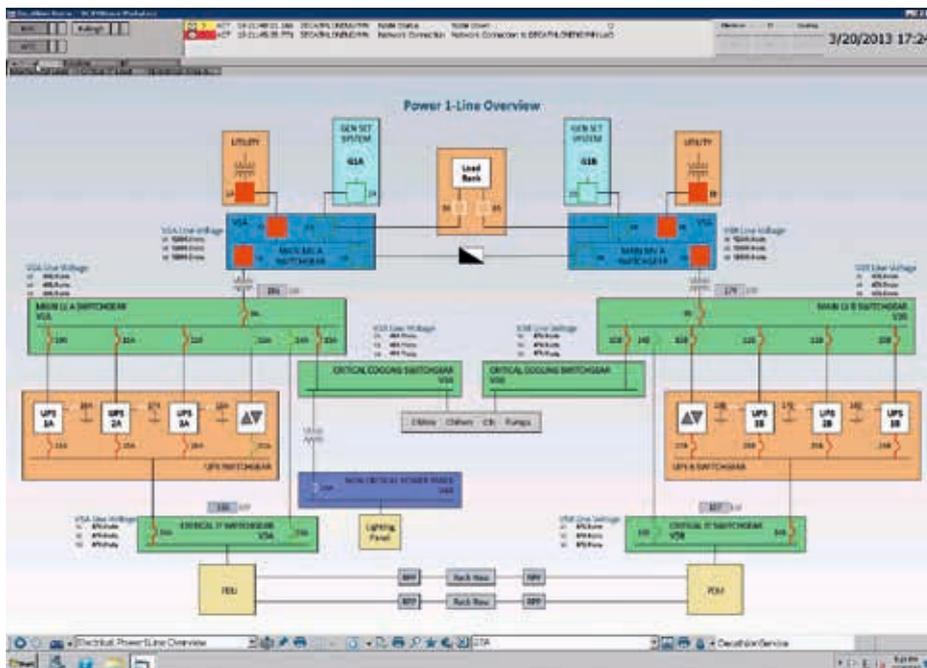
Entre sa livraison et son retrait de service, au terme de trois années (cycle d'actualisation d'un datacenter), le serveur passe par une multitude d'étapes (mise en rack, duplication, déverminage, affectation de la puissance et du réseau, déploiement dynamique, etc.) qu'il faut suivre et administrer au plus près. C'est tout l'objet d'une application de gestion des ressources et de planification des besoins. Decathlon utilise pour cela le logiciel *nlyte* ou d'autres solutions de partenaires technologiques qui lui permettent de synchroniser la cartographie des serveurs avec sa base de données interne. L'application affecte automatiquement un nouveau serveur au meilleur emplacement pour optimiser l'alimentation, le refroidissement et le câblage réseau. Cette répartition ciblée allonge la durée de vie du centre en garantissant l'utilisation de l'intégralité des ressources disponibles, sans gaspillage. Elle gère également toutes les interventions sur les serveurs (ajouts, déplacements ou

Un contrôle serré de l'environnement, basé sur la température des processeurs, permet d'améliorer l'efficacité énergétique et de détecter très tôt les problèmes de chaque serveur.

modifications) et recense les machines, systèmes d'exploitation et applications virtualisés qui tournent sur chaque serveur physique. En liant cette connaissance des emplacements et des raccordements de serveurs à des informations temps réel sur leur environnement et leurs paramètres internes, Decathlon peut assurer la conduite, la supervision et l'analyse centralisée, en boucle fermée, des traditionnels silos techniques et informatiques.

La charge de calcul peut passer d'une rangée de serveurs ou de tout un centre à l'autre pour économiser l'énergie ou compenser le coût ou la disponibilité de l'énergie.

## 5 Schéma unifilaire d'un datacenter dans Decathlon



### Bilan de santé

Un datacenter n'est pas qu'une concentration de ressources informatiques et télécoms (serveurs, commutateurs, etc.) ; c'est aussi toute l'infrastructure technique assurant la continuité de l'alimentation (groupes électrogènes, onduleurs, batteries, appareillage électrique), le refroidissement (groupes froid, pompes, unités de traitement d'air ou de climatisation) et la sécurité du site (détection et extinction incendie, contrôle d'accès, détection de fuites, etc.). Autant d'équipements qui nécessitent un entretien régulier. Decathlon peut s'interfacer à des GMAO tels SAP ou Maximo, ou être couplé à une GMAO ABB comme Service-Pro ou Ventyx Ellipse → 2. Il peut déployer des « surveillants d'actifs » sur des équipements sensibles pour en garantir le bon fonctionnement ; en cas de franchissement des seuils admissibles, il émet un ordre d'intervention avant même que l'équipement passe en alarme. Cette maintenance conditionnelle est renforcée par son centre de télé-exploitation ROC (*Remote Operations Centre*) qui met à la disposition du technicien des experts « métier » pour l'aider à prévenir l'escalade et la panne.

### Migration contrôlée

Decathlon peut surveiller l'utilisation CPU du parc serveurs d'un ou de plusieurs datacenters. Par l'automatisation du *runbook*<sup>1</sup> et l'intégration avec des solutions de virtualisation, la charge de calcul migre alors d'une rangée de serveurs à l'autre, voire d'un centre à l'autre. Ce peut être pour économiser l'énergie, par la mise en veille des serveurs inoccupés, ou pour des raisons de coût ou de disponibilité de l'énergie. Un service d'analyse et de renseignement énergétiques GEI (*Global Energy Intelligence*) procure au gestionnaire une interface unique avec l'ensemble de l'offre énergétique mondiale, qui lui permet de déplacer les charges informatiques d'un datacenter à l'autre, au gré du marché ou des possibilités d'ajustement de la puissance à la demande. C'est pour doter Decathlon de ces services d'« intelligence énergétique », d'automatisation du *runbook* et de plafonnement de la consommation des serveurs qu'ABB a investi dans le spécialiste californien (Santa Clara) de l'automatisation des datacenters *Power Assure*. Des fonctions de négoce et de gestion temps réel des prix de l'énergie sont également assurées par les suites logicielles Ventyx.

### Ingénieuse alimentation

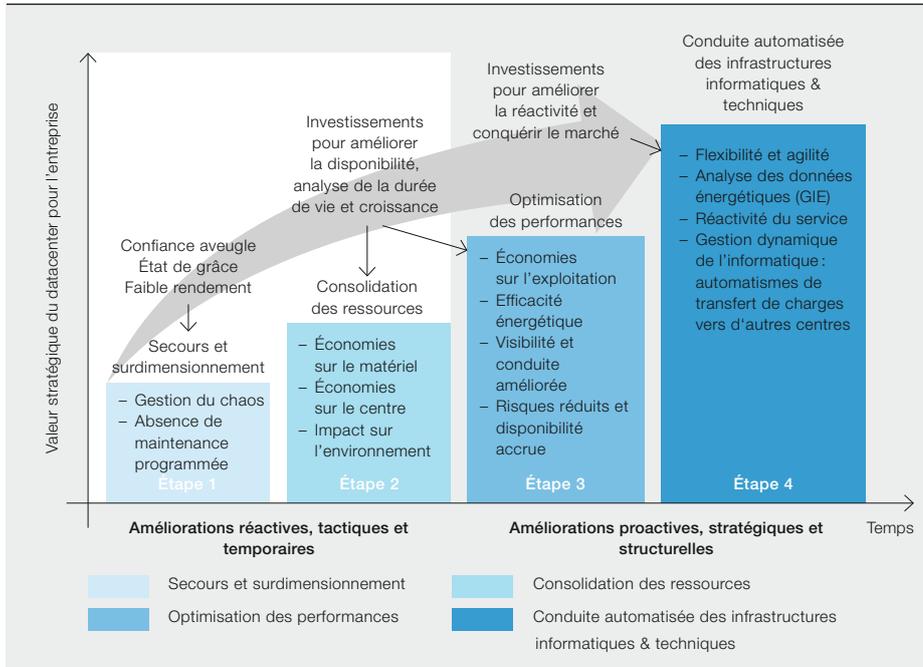
Decathlon associe sa solution de gestion d'énergie, utilisée avec succès dans l'industrie papetière et d'autres secteurs, au GEI pour aider les datacenters à mini-

miser leurs pointes de consommation ou à tirer profit de leur raccordement au réseau, en revendant notamment l'électricité des groupes électrogènes, dans le cadre d'un programme de réponse à la demande. Dans ce cas, au lieu d'être testés tous les mois et de dissiper leur puissance en pure perte dans une rangée de charges, les groupes fonctionnent quand le réseau en a besoin ; c'est autant dans l'escarcelle du gestionnaire ! Ce raccordement bidirectionnel au réseau améliore aussi beaucoup la résilience du datacenter par rapport à un inverseur de sources automatique traditionnel.

Il est également possible d'augmenter l'efficacité des serveurs en plafonnant leur consommation énergétique (*power capping*), c'est-à-dire en fixant à certains moments une limite à la puissance que peuvent prélever les processeurs non prioritaires. Cette optimisation peut se faire sans risque supplémentaire, en adaptant l'infrastructure de calcul à la demande réelle. Decathlon détermine la capacité optimale requise par une charge informatique donnée et ajuste en temps réel la disponibilité des serveurs avec les besoins en refroidissement et en services techniques. L'efficacité opérationnelle en ressort améliorée, et les coûts énergétiques, diminués (cf. p. 48).

### Note

<sup>1</sup> Registre d'exploitation compilant l'ensemble des démarches et tâches effectuées par l'administrateur ou l'opérateur du site pour optimiser la gestion des changements et des incidents.



**Vue panoramique**

Decathlon affiche toutes ces informations sur une fenêtre utilisateur → 3 à → 5. Dans ses tableaux de bord et rapports configurables, les indicateurs phares de la performance énergétique comme le PUE (Power Usage Effectiveness) sont complétés par des paramètres plus synthétiques, tels le CADE (Corporate Average Datacenter Efficiency) qui calcule l'efficacité moyenne des datacenters de l'entreprise en tenant compte du taux d'occu-

**Modularité applicative**

Decathlon est un système modulaire ; une fois son noyau installé, il est facile de lui greffer des modules applicatifs. En pratique, chaque application nourrit et consolide la base de données d'origine ; à mesure que s'ajoutent des lots mécaniques, électriques ou informatiques, les applications de visualisation, de rapport et d'analyse fournissent une image plus complète du site. Au lancement d'une solution DCIM –

avisé fera du raccordement au réseau non plus un coût mais une source de revenus et un levier d'amélioration de la disponibilité, en installant une connexion bidirectionnelle et en participant aux programmes automatisés de réponse à la demande.

**Decathlon aide à minimiser les pointes de charge ou à tirer profit de la revente d'électricité des groupes électrogènes, dans le cadre d'un programme de réponse à la demande.**

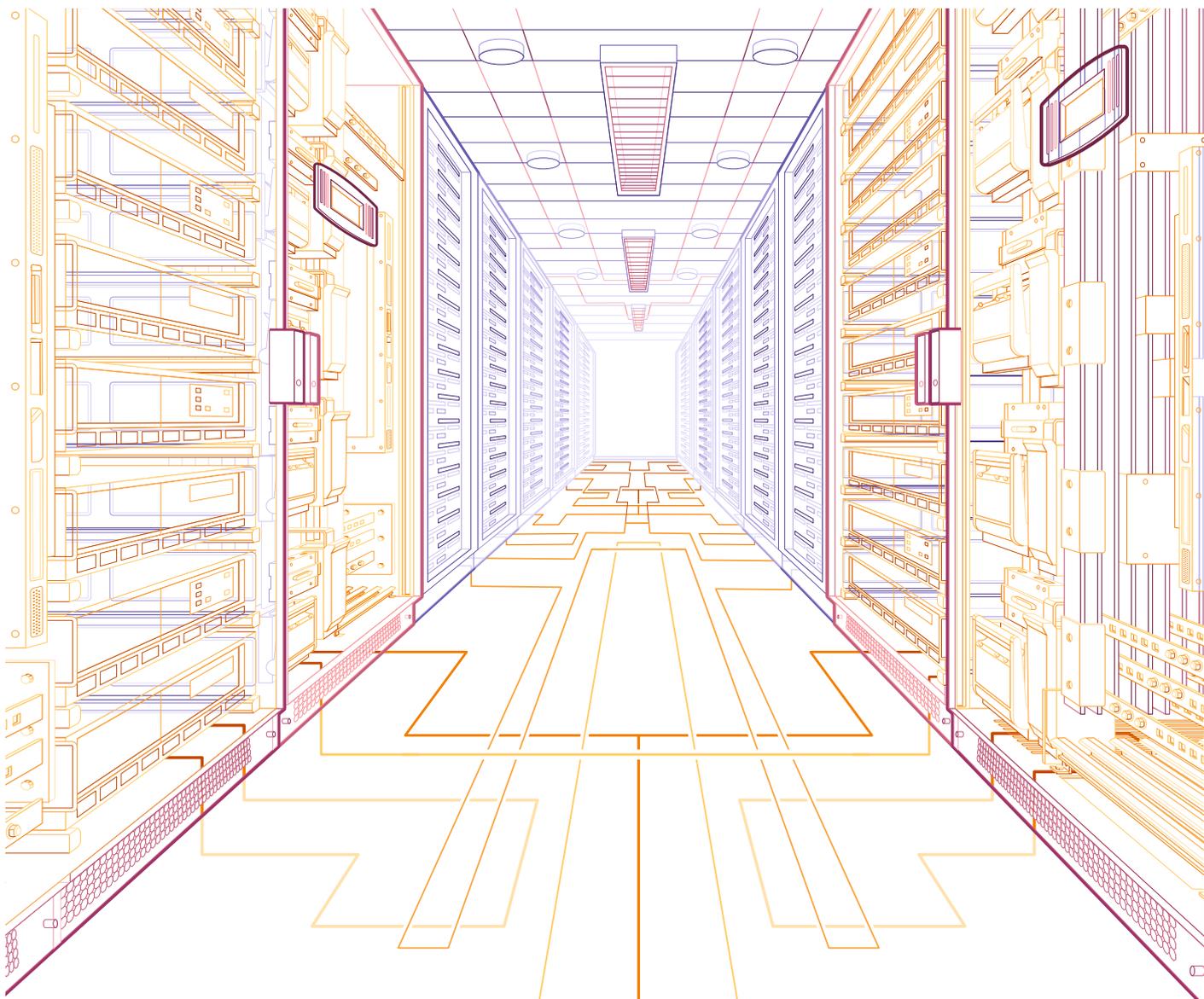
pation des serveurs. La question du remplacement du PUE par une métrique plus globale de l'efficacité d'un datacenter n'est pas encore tranchée. Il n'en demeure pas moins que la visibilité de bout en bout de Decathlon procure au gestionnaire ou à l'opérateur une vue générale de ses systèmes, avec la possibilité de paramétrer ses propres mesures de performance énergétique.

site peut compter sur un « état de grâce » d'un ou de deux ans avant de prendre peu à peu conscience de l'importance accrue du suivi temps réel et de la maintenance pour éviter incidents et pannes. Dans ce cas, une solution de gestion de l'énergie prolonge cette période en anticipant les anomalies (déclenchement de disjoncteur, surtension, etc.), tandis qu'un suivi d'actifs prévient les pannes d'éléments sensibles avec la maintenance conditionnelle. Un opérateur plus

là où la plupart des gestionnaires de datacenter n'en sont qu'à l'étape 1 ou 2 du modèle de maturité –, Decathlon privilégie un déploiement échelonné → 6.

En matière de disponibilité, l'exploitant d'un nouveau

**Jim Shanahan**  
 ABB Process Automation, Control Technologies  
 Dublin (Irlande)  
 jim.shanahan@ie.abb.com

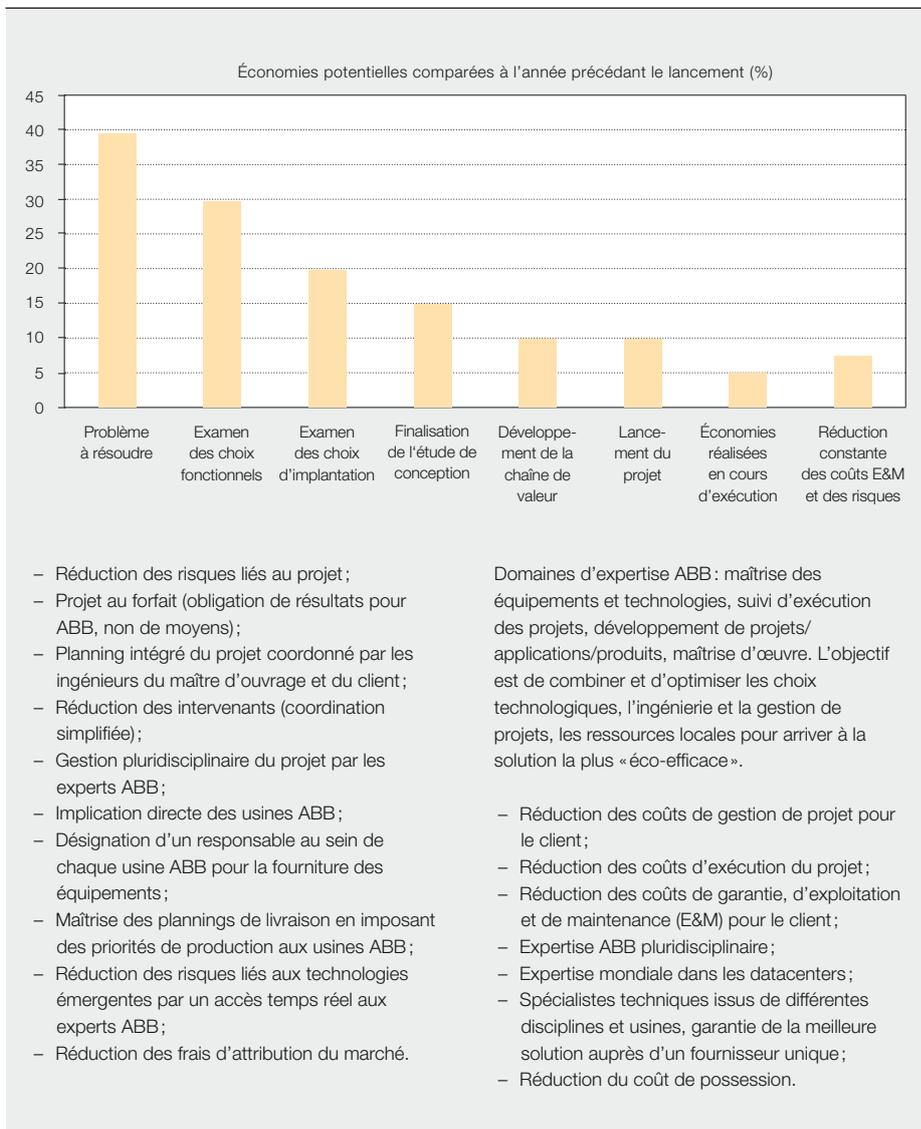


# Décisions éclairées

Une approche innovante pour la conception architecturale des *datacenters*

PATRICK KOMISCHKE – Un produit devrait se concevoir au vu des besoins exprimés par un client ou un utilisateur. Ces exigences, assorties de normes et réglementations, se conjuguent aux ressources et compétences du fournisseur pour créer le produit. Concevoir l'architecture électrique des datacenters intervient dans un environnement très dynamique. Sans être une discipline radicalement nouvelle, la diversité des choix architecturaux ainsi que l'évolution rapide des technologies et des exigences des clients posent de nombreux défis. Pour preuve, l'existence de différentes méthodologies de conception des datacenters.

## 1 Avantages de l'approche systèmes d'ABB



Le processus de conception d'un datacenter débute par l'identification des besoins capacitaires et la spécification d'un niveau de disponibilité ou *tier* (cf. p. 11–15 de ce numéro d'*ABB Review*). Parmi les autres aspects à prendre en compte, citons la sélection de l'emplacement géographique et l'agencement des équipements (« urbanisation »), ainsi que la sécurité et la compatibilité avec d'autres systèmes.

Il s'agit d'abord de choisir la source de puissance en haute tension (HT) : réseau électrique général ou fournisseurs indépendants. Il faut ensuite concevoir la chaîne de distribution électrique en moyenne et basse tension (MT et BT) jusqu'aux équipements consommateurs, baies de serveurs pour l'essentiel mais également tous les auxiliaires qui contribuent à la fiabilité et à la sécurité du datacenter. Si ce sont principalement des matériels, leur combinaison et leur intégration sans heurts nécessitent plusieurs

systèmes de contrôle-commande basés sur différentes plates-formes logicielles.

Gérer cette pluridisciplinarité et cet arsenal technologique oblige à disposer, au sein de l'entreprise, d'une palette complète de moyens techniques et de l'expertise correspondante. Il est également important de travailler étroitement avec le client pour choisir l'architecture optimale.

### En quoi la démarche ABB est-elle différente ?

ABB jouit d'une longue expérience de la fourniture de produits pour les datacenters. Récemment, le Groupe a beaucoup fait pour intégrer ses produits et élargir son offre. Pour autant, son véritable atout réside dans sa démarche d'équipementier et son approche systèmes. Ici, ABB allie son vaste catalogue de produits à ses compétences d'intégrateur : les deux font la paire.

Les acquisitions réalisées par ABB ces dernières années ont encore élargi son offre qui couvre désormais pratiquement toute la panoplie des besoins en alimentation électrique des datacenters. Si certains produits ne figurent pas au catalogue, son approche systèmes permet de les sélectionner auprès d'un fournisseur tiers et de les intégrer en toute transparence.

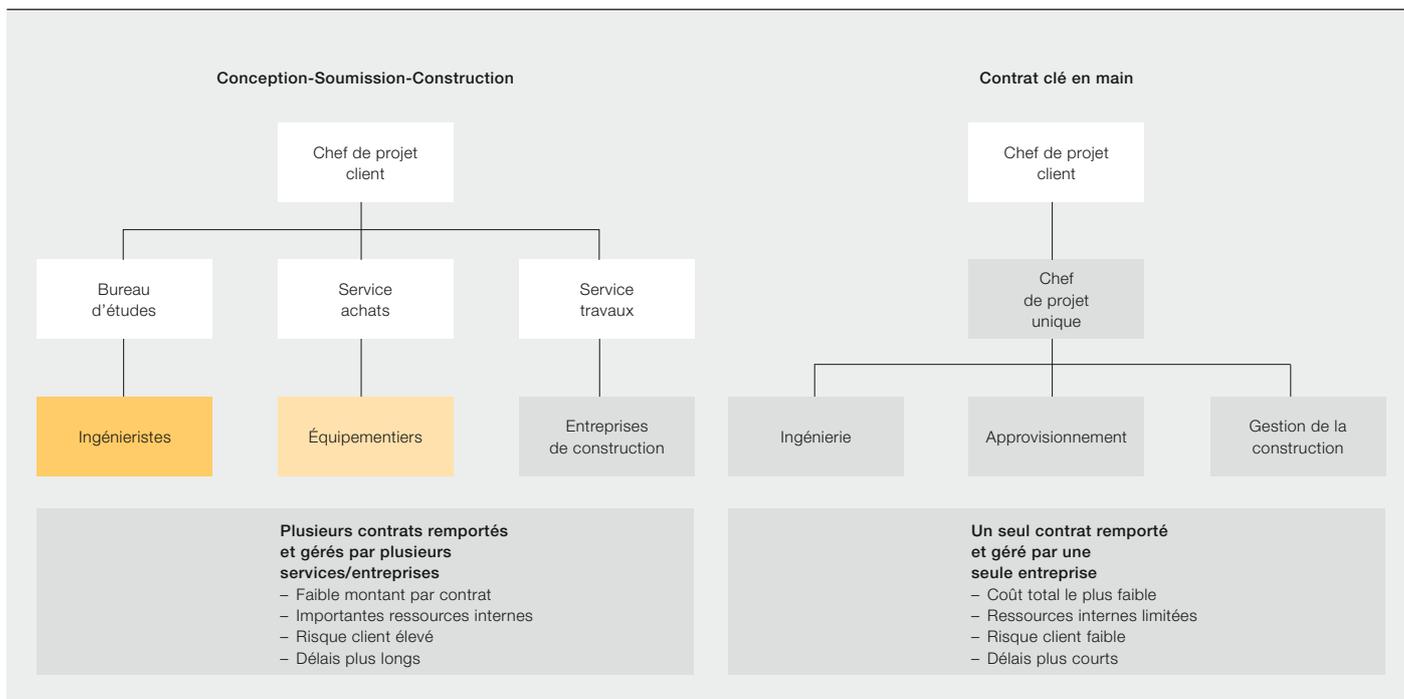
Cette démarche, qui s'apparente à un service d'IAGC (ingénierie, approvisionnement et gestion de la construction), procure des avantages notables aux clients ou investisseurs du secteur des datacenters → 1 et → 2.

### Projet ABB interne

Pour tester et étayer son approche systèmes, ABB lança en 2012 un projet interne de conception d'un datacenter de 20 MW et de niveau de disponibilité tier III contenant un maximum de pro-

#### Illustration p. 48

Concevoir un datacenter ne se limite pas à trier sur le volet une myriade de fournisseurs et de produits ; il faut aussi décider d'une architecture et d'une stratégie opérationnelle, sachant que tout choix initial portera à conséquence sur la durée de vie de l'installation. Comment sortir de ce dédale ?



L'offre ABB couvre pratiquement toute la panoplie des équipements électriques d'un datacenter.

duits ABB et aussi proche que possible des configurations typiques du marché. Le but était de valider la démarche en utilisant des produits ABB ainsi que des produits d'entreprises récemment acquises (Baldor et Thomas & Betts) et de les intégrer dans une solution ABB globale de datacenter.

Le projet incluait l'élaboration des schémas unifilaires, des plans d'urbanisation,

**Spécialistes techniques provenant de différentes disciplines et sites de production ABB garantissent la meilleure solution.**

des spécifications et de tout élément susceptible de contribuer à l'objectif visé : d'une part, la fourniture monosource des équipements du datacenter et leur intégration, d'autre part, une solution alignée sur les besoins des clients et du marché. Ce projet interne a permis de valider l'approche systèmes d'ABB et de lancer le concept sur le marché.

#### Revue de détail

Côté arrivée HT, la démarche consiste en une analyse des différents équipements (appareillage à isolation dans l'air ou gazeuse, types de transformateurs et systèmes de contrôle-commande) pour

garantir le niveau de fiabilité de même que le bon raccordement et l'intégration au réseau électrique. Les nombreux débats sur les avantages comparés de l'isolation dans l'air et de l'isolation gazeuse constituent un très bon exemple de l'intérêt de l'approche systèmes. Avant toute décision, ABB analyse le réseau auquel le datacenter sera raccordé et émet des préconisations auprès du client et du fournisseur d'électricité. Le

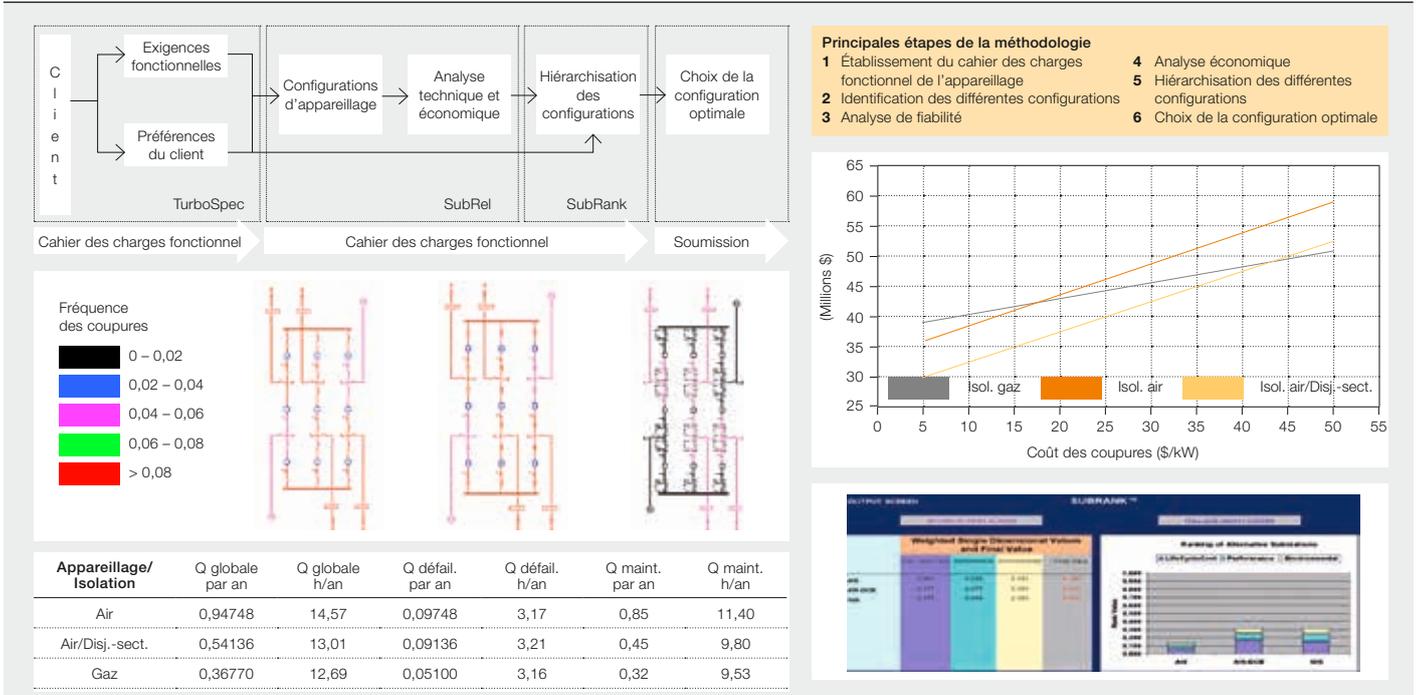
processus d'analyse figure en → 3 et les conclusions en → 4.

D'autres facteurs comme l'urbanisation et les exigences de sécurité

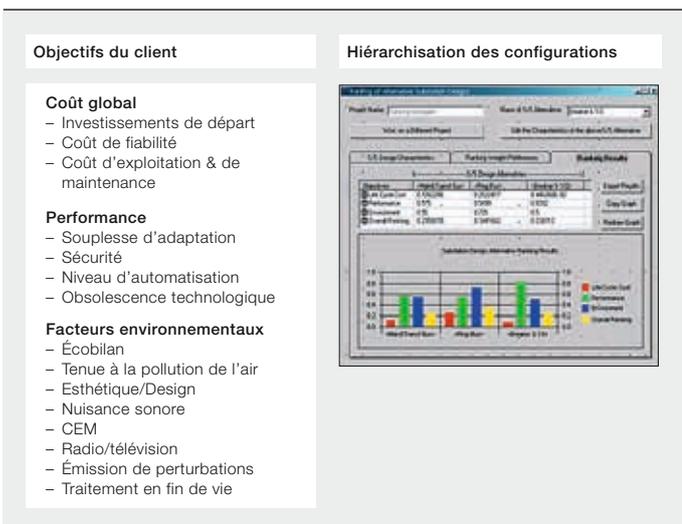
interviennent. La figure → 5 compare les deux solutions, montrant l'important gain de place.

La même démarche s'applique côté MT mais il faut, en plus, tenir compte de l'intégration des charges et des sous-systèmes comme les groupes électrogènes, et faire des choix : appareillage d'intérieur ou d'extérieur, installation ou non au sein du datacenter, niveau de bruit, sécurité, etc. ABB dispose également de toute l'expertise nécessaire à la prise en compte de ces éléments dans la solution optimale.

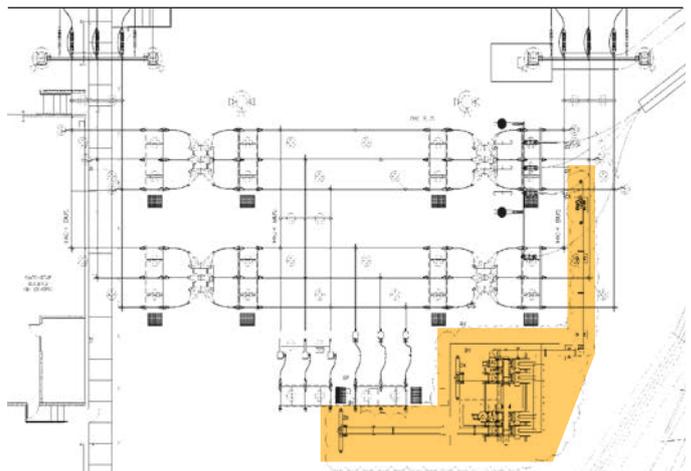
### 3 Méthodologie d'optimisation de l'appareillage électrique



### 4 Outils d'évaluation



### 5 Comparaison de l'emprise au sol d'un appareillage HT à isolation gazeuse ABB avec celle d'un appareillage à isolation dans l'air



Un appareillage à isolation gazeuse occupe environ 15 % de moins de place qu'un appareillage classique, pour une fiabilité accrue.

Pour ce projet interne, la part prédominante des produits et variantes ABB se retrouve côté BT et à l'interface avec les serveurs du datacenter, domaine dans lequel le Groupe dispose d'une solide expérience. Reste que certains produits sont absents de l'offre ABB ou difficiles à intégrer. Ici encore, l'approche systèmes est précieuse car ABB peut aider à l'intégration d'un produit tiers ou lancer un projet de développement interne.

Au-delà du traditionnel triptyque HT/MT/BT, l'offre ABB inclut d'autres produits et solutions logicielles qui répondent aux besoins des datacenters et peuvent se

combiner, se connecter ou s'ajouter aux solutions précédentes. L'expertise d'ABB dans l'intégration des systèmes constitue une part importante de son portefeuille. En mettant l'accent sur son approche systèmes et en mutualisant le savoir-faire des nombreuses sociétés du Groupe, une solution optimale est proposée à chaque client.

#### Des solutions pour tous

Confrontés aux difficultés du secteur de l'électrotechnique (notamment le moins grand nombre d'effectifs qualifiés en interne), les clients saisissent de mieux en mieux l'intérêt de l'approche systèmes d'ABB. Ils pourront toutefois continuer

de puiser dans le catalogue très étoffé de produits ABB pour les combiner à des solutions « maison ».

#### Patrick Komischke

ABB Power Systems  
Raleigh (Caroline du Nord, États-Unis)  
patrick.komischke@us.abb.com





# La chaîne du froid

Optimiser la conception et la gestion des systèmes de refroidissement des *datacenters*

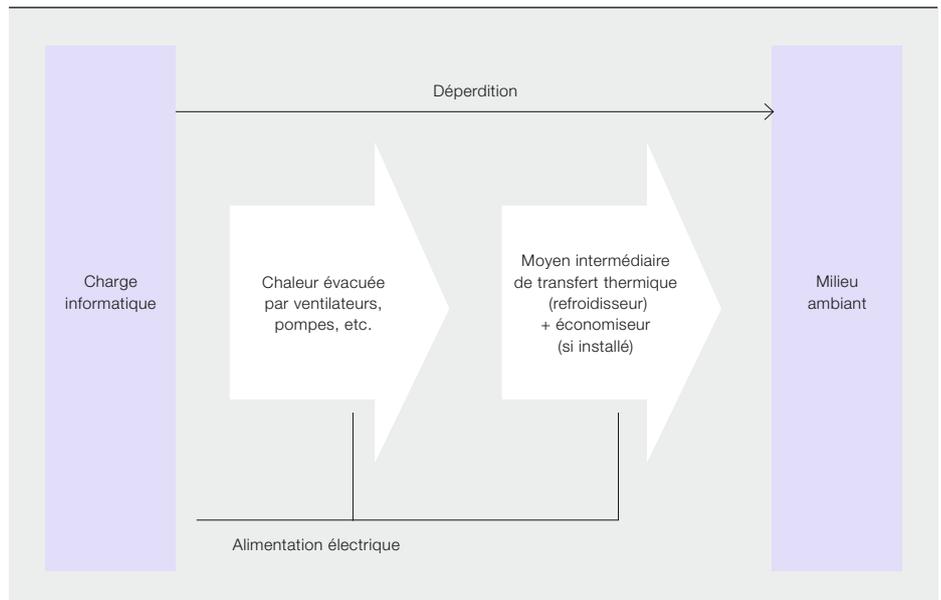
SHRIKANT BHAT, CARSTEN FRANKE, LENNART MERKERT, NAVEEN BHUTANI – La dissipation de chaleur est une problématique majeure des centres de données. Et pour cause : jusqu'à 45 % de la consommation énergétique totale de l'infrastructure ne sert qu'au refroidissement des baies informatiques [1]. La tendance devrait encore s'accroître avec la compacité et la densification croissantes des serveurs. Pour y remédier, les techniques de refroidissement ainsi que les systèmes de gestion de l'énergie et de conduite associés progressent à grands pas. Relever ce défi impose une démarche radicale, focalisée sur le trio efficacité énergétique, gestion intégrée et haute fiabilité. Riche de son expérience dans la gestion des systèmes d'énergie stratégiques et des procédés industriels complexes, ABB est en ordre de marche.

---

#### Photo

Une bonne partie de l'énergie consommée par un datacenter se perd en chaleur. Traiter cette importante charge calorifique dans un si petit volume impose de recourir aux toutes dernières technologies de refroidissement.

Photo ©2013 Michelle Kiener



Il n'y a pas si longtemps, la régulation thermique des datacenters se basait encore sur les méthodes de refroidissement classique du bâtiment, le serveur étant assimilé à un « équivalent humain ». Cela fonctionnait d'ailleurs très bien... jusqu'à ces dix dernières années, où l'augmentation exponentielle des densités de puissance des microprocesseurs (de l'ordre de 1 à 100 W/cm<sup>2</sup>) [2] a fait grimper en flèche les besoins en refroidissement.

Le refroidissement des datacenters consiste à évacuer l'air chaud dégagé par les baies informatiques dans le milieu ambiant, à l'aide d'un fluide caloporteur (air ou liquide) → 1 : un transfert thermique pour le moins énergivore ! Les mesures d'efficacité visent donc à réduire la quantité d'énergie nécessaire pour extraire cette chaleur et à en récupérer un maximum pour la réutiliser au mieux. À ces objectifs participent les innovations dans la conception du système de refroidissement, mais aussi dans son exploitation. Voyons les maillons forts de cette double stratégie de progrès → 2.

### Nouveautés

Il existe plusieurs techniques de refroidissement parvenues à différents stades de maturité, dont certaines sont prometteuses → 3. De nouvelles règles d'« urba-

nisation » des datacenters, comme l'aménagement des baies informatiques en allées chaudes et froides, peuvent améliorer le rendement jusqu'à 30 % [3]. Le refroidissement sur puce, encore à l'étude, promet un refroidissement pouvant atteindre 15 °C pour des flux thermiques de 1300 W/cm<sup>2</sup> [4]. Le refroidissement par liquide, déjà commercialisé, est appelé à réduire la consommation d'énergie jusqu'à 50 % par rapport aux méthodes traditionnelles par air. Enfin, le refroidissement par séchage de l'air sur membrane et évaporation devrait faire chuter les besoins en énergie de 86,2 % par rapport aux systèmes classiques avec compression mécanique de vapeur [5].

La production de chaleur dans un datacenter peut augmenter avec l'énergie solaire thermique qui alimente un refroidisseur à absorption<sup>1</sup>, abaissant le rendement énergétique *PUE*<sup>2</sup> à moins de 1.

Si le refroidissement par eau, par absorption et par évaporation est déjà à l'œuvre dans d'autres secteurs industriels, il se heurte aux deux grands enjeux des datacenters : la production non homogène de chaleur associée à la dynamique de la

charge et les exigences de fiabilité. ABB y répond par son expertise en haute fiabilité des composants de systèmes électriques critiques et sa longue expérience de la gestion intégrée des procédés.

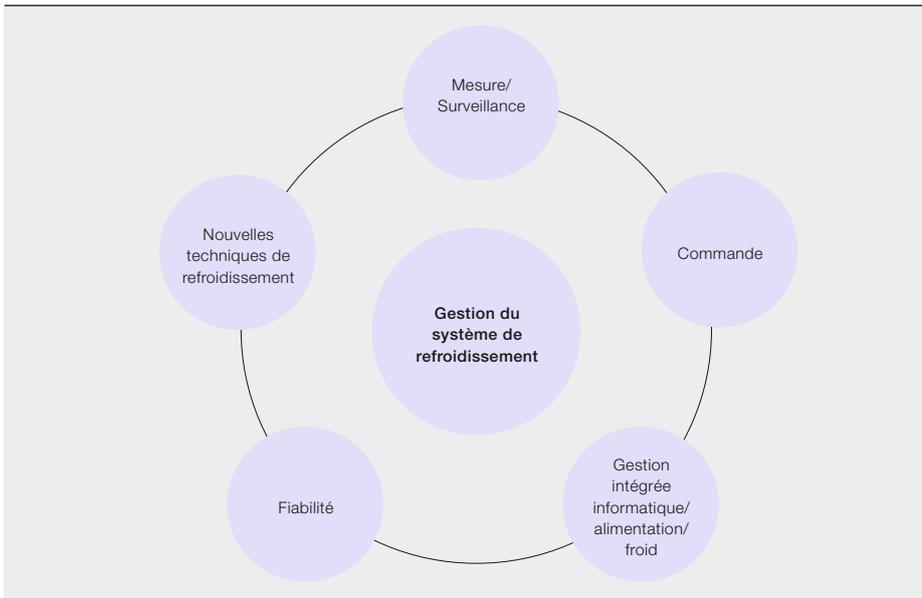
Les mesures d'efficacité thermique visent à réduire la quantité d'énergie nécessaire pour évacuer la chaleur et en récupérer un maximum pour la réutiliser au mieux.

### Traquer les calories

La maîtrise du refroidissement des équipements de datacenter passe d'abord par la cartographie de leur comportement thermique. Les points chauds problématiques que constituent les zones de forte densité peuvent être détectés par capteurs à infrarouge (IR) ou sans fil. Les capteurs logiciels associant les données déjà disponibles à des modèles détaillés de simulation dynamique des

#### Note

- 1 Équipement utilisant l'eau chaude de la boucle de refroidissement primaire et, à l'occasion, le solaire thermique, pour alimenter une autre boucle d'eau glacée.
- 2 *Power Usage Effectiveness* : rapport entre la quantité totale d'énergie consommée par le datacenter et celle absorbée par l'équipement informatique.



fluides (CFD) ou les modèles empiriques sont aussi de précieux outils.

Il importe d'étudier les technologies émergentes en se posant les questions suivantes :

- Quelles sont les techniques de refroidissement en présence et leurs limites ?
- Quelles solutions évoluées peut-on intégrer au système ?
- Quel niveau d'intégration ou d'adaptation envisager ? dans quelles limites ?
- Quel est l'impact d'une nouvelle solution sur la fiabilité de toute l'infrastructure de refroidissement et de traitement informatique ?
- Quelle serait la valeur ajoutée d'une nouvelle ressource (gains immédiats, retour sur investissement, etc.) ?

ABB a déjà prouvé l'intérêt de la communication sans fil par capteurs IR, de l'instrumentation logicielle et des outils de diagnostic énergétique dans différentes applications de l'énergie et de l'automatisation. Son savoir-faire peut s'étendre, moyennant adaptations, au suivi de performances des datacenters.

### Gérer le refroidissement

Le système de refroidissement d'un datacenter se compose d'une tour aéro-réfrigérante, d'un refroidisseur, de pompes et d'équipements de stockage thermique → 4, auquel s'ajoute souvent un économiseur qui réduit la consommation énergétique du refroidisseur en aspirant l'air froid extérieur. Cet air passe par un

ou plusieurs jeux de filtres à particules, pour éviter l'encrassement du matériel informatique, et par une régulation hygrométrique.

L'optimisation globale de ce système implique de minimiser le coût de puissance net tout en satisfaisant aux exigences de refroidissement d'une charge informatique donnée. D'où un problème de « réponse à la demande » complexe, mêlant prévisions météo, prix de l'énergie et courbes de charge/rendement pour tous les équipements concernés. Une solution de refroidissement intégrée combinant seulement un économiseur et une commande prédictive par modèle pour la régulation thermique a permis de réduire jusqu'à 30 % les coûts de gestion du refroidissement [6]. Cette situation pourrait encore s'améliorer avec un stockage supplémentaire et une gestion de réponse à la demande exploitant les fluctuations des prix de l'énergie.

### Opter pour la modularité

Les unités de refroidissement modulaires permettent aux datacenters de développer progressivement leurs capacités. Aujourd'hui banalisées au point de s'ériger en standard de conception, elles font néanmoins peser des contraintes sur la gestion intégrée du refroidissement, du fait de leur interaction avec les équipements connexes (refroidisseur, évaporateur, économiseur). Le gestionnaire d'énergie *cpmPlus Energy Manager* d'ABB lève ces obstacles et aide les clients à tirer avantage de l'intégration.

La gestion de la charge informatique étant souvent découplée de l'alimentation et du refroidissement, les traitements informatiques sont lancés sans tenir compte des besoins en refroidissement ou en puissance. La solution ? Coordonner les trois sous-ensembles.

L'optimisation d'un système de refroidissement intégré implique de minimiser le coût de puissance net tout en satisfaisant aux exigences de refroidissement de la charge informatique : un problème complexe de « réponse à la demande ».

### 3 Moteurs des nouvelles techniques de refroidissement dans les datacenters

Moteur	Techniques	Commentaires
Performance thermo-dynamique	Confinement d'allées Refroidissement sur puce	But : minimiser la consommation d'énergie et les pertes en identifiant les équipements d'évacuation de la chaleur et en évitant les mélanges de flux thermiques
Matériaux	Refroidissement par liquide Refroidissement par séchage d'air sur membrane	Nouveaux matériaux = efficacité améliorée, évacuation accélérée
Refroidissement + récupération de chaleur	Refroidissement par absorption	Une des voies les plus prometteuses
Intégration des énergies renouvelables	Refroidissement solaire	Une des voies les plus prometteuses

#### Intégrer alimentation, informatique et refroidissement

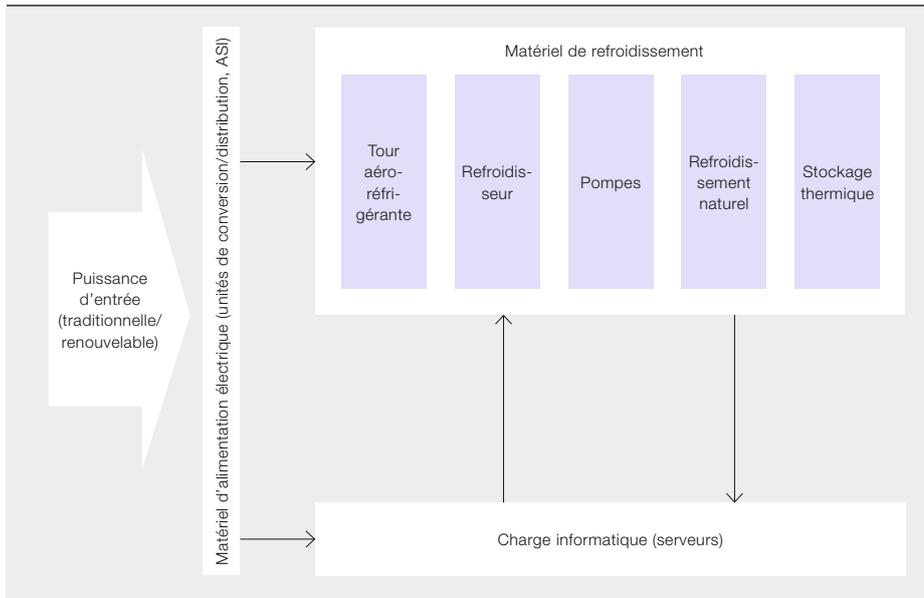
Dans la quasi-totalité des datacenters, la gestion de la charge informatique est découplée de la gestion du refroidissement ou de l'alimentation ; c'est en toute autarcie que son logiciel décide du lancement de nouvelles tâches de traitement ou de leur migration, faisant fi des besoins de refroidissement ou de puissance. Certes, on peut ainsi rogner la puissance utilisée par l'informatique, mais c'est au prix d'une plus grande consommation d'énergie de refroidissement !

Pour éviter cela, il faut coordonner ces trois sous-ensembles et disposer d'un outil de gestion dynamique et prédictive de la charge informatique, qui tient compte de l'emplacement du centre et de l'évolution de son approvisionnement énergétique. Intégrable au système de gestion d'infrastructures de datacenter Decathlon™ d'ABB, cette gestion avancée de la charge annonce un allègement de 20 à 40 % de la facture énergétique [7].

La solution peut aussi prendre directement en compte des aspects de maintenance, par exemple, en lissant la charge entre serveurs et leurs dispositifs de refroidissement pour uniformiser le vieillissement des composants. Elle aide aussi à gérer la puissance : si les besoins en froid ou les prix de l'énergie atteignent un seuil critique, Decathlon baisse la tension d'alimentation des composants ou la fréquence d'horloge des processeurs

pour optimiser leur refroidissement et leur consommation électrique. Cette variation dynamique du couple tension/fréquence, plus connue sous l'abréviation DVFS (*Dynamic Voltage and Frequency Scaling*), garantit que le traitement informatique respecte les niveaux de service contractuels. Il est également possible de basculer la charge informatique vers d'autres serveurs pour économiser l'alimentation ou le refroidissement ; cette migration, restreinte dans le passé à une poignée d'applications capables de gérer les points de reprise, est aujourd'hui facilitée par la virtualisation croissante des serveurs.

La gestion coordonnée peut aller jusqu'à mutualiser les ressources non pas d'un, mais de plusieurs centres dispersés avec, à la clé, des économies d'énergie supplémentaires de 5 à 10 % et un avantage de taille : une capacité installée unitaire pouvant être inférieure au maximum dont aurait besoin le même datacenter pour fonctionner en îlot. D'où, indirectement, un meilleur usage de l'énergie. Une stratégie de partage de la charge informatique exploite les variations horaires des prix de l'énergie et les différences de température ambiante entre sites. Les prédictions des prix de l'énergie et les prévisions de refroidissement peuvent être aisément déduites de Decathlon, la gestion de la charge informatique n'ayant plus qu'à traiter le flux d'informations.



Cette gestion « intersite » n'est pas sans contraintes juridiques et logistiques : certaines données, par exemple, peuvent être soumises à une juridiction particulière, limitant les possibilités de migration. De même, les aspects sécurité et protection des données gagnent en acuité si les datacenters relèvent de différentes entités juridiques. Sans compter les besoins en énergie supplémentaires et les coûts de communication induits par la migration.

### Fiabiliser

Une hygrométrie et des températures variables, ainsi qu'un air de mauvaise qualité sont les principaux facteurs de dégradation de la fiabilité, liés à l'emploi d'un économiseur. Pour contrecarrer ce phénomène, il est possible de surveiller la qualité de l'arrivée d'air ; si celle-ci passe en dessous des niveaux normalisés, Decathlon engage des actions préventives, comme fermer automatiquement les prises d'air et basculer sur un autre mode de refroidissement.

Les points chauds nuisent également à la fiabilité. Une surveillance et une régulation thermiques efficaces peuvent y remédier sans surdimensionner le refroidissement du datacenter tout entier et alléger directement la facture énergétique.

Autres précautions : l'entretien régulier ou le remplacement des équipements sensibles avant défaillance, au terme d'une période fixe définie par la moyenne

des temps de bon fonctionnement (MTBF) ou la garantie constructeur. Cette intervention périodique n'est pourtant pas l'idéal car les profils de charge et les conditions d'exploitation et d'environnement peuvent s'écarter des moyennes annoncées par le constructeur ; mieux vaut ajuster ces opérations au cas par cas, pour chaque équipement. De même, une contre-performance ou un comportement inhabituel peut être signe avant-coureur de défaillances ; la surveillance de l'état fonctionnel des composants critiques permet de mieux planifier la maintenance et le remplacement.

Prenons l'exemple de la tension aux bornes des condensateurs d'un convertisseur de puissance qui chute sensiblement et se met à osciller peu de temps avant la défaillance de l'appareil. La surveillance et le dépiage systématiques de ces dérives permettent de lancer des actions préventives (réparation, remplacement, etc.) en temps voulu, réduisant les arrêts machine puisque l'on a décelé et résolu par anticipation la panne. La fiabilité et la disponibilité du datacenter y gagnent ; les coûts de maintenance et de remplacement inutiles sont supprimés.

Par sa capacité à surveiller et à fiabiliser nombre d'applications industrielles stratégiques dans les domaines de l'énergie et de l'automatisation, ABB se pose en parfait pilote de ces centres névralgiques de l'information, surtout avec Decathlon comme coéquipier.

Intégrable au système de gestion d'infrastructures de datacenters Decathlon d'ABB, la gestion avancée de la charge peut alléger la facture énergétique de 20 à 40 %.

**Shrikant Bhat**

**Naveen Bhutani**

ABB Corporate Research

Bangalore (Inde)

shrikant.bhat@in.abb.com

naveen.bhutani@in.abb.com

**Carsten Franke**

ABB Corporate Research

Baden-Dättwil (Suisse)

carsten.franke@ch.abb.com

**Lennart Merkert**

ABB Corporate Research

Ladenburg (Allemagne)

lennart.merkert@de.abb.com

### Bibliographie

- [1] Marcinichen, J. B., *et al.*, "A review of on-chip micro-evaporation: Experimental evaluation of liquid pumping and vapor compression driven cooling systems and control", *Applied Energy*, vol. 92, tome C, p. 147-161, 2012.
- [2] Marcinichen, J. B., *et al.*, "On-chip two-phase cooling of data centers: Cooling system and energy recovery evaluation", *Applied Thermal Engineering*, vol. 41, p. 36-51, 2012.
- [3] Subzero Engineering Inc., *Hot Aisle Containment*, [en ligne], disponible sur : <http://www.subzeroeng.com/containment/hot-aisle-containment>, consulté en août 2013.
- [4] Ihtesham, C., *et al.*, "On-chip cooling by superlattice-based thin-film thermoelectrics", *Nature Nanotechnology*, Vol. 4, n° 4, p. 235-238, 2009.
- [5] El-Dessouky, *et al.*, "A novel air conditioning system: Membrane air drying and evaporative cooling", *Trans. IChemE*, Vol. 78, partie A, p. 999-1009, 2000.
- [6] Zhou, R., *et al.*, "Optimization and control of cooling microgrids for data centers", *HP Technical Report*, 2012.
- [7] Nebel, W., *et al.*, "Untersuchung des Potentials von rechenzentrenübergreifendem Lastmanagement zur Reduzierung des Energieverbrauchs in der KIT", *Technical report*, OFFIS Institut für Informatik, 2009.



# Au-delà du miroir

Dans les coulisses de l'optimisation des *datacenters*

ZHENYUAN WANG, ALEXANDRE OUDALOV, FRANCISCO CANALES, ERNST SCHOLTZ – S'il n'est pas de débat sur la conception d'un centre de données sans parler d'optimisation, il est beaucoup plus difficile de concrétiser ce mot d'ordre, tant sont différentes les priorités du maître d'ouvrage, de l'architecte et des ingénieurs. Savoir gommer ces divergences mais aussi intégrer les grandes tendances industrielles d'aujourd'hui et de demain (dont la performance énergétique, l'alimentation en courant continu et l'autoproduction) sont les principaux moteurs de cette dynamique mondiale.



Un datacenter 100 % CC est l'idéal puisque le courant continu est déjà au fondement de la plupart des énergies renouvelables.

Les datacenters sont habituellement alimentés en courant alternatif (CA) mais les batteries qui garantissent leur continuité de service, tout comme leurs charges informatiques (serveurs) et équipements électroniques (processeurs), fonctionnent toujours en courant continu (CC). D'où la multiplication des conversions CA/CC et CC/CA. L'idéal serait une distribution 100 % CC, d'autant que le courant continu est déjà au fondement de la plupart des énergies renouvelables. C'est toute l'ambition de *EMerge Alliance*<sup>1</sup> et de son projet d'«*enernet*» (Internet de l'énergie) à base de microréseau CC; en réduisant le nombre de conversions CA/CC, un bâtiment peut gagner 5 à 15 % d'efficacité énergétique.

En lieu et place des traditionnels bâtiments branchés au réseau électrique, surgissent des édifices à bilan énergé-

#### Photo

La performance des serveurs n'est que l'un des nombreux facteurs décisifs dans la conception d'un datacenter.

tique nul ou «*zéro énergie*», voire autonomes, c'est-à-dire capables de produire leur propre électricité à partir de ressources locales comme la biomasse, le solaire photovoltaïque (PV) et l'éolien. Les datacenters s'inscrivent dans cette vision.

#### Facteurs d'influence

L'optimisation des datacenters n'est pas qu'une question d'efficacité énergétique. D'autres leviers d'action entrent en jeu.

#### Dépenses d'investissement (CapEx) et d'exploitation (OpEx)

De nombreux facteurs influent sur le coût final d'une architecture: atténuer les harmoniques de courant injecté dans le réseau CA, par exemple, peut obliger à investir dans des filtres antiharmoniques entre le réseau et le centre.

#### Fiabilité et disponibilité

Les datacenters CA traditionnels sont classés par niveau de fiabilité et de disponibilité, ou *tier* (cf. p. 11-15 de ce numéro d'*ABB Review*). Côté disponibilité, notons

que les interruptions de fourniture peuvent avoir de lourdes conséquences financières pour le maître d'ouvrage ou l'opérateur du centre, au-delà d'écorner sa réputation; côté fiabilité, le datacenter peut tirer profit d'une auto-cicatrisation du réseau de distribution, fonction qui tend à se généraliser. Dans les deux cas, l'amélioration engendre souvent un surcoût.

#### Protection et sécurité

La mise en œuvre de règles rigoureuses permet de protéger et de sécuriser le site.

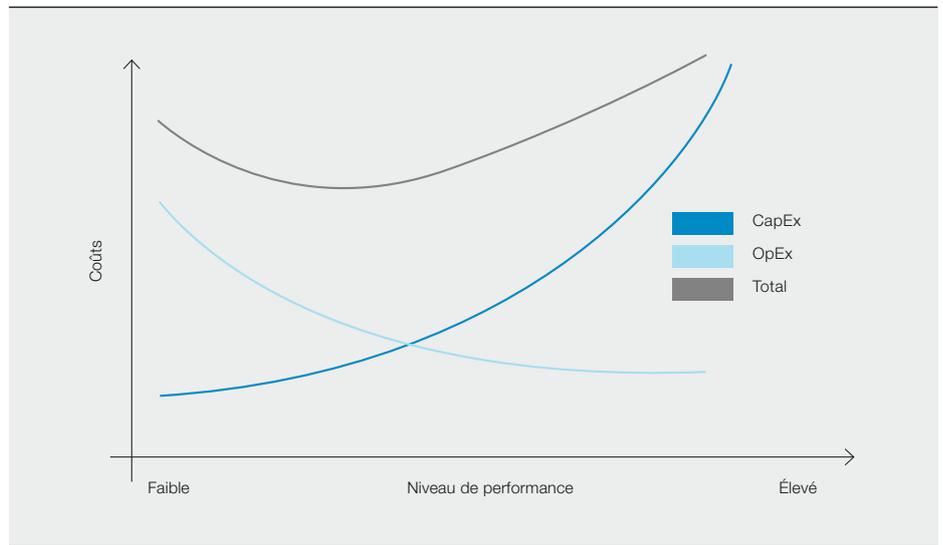
#### Évolutivité

Dans un marché en pleine croissance, certains hébergeurs envisagent d'étendre progressivement la puissance de calcul et la capacité d'alimentation des serveurs; dans ce dernier cas, se posent les questions du type et du nombre de

#### Note

<sup>1</sup> Organisation professionnelle mondiale visant à mettre en place des critères pour l'adoption rapide de standards [1] et normes industriels de distribution CC au sein des bâtiments tertiaires.

## 1 Recherche du moindre coût total de possession pour un seul objectif de performance (fiabilité, efficacité, environnement, etc.)



Les bâtiments à bilan énergétique nul produisent leur propre énergie à partir de la biomasse, du solaire photovoltaïque et de l'éolien.

groupes de secours, de la configuration des alimentations sans interruption (ASI) et batteries modulaires, entre autres.

### Encombrement

Réduire l'emprise au sol est un avantage quand le mètre carré est cher, mais cela a aussi l'inconvénient d'augmenter la densité de puissance des baies de serveurs, des ASI, etc., et de renchérir d'autant le système de refroidissement.

### Énergies renouvelables

Les énergies renouvelables (EnR), photovoltaïque et éolien en particulier, doivent être facilement intégrées. Le recours aux EnR améliore l'image du datacenter auprès du grand public et compense souvent les surcoûts d'investissement là où la ressource est abondante. Dans le monde entier, le datacenter « vert » est tendance !

### Bilan énergétique nul

D'ordinaire plus petits que la moyenne, les centres zéro énergie combinent souvent de faibles besoins et une production locale à partir d'EnR. Dans la plupart des cas, il leur faut une alimentation de secours et un contrat de fourniture fiables, ainsi que des dispositifs de stockage d'énergie.

### Refroidissement

Les baies de serveurs des datacenters modernes affichent des densités de puissance supérieures à 10 kW/rack, encore appelées à augmenter. Or, au-dessus de 20 kW/rack, le refroidissement par liquide s'impose, alourdissant l'investissement de départ.

### Implantation

Le choix de l'emplacement géographique du centre est un critère qui influence, entre autres, sur les coûts du mètre carré et de l'électricité, les dépenses d'investissement et d'exploitation du matériel de refroidissement.

Compte tenu de cette multitude de facteurs croisés, quels sont les critères de choix d'une architecture « optimale » ?

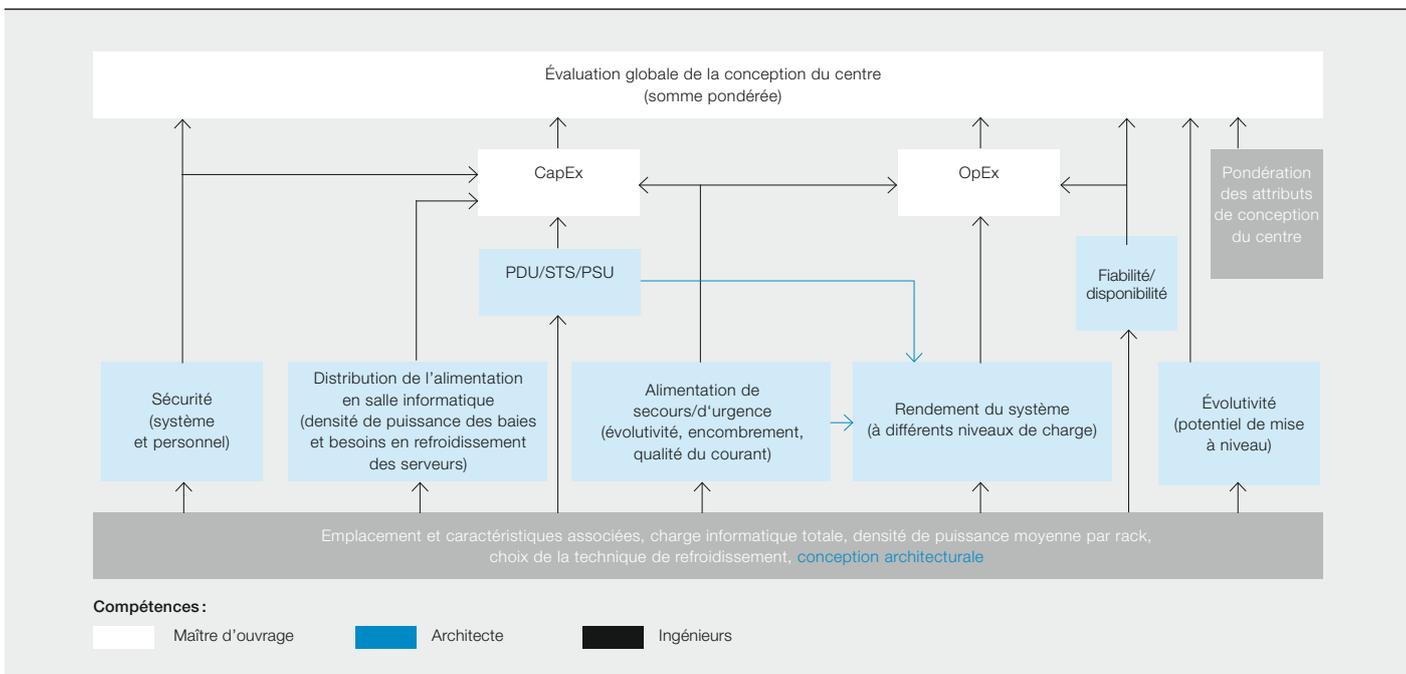
### Questionnaire à choix multiples

Interrogeons-nous sur la définition d'une conception « optimale » : est-ce celle qui affiche le plus bas coût total de possession → 1 pour atteindre la performance visée ? Ou qui a le moindre impact environnemental ? le plus faible encombrement au sol ? ou encore le rendement le plus élevé... ? Le qualificatif d'optimal a de grandes chances d'être synonyme de « plus vert » pour le développeur de grands projets, qui a la fibre environnementale et les reins solides, mais de « moins cher à l'achat » pour le petit développeur soucieux de vite rentabiliser sa mise de fonds, sans se ruiner d'entrée de jeu en EnR.

Il est toujours possible d'optimiser l'architecture d'un datacenter quand le développeur a en tête des objectifs clairs et précis. Certaines exigences, réelles et hypothétiques, méritent néanmoins discussion :

- Le nombre d'années de fonctionnement du centre avant « ré-urbanisation » ;
- Son emplacement, dont découlent le coût du foncier et de l'énergie, l'existence d'autres sources d'éner-

## 2 Optimisation de la conception architecturale d'un datacenter (les flèches indiquent les dépendances et les pavés bleu clair, les analyses techniques)



- le climat (coûts de refroidissement) et d'autres critères comme les contrats de fourniture de services complémentaires ou les accords avec des propriétaires d'immeubles pour chauffer leurs bâtiments (et compenser les dépenses);
- La densité de puissance moyenne par rack sur la durée de fonctionnement prévue du centre;
- Les objectifs de fiabilité et de disponibilité ou, a contrario, les pénalités admissibles à l'année pour interruption de service;
- Les contraintes du site (espace, distribution électrique, câblage);
- La planification à long terme du site et du datacenter.

Partant de la définition d'« optimal » et de ces prérequis, de multiples choix architecturaux peuvent être étudiés pour obtenir une conception idéale. Ce processus exige l'implication de toutes les parties prenantes, maître d'ouvrage, architecte et ingénieurs (informatique, réseau, électricité, froid, etc.) → 2.

### Le maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage du centre (ou bénéficiaire de l'architecture optimisée) joue un rôle clé dans le processus d'optimisation car il connaît bien les nombreux aspects liés à la conception du centre, notamment

- l'emplacement géographique et les informations connexes (cf. *supra*);

- la capacité prévue (en MW) sur le court terme et dans le futur, laquelle se répercute sur le surdimensionnement et la fiabilité du matériel d'alimentation;
- la densité moyenne de puissance par rack, qui influe sur la conception du système de refroidissement et le dimensionnement du système d'alimentation;
- les techniques de refroidissement privilégiées.

Il est avant tout le premier contributeur au processus d'optimisation car c'est lui qui pondère les différents attributs du centre pour son évaluation globale.

### L'architecte

Partant des données du maître d'ouvrage, l'architecte du datacenter propose plusieurs conceptions qui peuvent se baser sur une distribution CC, CA traditionnelle ou une combinaison des deux, complétée de multiples sources d'énergie de secours, de protections, etc. En principe, cette architecture détermine à grands traits le coût et la performance du datacenter, qui seront ensuite affinés et précisés par de rigoureux calculs et évaluations techniques.

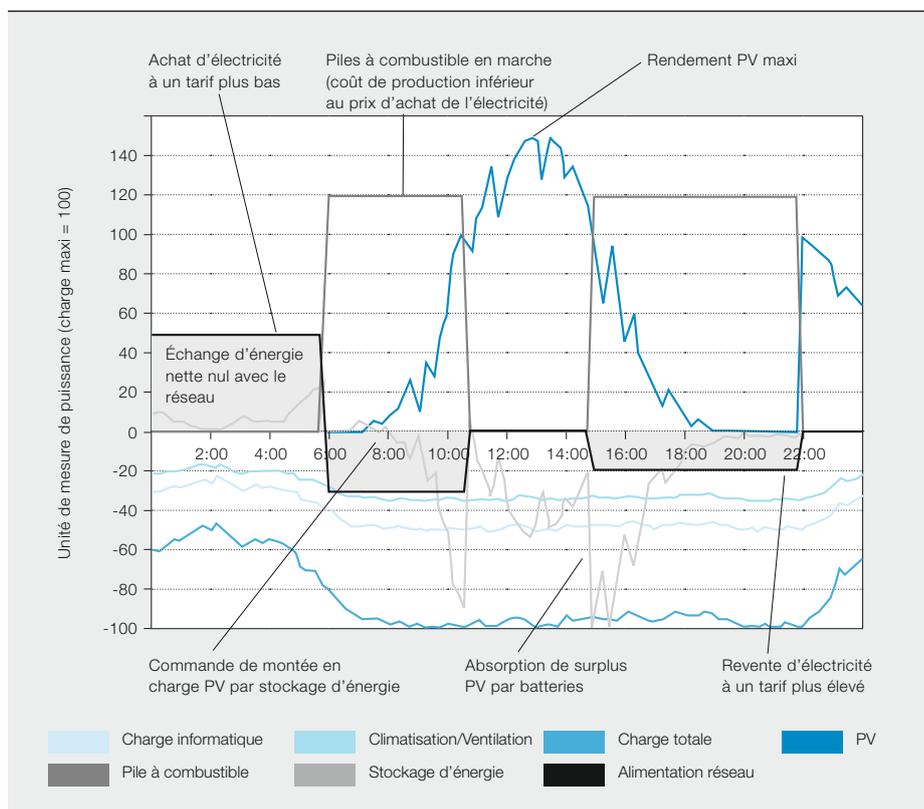
### L'ingénieur

Au cœur de la démarche, l'ingénieur prend le relais des exigences et des choix architecturaux clarifiés par le

Certains hébergeurs envisageant d'augmenter progressivement les capacités de calcul et d'alimentation des serveurs pour répondre à la demande, l'évolutivité est aujourd'hui primordiale.

Minimisation des coûts et maximisation de l'efficacité énergétique : deux objectifs prioritaires de la conception des datacenters, outre la fiabilité, incontournable.

### 3 Bâtiment « zéro énergie » : aucune consommation d'énergie nette du réseau électrique sur une période donnée



maître d'ouvrage. La fourniture électrique, par exemple, s'accompagne de nombreuses études portant sur

- l'unité de distribution de l'alimentation *PDU (Power Distribution Unit)*, l'inverseur de sources statique *STS (Static Transfer Switch)* et l'alimentation *PSU (Power Supply Unit)* : de l'architecture retenue et de la charge informatique totale découlent le type, les caractéristiques, la surface au sol,

- les groupes de secours : ASI à base de batteries, de supercondensateurs ou de volants d'inertie, groupes diesel ou autres types de production d'énergie offrant quelques heures à plusieurs jours d'autonomie. Si l'architecte peut avoir décidé du type d'équipements et de son niveau de redondance, l'ingénieur peaufine ici le détail des caractéristiques assignées, des auxiliaires de protection et de

## Bien des architectures de datacenters sont envisageables pour en déduire la meilleure configuration.

la densité de puissance, le rendement, la fiabilité, le coût et le nombre d'équipements ;

- la distribution de puissance entre serveurs : en fonction de la densité de puissance des racks et de la technique de refroidissement choisie, il s'agit de déterminer la taille, la longueur et la mise à la masse de sécurité de la ligne et des barres de distribution ;

compte dans l'aménagement des salles accueillant ces équipements (local convertisseur/batteries, par exemple) ;

- la sécurité, avec les équipements de protection adéquats et règles de mise à la terre : type, caractéristiques et nombre de protections, section/longueur des conducteurs de terre. La fonction de limitation des courants de défaut des convertisseurs est

commande, de la surface au sol, du rendement, de la fiabilité, du coût et du nombre d'ASI. Les différences de coût de réalisation entre plusieurs solutions sont prises en

- incluse dans le dimensionnement de la protection ;
- le rendement du système, à au moins trois niveaux de charge (20, 50 et 100 %), avec comme principales données d'entrée les courbes de rendement des PDU/STS/PSU et ASI. Les lignes de distribution des salles de serveurs, quand elles sont prises en compte, sont relativement courtes avec un rendement supposé de 100 % ;
- le bilan de performance globale du système, principal critère d'estimation des coûts d'exploitation, tout comme le coût de fonctionnement des alimentations de secours et les pertes financières en cas de panne ou de pénalité. Le budget d'investissement, pour sa part, est fonction des coûts des équipements d'alimentation et de distribution de l'infrastructure informatique et des protections. D'autres types de dépenses d'investissement comme d'exploitation, considérées identiques pour tous les choix architecturaux, ne sont pas comptabilisés dans le processus d'optimisation ;
- la fiabilité et la disponibilité, indispensables au respect des exigences métiers [2] ; à cet égard, la conception d'un datacenter CC peut s'apparenter à celle d'un équivalent CA de niveau (*tier*) supérieur, grâce aux économies réalisées sur les étapes de conversion ;
- l'évolutivité (modularité potentielle des équipements de puissance, avantages du remplacement des modules sous tension, intégration du centre).

### Tout compte fait

L'évaluation de l'ensemble est habituellement simple et rapide car elle peut se résumer au calcul des sommes pondérées. Rappelons qu'il appartient au maître d'ouvrage de donner différents poids aux attributs structurels du centre.

### Tendances

En règle générale, minimiser les coûts d'investissement et d'exploitation, et maximiser l'efficacité énergétique sont les deux principaux objectifs de conception du datacenter, au-delà de la fiabilité, incontournable. Cette optimisation doit également tenir compte des grands courants industriels :

- Intégration des énergies « propres » : les EnR ou énergies à faible teneur en carbone, avec le zéro énergie en ligne de mire, suscitent de plus en plus d'intérêt ;

- Modularité : les datacenters peuvent être rapidement construits et maintenus en état avec des modules standardisés débrochables (racks, alimentations, armoires de batteries, refroidisseurs et groupes de secours) ;
- Migration dans les nuages : le regroupement ou « colocation » permet de mutualiser les services informatiques de plusieurs entreprises (en particulier les fournisseurs d'accès au *cloud*) au sein d'un même datacenter et de faire ainsi des économies d'échelle ;
- Hausse de température : le déploiement des serveurs lames a fait exploser la densité de puissance des baies de serveurs, mais a aussi accentué les besoins et difficultés de refroidissement.

Le concept de bâtiment zéro énergie séduit également par plusieurs facteurs d'influence qui valent aussi pour les datacenters :

- Chute rapide des prix des technologies d'autoproduction électrique (panneaux PV en tête) ;
- Maîtrise des charges de chauffage, de ventilation, de climatisation et d'éclairage, et migration de l'informatique, en particulier dans les centres de calcul *cloud* ;
- Progrès de la construction éco-énergétique.

Par définition, est « zéro énergie » un bâtiment qui ne prélève aucune énergie nette du réseau électrique sur une période donnée → 3. Les datacenters se caractérisant par une très haute densité de consommation (100 fois celle d'un immeuble de bureaux moyen) et de relativement faibles variations journalières et saisonnières, plusieurs facteurs clés doivent être pris en considération dans ce type d'architecture :

- Disponibilité de la fourniture énergétique pour la production locale ;
- Type, mode de fonctionnement et taille de la production locale ;
- Équilibrage de la charge informatique ;
- Prévision à court terme de la charge informatique et de la production locale.

La distribution électrique peut se faire en CA ou CC, sachant qu'une architecture CC sera plus efficace et facilitera la démarche.

## Le maître d'ouvrage est le premier contributeur au processus d'optimisation car il pondère les différents attributs du centre pour son évaluation globale.

Pour les datacenters alimentés par piles à combustible et photovoltaïque, l'exploitation en microréseau, synonyme d'autonomie énergétique, est une réelle possibilité. Reste à optimiser cette conception tout en satisfaisant à son cortège d'exigences énoncées plus haut... Mais c'est là une autre histoire.

### Zhenyuan Wang

#### Ernst Scholtz

ABB Corporate Research  
Raleigh-Durham (Caroline du Nord, États-Unis)  
zhenyuan.wang@us.abb.com  
ernst.scholtz@us.abb.com

### Alexandre Oudalov

#### Francisco Canales

ABB Corporate Research  
Baden-Dättwil (Suisse)  
alexandre.oudalov@ch.abb.com  
francisco.canales@ch.abb.com

### Bibliographie

- [1] Patterson, B. T., "DC, Come Home", *IEEE Power & Energy Magazine*, novembre/décembre 2012.
- [2] Bodi, F., "DC-grade reliability for UPS in telecommunications data centers", *29<sup>th</sup> International Telecommunications Energy Conference*, Rome (Italie), p. 595–602, 2007.
- [3] Pless, S., Torcellini, P., "Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options", *National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, Technical Report*, TP-550-44586, [en ligne], disponible sur : [http://www.nrel.gov/sustainable\\_nrel/pdfs/44586.pdf](http://www.nrel.gov/sustainable_nrel/pdfs/44586.pdf), 2010.



# Prise en charge

En route pour  
l'électromobilité  
zéro émission

BRUCE WARNER, OLIVIER AUGÉ, ANDREAS MOGLESTUE – Si « faire le plein » de son véhicule électrique évoque pour vous le casse-tête des câbles de recharge et l'obligation de s'armer de patience, ABB et ses partenaires entendent bien changer la donne : voici un bus 100 % électrique de grande capacité et à haute efficacité énergétique, qui se recharge en 15 secondes, le temps d'un arrêt, par contact automatique avec un rail aérien de forte puissance installé sur l'abribus. Baptisé TOSA, il est aujourd'hui testé sur la ligne reliant l'aéroport de Genève au parc des expositions Palexpo. Ce bus a aussi ses vertus écologiques : silencieux et non polluant, il est alimenté par de petites batteries à longue durée de vie. Fini les câbles aériens et les pylônes disgracieux ! Le système est en outre fonctionnellement sûr, grâce à son rail de charge ultrarapide qui n'est sous tension que lorsqu'il est en contact, évitant les champs électromagnétiques de la charge par induction. Un premier succès qui ouvre à TOSA la voie de la production en série.



**P**artout sur la planète, l'urbanisation gagne : en 2008, plus de la moitié de la population mondiale était citadine, une première dans l'histoire de l'humanité ! Cette expansion confronte la ville à de nombreux défis, dont l'efficacité des transports. Le développement du transport collectif est la réponse des urbanistes du monde entier à la congestion et à la pollution.

Pour être multiples, les modes de transport collectif nécessitent toujours de transmettre l'énergie d'une source fixe à un véhicule en mouvement. Hormis quelques exceptions, ce transfert revêt

deux grandes formes : l'énergie est soit embarquée (cas des bus alimentés au gazole, par exemple), soit transmise par un système de contact électrique permanent entre le véhicule et la source d'énergie (caténaire du tramway, 3<sup>e</sup> rail du métro, etc.). Cette dernière solution est l'apanage des grands axes de transport pour lesquels les lourds investissements en infrastructures sont plus faciles à justifier ; la première est celle des budgets plus modestes, surtout au lancement du projet, dont le tracé peut évoluer avec plus de souplesse.

Tel fut le *statu quo*, des décennies durant. Mais pour combien de temps encore ? L'envolée du prix des carburants et la lutte croissante contre la pol-

lution atmosphérique et sonore poussent les constructeurs et les exploitants de réseaux à envisager d'autres pistes que le diesel pour alimenter les bus. Citons notamment, à divers degrés de mise en

## La récupération de l'énergie de freinage réduit le gaspillage.

œuvre, les carburants alternatifs, comme le gaz naturel véhicule (GNV), ou d'autres chaînes de traction : hybride, électrique pure (batteries) et trolleybus → 1.

Au carrefour de ces trois dernières solutions figurent des moteurs électriques qui récupèrent l'énergie de freinage, réduisant d'autant le gaspillage. Mais « récupérer » n'est pas *stricto sensu* « réutiliser » : les véhicules hybrides et

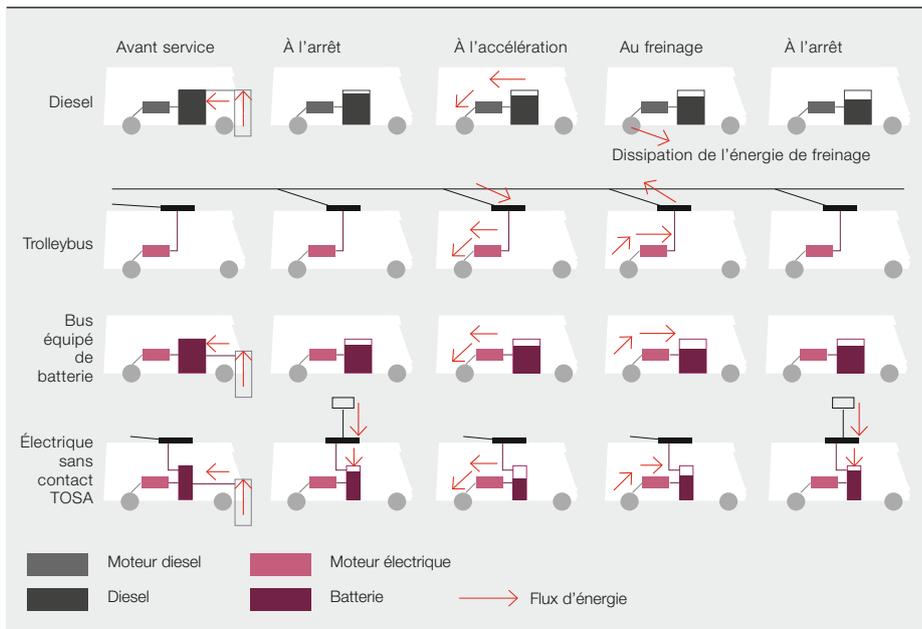
### Photo

Le démonstrateur de bus électrique TOSA, à Genève (Suisse)

## 1 Signes des temps

- L'Agence internationale de l'Énergie prédit le maintien du cours du baril au-dessus de 100 dollars dans les prochaines années.
- Une étude McKinsey pronostique une baisse d'environ 75 % du prix des batteries automobiles lithium-ion à l'horizon 2025.
- Partout dans le monde, les taxes carbone se multiplient.
- La pression réglementaire sur les émissions polluantes du transport routier (comme la norme Euro 6, en vigueur en septembre 2014) est aujourd'hui mondiale.
- Les progrès de l'électronique de puissance (augmentation des fréquences de commutation, diminution des pertes et de l'encombrement des convertisseurs) renforcent la viabilité du tout-électrique.

## 2 Comparaison des chaînes de traction



## 3 Propre et sans fil

L'idée de transmettre l'énergie à des véhicules autrement que par des caténaires n'est pas nouvelle. À l'orée du XX<sup>e</sup> siècle, plusieurs trams étaient déjà alimentés par un câble conducteur dans un rail « à gorge » ancré dans la chaussée.

Or ce dernier avait le défaut de s'encrasser, quand ce n'est pas d'exposer les autres usagers de la voirie au risque d'électrocution ! Des constructeurs ont donc retravaillé le concept ces dernières années en lui substituant une technique plus élaborée et plus sûre de transmission par contact ou induction, qui peut être couplée à des batteries, évitant ainsi d'encasturer cet onéreux équipement tout au

long de la desserte. L'induction peut aussi servir à la recharge d'autres véhicules, dont les bus. Reste l'obstacle des pertes d'énergie en cours de charge et du coût élevé de l'enfouissement de l'infrastructure de recharge.

Le système de recharge ultrarapide « flash » d'ABB est intrinsèquement sûr : les points de charge ne sont sous tension que lorsque le bus est effectivement raccordé → 5 et la connexion électrique directe évite les inconvénients des champs électromagnétiques. L'installation est également facilitée en l'absence d'équipements lourds enfouis dans la chaussée.

électriques doivent s'encombrer de lourdes batteries pour combler l'écart entre l'offre et la demande d'énergie, alors que les trolleybus ont l'avantage de s'alimenter directement au réseau électrique général → 2.

Les bus équipés de batteries ont leurs limites. Malgré des progrès considérables, la densité énergétique des accumulateurs reste en effet très faible : à masse équivalente, ils embarquent au mieux 50 fois moins d'énergie que le diesel<sup>1</sup>. Leur surpoids et leur encombrement pénalisent aussi leur consommation

énergétique et leur capacité de transport. Certes, on peut compenser en réduisant le nombre de batteries, quitte à les recharger plus souvent, mais ces arrêts supplémentaires à la station de recharge sont une perte de temps et de productivité.

Le trolleybus contourne ces obstacles. Allégé des contraintes du stockage d'énergie, il accélère mieux et consomme moins. Reste la question des lignes aériennes → 3 ; coûteuses à aménager comme à entretenir, leur impact sur le paysage urbain n'est pas toujours du goût des riverains !

Comment faire rouler le bus électrique sans l'alourdir de gros organes de stockage ou l'arrêter fréquemment pour « recharger ses accus » ?

### Note

- 1 46 MJ/kg pour le diesel, moins de 1 MJ/kg pour les batteries rechargeables



- T** = Transports publics genevois (TPG)  
**O** = Office de la Promotion industrielle genevoise (OPI), coordonnateur du projet  
**S** = Fournisseur d'électricité SIG (Services industriels de Genève)  
**A** = ABB Sécheron

**Autres acteurs suisses :**

- Parc des expositions Palexo et aéroport de Genève
- Université de Sciences appliquées Hepia, architecte des abribus
- HESS, constructeur de l'autobus articulé
- Canton de Genève, Office fédéral de l'Énergie, Office fédéral des Routes
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et Haute École Arc (HeArc)

Chères à installer et à entretenir, les lignes aériennes des trolleybus rencontrent de nombreux détracteurs.

5 Mécanisme de charge électrique ultrarapide sur le toit du bus TOSA



**Priorité aux passagers**

Différence de taille entre le bus et l'automobile : l'un suit un itinéraire fixe quand l'autre roule à sa guise. Partant, la question du rayon d'action, primordiale dans le cas de la voiture électrique, se résume avantageusement pour le bus à la « distance jusqu'à la prochaine station de recharge ». D'où l'idée d'implanter les points de charge aux arrêts ; libéré des batteries, le véhicule gagne en légèreté, en agilité, en efficacité énergétique et en capacité d'accueil. De plus, si le temps de charge se limite à la durée d'un arrêt en station, l'opération n'a pas de conséquences sur les horaires de bus. De ce cahier des charges est né le projet d'autobus électrique urbain TOSA → 4.

**Recharge ultrarapide**

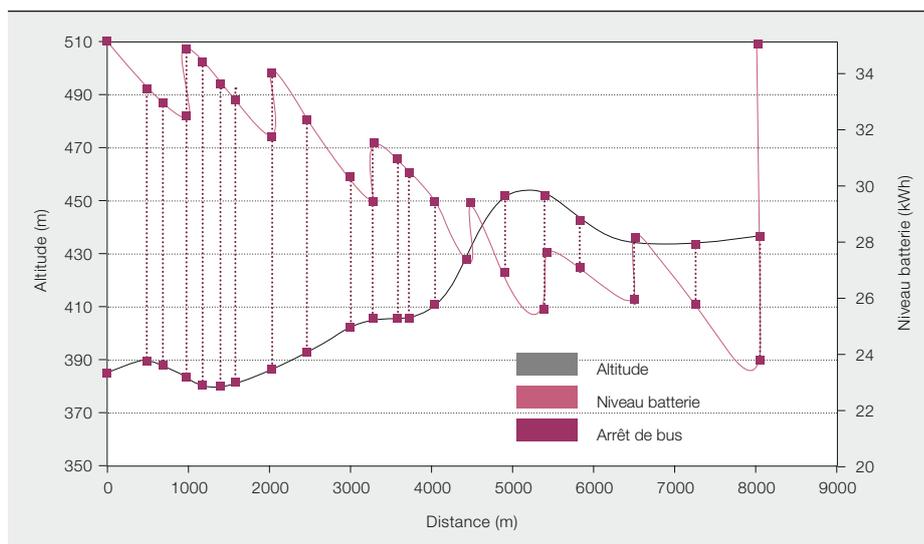
La charge de 400 kW en 15 s des batteries embarquées peut appeler beaucoup de courant sur le réseau électrique. Pour lisser cette demande tout en ponction-

nant jusqu'à dix fois moins de courant, la station « flash » charge en quelques minutes des supercondensateurs accolés à l'abribus. La connexion électrique peut alors se faire avec une alimentation de faible puissance, moins chère et plus vite disponible. Cette recharge est en outre programmée de façon à laisser les supercondensateurs déchargés plus longtemps quand le bus circule moins souvent. Les hautes tensions étant responsables de leur dégradation dans le temps, c'est là une ingénieuse façon de doubler leur durée de vie.

Avec une recharge limitée à 15–25 s (le temps de montée/descente du bus), la connexion électrique doit s'établir le plus vite possible, concrètement en moins d'une seconde. À l'approche d'un arrêt, le conducteur du bus veille en priorité à la sécurité des passagers et des piétons tout en gardant l'œil sur la circulation. Pour le soulager et lui faciliter la

Le bus électrique TOSA roulera jusqu'en avril 2014 sur un court tronçon de démonstration à Genève.

## 6 De courtes et fréquentes recharges aident à maintenir la batterie à niveau.



tâche, la connexion est automatique, dès serrage des freins : sur le toit du bus, un bras rétractable piloté par laser fait contact avec le rail d'alimentation de la station de recharge → 5.

La hauteur du rail intégré à l'abribus et sa mise sous tension, uniquement à l'arrêt du bus, en font une solution intrinsèquement sûre.

### Le temps, c'est de l'argent

Les coûts d'exploitation d'une ligne de bus sont surtout fonction du salaire du conducteur, de la fréquence du service et de la taille de la flotte. La transition diesel-électrique ne doit donc pas, à service égal, faire baisser la vitesse commerciale

de recharge ne doit ni retarder le bus, ni l'empêcher de rattraper son retard.

La station de recharge au terminus se compose d'un pont redresseur à diodes dodécaphasé (12 pulses) qui effectue la conversion CA-CC, comme en traction électrique (trains, trams ou trolleybus), à 500 V : une solution simple, économique et extrêmement fiable.

L'électronique de la station flash est à la fois plus compliquée et plus souple ; un pont de thyristors charge les supercondensateurs et régule la quantité d'énergie emmagasinée. Lors de la connexion bus-station, la commande ferme un contact en sortie des supercondensateurs pour les décharger.

## Le bus profite d'un arrêt pour ponctionner 400 kW du réseau électrique et « recharger ses accus » en 15 s.

moyenne ni accroître la flotte. D'où la création de deux types de station de charge sur le parcours du bus : le premier délivre en 15 s une puissante dose d'énergie (400 kW) qui ne permet pas pour autant la recharge totale des batteries → 6 ; le second fournit 200 kW, en 3 à 5 min, aux terminus de la ligne ou lors d'arrêts prolongés (pause du conducteur, par exemple). Dans les deux cas, le temps

Quand le bus roule, les batteries se rechargent également à chaque freinage. Au lieu d'un système par frottement qui transforme toute l'énergie cinétique en chaleur,

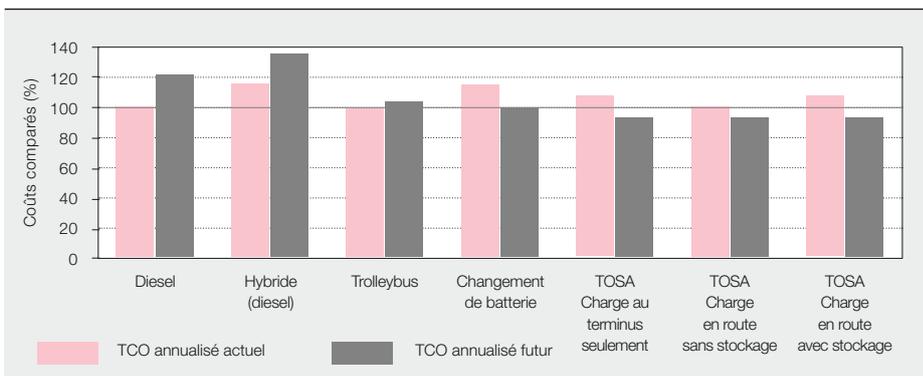
les moteurs du bus peuvent basculer en mode générateur et restituer une bonne partie de cette énergie aux batteries → 2.

La recharge des batteries sur un itinéraire type est reproduite en → 6 : partielle pour assurer les « sauts de puce » d'un arrêt à l'autre, plus importante au terminus.

## 7 Cahier des charges de la ligne test de Genève

- 11 bus articulés (18 m)
- 2 essieux motorisés (sur 3)
- Batteries équivalentes à 2 voitures électriques (38 kWh)
- Capacité d'accueil de 134 voyageurs
- Recharge au réseau électrique basse tension 400 VCA

## 8 La recharge flash affiche d'ores et déjà un réel avantage concurrentiel, appelé à se renforcer dans l'avenir.



Coût total de possession (TCO), hors frais communs à tous les modes de transport (personnel, p. ex.)

À cela s'ajoute un troisième type de recharge, plus longue, pour le retour au dépôt. Là, pas besoin de recharge ultra-rapide puisque le temps est moins compté; le bus est branché par câble à une alimentation dédiée. Quatre bus peuvent ainsi se raccorder à une station

## Le bus TOSA, prêt pour l'intégration des énergies renouvelables.

de dépôt, qui les charge les uns après les autres. La configuration électrique est la même qu'au terminus (pont redresseur à diodes 12 pulses), à une exception près: sa puissance d'alimentation de 50 kW, au lieu de 200 kW au terminus.

### Énergies renouvelables

Le bus TOSA est naturellement adapté aux énergies renouvelables. En effet, à la différence des véhicules électriques classiques, contraints d'attendre le retour au domicile pour une recharge nocturne, le bus se recharge le jour; il peut donc directement exploiter l'énergie solaire! La capacité des stations de recharge flash à stocker l'énergie sur de courtes périodes et à lisser les pics de charge protège le système de l'intermittence de cette production renouvelable.

### Ligne pilote

Le prototype de bus TOSA circulera jusqu'en avril 2014 sur un tronçon de 1,8 km reliant l'aéroport de Genève et le parc des expositions Palexpo, avant d'assurer un service régulier, toujours à

Genève → 7. Pour l'instant, c'est un parcours sans faute !

### La solution tient la route

Le système de recharge flash d'ABB affiche d'ores et déjà une compétitivité qui ne peut que se renforcer à l'avenir; en témoigne la comparaison avec d'autres modes → 8, basée sur la triple hypothèse d'une inflation du prix des carburants et de la réglementation sur le CO<sub>2</sub>, et d'une baisse du coût des batteries.

Le diesel perdant de son intérêt, tant sur le plan économique qu'environnemental, et les opérateurs de transport cherchant un mode de déplacement urbain innovant et libéré des câbles aériens, la recharge flash est bien placée pour détrôner les trolleybus et les véhicules diesel, et amorcer le virage de l'électromobilité.

**Bruce Warner**

**Olivier Augé**

ABB Sécheron S.A.

Genève (Suisse)

bruce.warner@ch.abb.com

olivier.auge@ch.abb.com

**Andreas Moglestue**

ABB Review

Zurich (Suisse)

andreas.moglestue@ch.abb.com

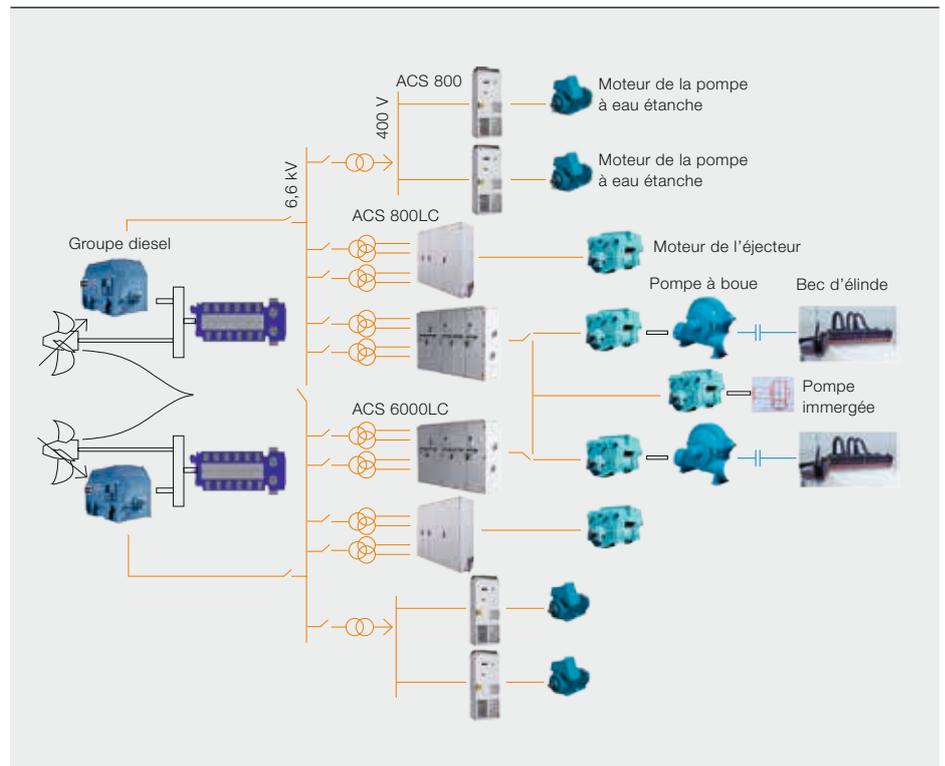


# Cap sur la performance

Une solution ABB pour fiabiliser et intégrer les systèmes de dragage

DAVID-BINGHUI LI, EVAN-FEI E, VISTA-HAO FENG, WEIWEI LONG – L'automate programmable industriel (API) est l'épine dorsale de l'automatisation des procédés électromécaniques. Capable de multiplier les configurations d'entrées/sorties (E/S) et de résister aux ambiances difficiles (variations de températures, interférences électromagnétiques, vibrations et chocs), il est bien adapté à la commande automatisée d'une ligne de production, d'un procédé ou d'une machine dont il améliore considérablement les performances. ABB vient d'élargir le domaine applicatif de son propre API modulaire en développant des fonctions avancées de contrôle-commande, de protection et de supervision des dragues aspiratrices en marche. L'originalité du système DreDCU (*Dredger Drive Control Unit*) réside dans la commande simultanée de plusieurs entraînements. Le Groupe a installé avec succès son système à bord de trois navires de dragage.

## 1 Configuration type d'une drague aspiratrice



Une drague aspiratrice en marche est un navire équipé de plusieurs gros moteurs, différents types de pompes et un ou deux longs tubes appelés élinde et munies, à leur extrémité, d'un bec pour aspirer les sédiments du fond des mers ou des rivières. Le sable est en général stocké à bord tandis que l'eau est rejetée. Le déchargement du matériau dragué se fait soit par clapage (ouverture de clapets en fond de puits), soit par pompage lorsqu'il s'agit de mettre en valeur des sols ou de réensabler des plages.

Ce type de bâtiment, apte à assurer de nombreux travaux et à transporter des matériaux sur de longues distances, est souvent considéré par la profession comme la « bête de somme » du dragage.

L'alimentation électrique des convertisseurs de fréquence principaux pilotant les moteurs des différentes pompes (pompes à boue, éjecteurs, pompes immergées et pompes à eau étanches) est fournie par des générateurs à

moteurs diesel → 1. Chaque entraînement se compose d'un transformateur, d'un convertisseur et d'un moteur.

### Évolution des besoins

Il y a à peine 5 ans, seuls quelques équipements de dragage (éjecteurs, par exemple) étaient pilotés par un convertisseur de fréquence avec des fonctions de commande et de protection simples, aisément gérées par le logiciel du convertisseur lui-même. L'automatisation se cantonnait donc au niveau produit, les autres gros appareils restant directement entraînés par des moteurs diesel commandés séparément.

Entre-temps, les économies de carburant potentielles de la commande en fréquence variable d'un plus grand nombre d'équipements sont devenues manifestes. L'ajout de fonctions comme

les choses... sauf à équiper le navire d'un système DreDCU avancé de protection et de coordination des entraînements au niveau système.

### Travaux de développement

ABB disposait déjà d'un automate haut de gamme pour les systèmes propulsifs en configuration mono-entraînement. Or la complexité des configurations multi-entraînements (*multidrive*) des applications de dragage imposait de développer une nouvelle solution. Les ingénieurs sont donc partis d'un des automates ABB existants pour développer le système DreDCU.

Les sites industriels les plus modernes mettent en œuvre les automates, interfaces de communication et modules d'E/S de la plate-forme d'automatisation étendue 800xA d'ABB. Son produit

phare, l'AC 800M, est un API modulaire caractérisé par des fonctions de communication, une redondance totale et la gestion d'un large éventail d'E/S.

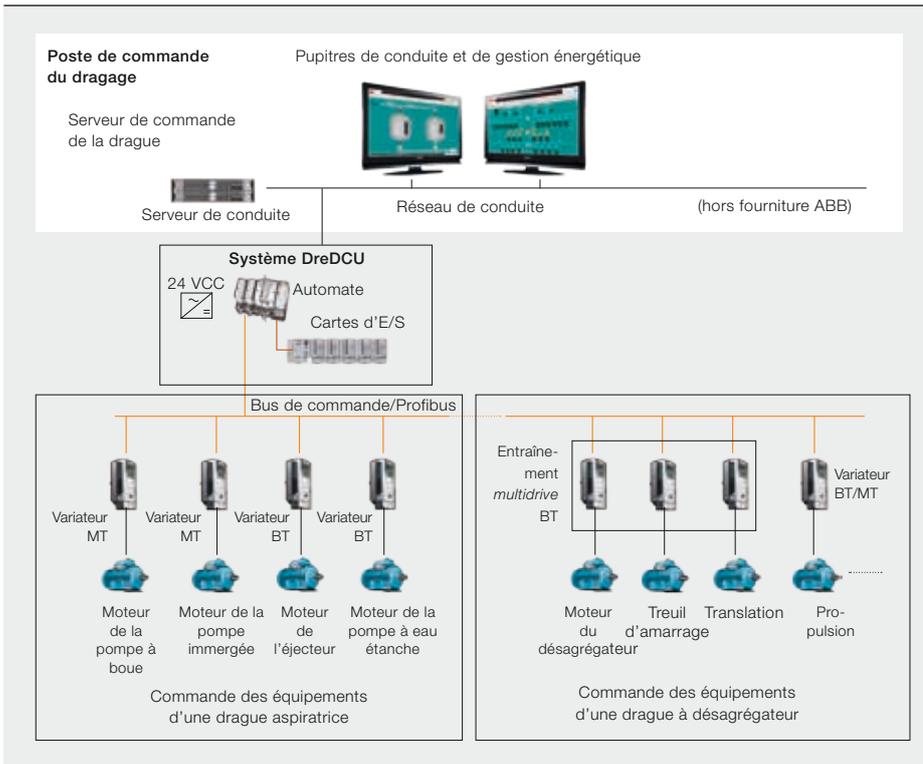
## Le système DreDCU simplifie la coordination des différents entraînements du navire.

la permutation entre une pompe à boue et une pompe immergée ou la supervision du mode maître/esclave entre deux pompes, complique toutefois fortement

Il prend en charge plusieurs réseaux, bus de terrain, protocoles série et E/S pour l'exécution transparente de stratégies de contrôle-commande évoluées

#### Photo p. 70

Le système DreDCU d'ABB dope l'efficacité énergétique des dragues aspiratrices en marche.



Le programme d'application, standardisé et évolutif, est basé en partie sur la bibliothèque logicielle de l'AC 800M.

de même que des applications de sécurité fonctionnelle, de distribution électrique, de contrôle qualité et de gestion énergétique. Il permet d'automatiser des applications de toutes tailles.

Le système DreDCU comprend un automate AC 800M avec son logiciel d'application, les modules de communication et modems, les modules d'E/S et les alimentations → 2. Un affichage (option) fournit une liste d'alarmes et des informations détaillées sur chaque alarme déclenchée.

L'ajout de fonctions de commande du dragage complique beaucoup les opérations... sauf à équiper le navire d'un système DreDCU!

L'ensemble est logé dans une armoire placée dans le local des convertisseurs de fréquence du navire ou directement dans l'armoire des convertisseurs.

Conçu pour un type de navire spécifique avec des fonctions et des modes opératoires propres aux variateurs ABB,

- Commande de 11 entraînements maxi
- Interfaçage avec la téléconduite et le système d'automatisation intégré sur Profibus et Modbus
- Affichage (option)
- Interfaçage avec le télédiagnostic (option)
- Interfaçage avec la téléassistance (option)
- Conformité aux exigences des principales agences de classification

le système DreDCU est un sous-ensemble de l'installation électrique complète → 3. Son programme d'application, standardisé et évolutif, est basé en partie sur la bibliothèque logicielle de l'AC 800M pour configurations multi-entraînement; les fonctions pour l'appareil propulsif ont été remplacées par des fonctions spécifiques aux applications de dragage. Il a fallu ainsi développer une fonction de permutation entre la pompe à boue et la pompe immergée, ajouter des interfaces spéciales pour la pompe à boue et modifier la procédure de démarrage/arrêt du dragage. Enfin, un logiciel dédié a été développé pour les pompes à boue afin de visualiser les données de tous les entraînements.

L'adaptation du programme de commande du système DreDCU aux travaux spécifiques de dragage se fait par paramétrage. Il comporte des fonctions standards de commande des différents équipements: démarrage/arrêt séquen-

tiel, arrêt d'urgence et accélération sur rampe. En option, divers modes opératoires sont disponibles comme la commande maître/esclave, le fonctionnement en régime de surcharge et la permutation. Le logiciel surveille et

protège toute la chaîne d'entraînement des équipements de dragage, envoie des alarmes à un système d'automatisation intégré et met en œuvre des commandes auxiliaires pour les principaux équipements. En 2012, ABB a installé son système DreDCU à bord de trois navires → 4.



#### TongTu

Chantier naval: Guangzhou WenChong  
Armateur: CCCC Tianjin Dredging Co, Ltd  
Architecte: 708 Designed Institute, classification CCS,  
livraison 2011

#### Fourniture ABB:

- 2 groupes diesel de 10 000 kVA
- 1 tableau principal
- 4 transformateurs d'éjecteur de 1150 kVA
- 4 transformateurs de pompe à boue de 3450 kVA
- 2 transformateurs de distribution de 2000 kVA
- 2 ASI CC 110 V/30 A
- 2 convertisseurs ACS 6000 pour la pompe à boue
- 2 convertisseurs ACS 800LC pour l'éjecteur
- 2 convertisseurs ACS 800 pour la pompe à eau étanche
- 2 pompes à boue de 6000 kW
- 2 éjecteurs de 2000 kW
- 1 armoire DCU



#### No9 XinHaihu

Chantier naval: Guangzhou WenChong  
Armateur: CCCC SDC Waterway Construction Co, Ltd  
Architecte: 708 Designed Institute, classification CCS,  
livraison 2012

#### Fourniture ABB:

- 2 groupes diesel de 7200 kVA/1500 tr/min/6,6 kV
- 2 résistances de mise à la terre
- 1 tableau MT de 6,6 kV/50 Hz
- 2 transformateurs de pompe à boue de 1725 V/5200 kVA
- 2 transformateurs d'éjecteur de 710 V/1650 kVA
- 2 transformateurs de distribution de 400 V/1600 kVA
- 2 convertisseurs ACS 1000 de 3,3 kV
- 2 convertisseurs ACS 800 de 690 V
- 2 moteurs pour pompe à boue de 4500 kW/1500 tr/min
- 2 moteurs pour éjecteur de 1000 kW/1500 tr/min
- 2 démarreurs progressifs
- 2 ASI CC



#### No8 XinHaihu

Chantier naval: Zhenhua Changxin  
Armateur: CCCC Shanghai Dredging Co, Ltd  
Architecte: 708 Designed Institute, classification CCS,  
livraison 2012

#### Fourniture ABB:

- 2 groupes diesel de 7200 kVA/1500 tr/min/ 6,6 kV
- 2 résistances de mise à la terre
- 1 tableau MT de 6,6 kV/50 Hz
- 2 transformateurs de pompe à boue de 1725 V/5200 kVA
- 2 transformateurs d'éjecteur de 710 V/1650 kVA
- 2 transformateurs de distribution de 400 V/1600 kVA
- 2 convertisseurs ACS 1000 de 3,3 kV
- 2 convertisseurs ACS 800 de 690 V
- 2 moteurs pour pompe à boue de 4500 kW/1500 tr/min
- 2 moteurs pour éjecteur de 1000 kW/1500 tr/min
- 2 démarreurs progressifs
- 2 ASI CC

La solution DreDCU améliore la fiabilité et l'efficacité du dragage en surveillant à la fois l'état fonctionnel des équipements et l'environnement d'exploitation.

#### À suivre...

La solution DreDCU offre de multiples avantages. Elle améliore la fiabilité et l'efficacité des opérations de dragage en surveillant à la fois l'état fonctionnel des équipements et l'environnement d'exploitation, réduisant les risques de défaillance en cas de perte d'énergie. La standardisation de la plate-forme simplifie l'interfaçage avec d'autres produits ABB alors que la compacité des armoires garantit une grande souplesse

d'aménagement. Les efforts de développement se poursuivent afin d'adapter la solution à un deuxième type de navire, à savoir une drague à désagrégateur. Au final, l'objectif est d'installer le système DreDCU à bord d'une large palette de bâtiments spéciaux, y compris les navires de service, de transport lourd et d'assistance ainsi que les grues flottantes.

David-Binghui Li

Evan-Fei E

Vista-Hao Feng

Weiwei Long

ABB Marine and Crane  
Shanghai (Chine)

david-binghui.li@cn.abb.com

evan-fei.e@cn.abb.com

vista-hao.feng@cn.abb.com

weiwei.long@cn.abb.com



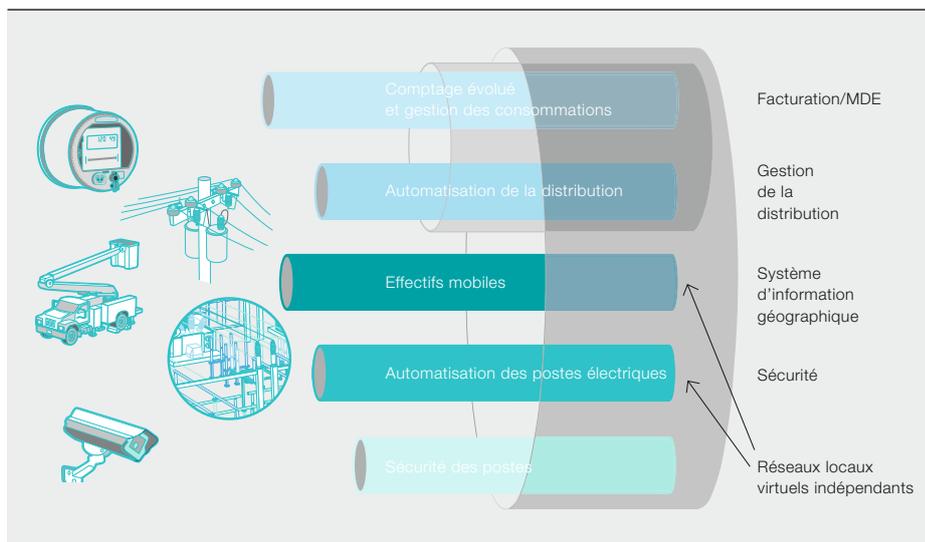
# Radio libre

Le sans-fil industriel adopte la maille Wi-Fi

PETER BILL, MATHIAS KRANICH, NARASIMHA CHARI – Les transmissions de données et, a fortiori, celles qui empruntent la « voie des airs » sont un véritable accélérateur pour nombre d'applications industrielles. Fort de ce constat, ABB a fait le saut du sans-fil 802.11 (souvent le

moyen de communication radio le plus efficace et le plus économique) en acquérant un spécialiste de la Silicon Valley, Tropo. L'architecture maillée Tropo s'appuie sur de très solides fondations technologiques, déjà à l'œuvre dans de grands projets industriels.

## 1 Tropos permet la separation logique de multiples applications au sein d'une infrastructure commune.



L'activité réseaux de communication ABB propose une infrastructure sans fil large bande sur IP, très facile à déployer sur une ou plusieurs applications en extérieur. Haut débit, robustesse de la communication, sécurité, évolutivité, souplesse de déploiement et de déport... la solution maillée Tropos, leader du marché, présente de nombreux avantages sur les technologies concurrentes [1]: un routage dynamique et adaptatif qui se joue des obstacles, une gestion des radiofréquences, une sécurité multiniveau, un routeur extérieur optimisé, des standards ouverts et un logiciel de commande et d'analyse pointu.

### Routage dynamique

En associant des algorithmes brevetés de gestion des radiofréquences à des technologies radio standardisées sans

#### Photo ci-contre

De nombreuses applications industrielles ont besoin de réseaux sans fil large bande à la fois robustes, sûrs et évolutifs. Comment la technologie maillée 802.11 Tropos d'ABB répond-elle à ces exigences ?

licence, la solution Tropos offre une infrastructure réseau extrêmement fiable, évolutive et tolérante aux pannes, capable de contourner rapidement et sans difficultés les interférences et les engorgements en période de fort trafic.

Contrairement aux architectures pilotées par un nœud central, le réseau maillé Tropos, décentralisé par excellence, peut facilement se reconstituer après la perte d'un équipement. Chaque routeur scrute en permanence son environnement à la recherche des meilleures voies

du lien radio pour en déduire l'itinéraire offrant tout du long le meilleur débit.

### Coup double

Le standard IEEE 802.11 et ses déclinaisons utilisent deux bandes de fréquences (2,4 et 5 GHz) pour lesquelles Tropos est le seul à proposer un routeur double radio bimode (connexions maillées et accès poste client), renforçant nettement la fiabilité et la performance des réseaux multibandes. Ce routeur accroît la capacité de la maille radio en exploitant autant que possible les 5 GHz (4,9/5,8 GHz), qui échappent habituellement aux autres appareils communicants et sont donc bien moins encombrés que le 2,4 GHz. Dans les périmètres où l'emploi des 5 GHz est restreint, faute de propagation en ligne directe, le routeur se replie automatiquement sur le 2,4 GHz et ses transmissions fiables à longue portée.

### Mobilité débridée

Les réseaux maillés à infrastructure fixe Tropos peuvent rapidement croître avec des routeurs mobiles de la même gamme et assurer, entre autres, des services d'urgence. Chaque nœud mobile ajouté étend la connectivité radio aux postes clients situés dans son domaine de portée, créant pratiquement partout une zone de réponse tactique.

### Gestion des ressources radio

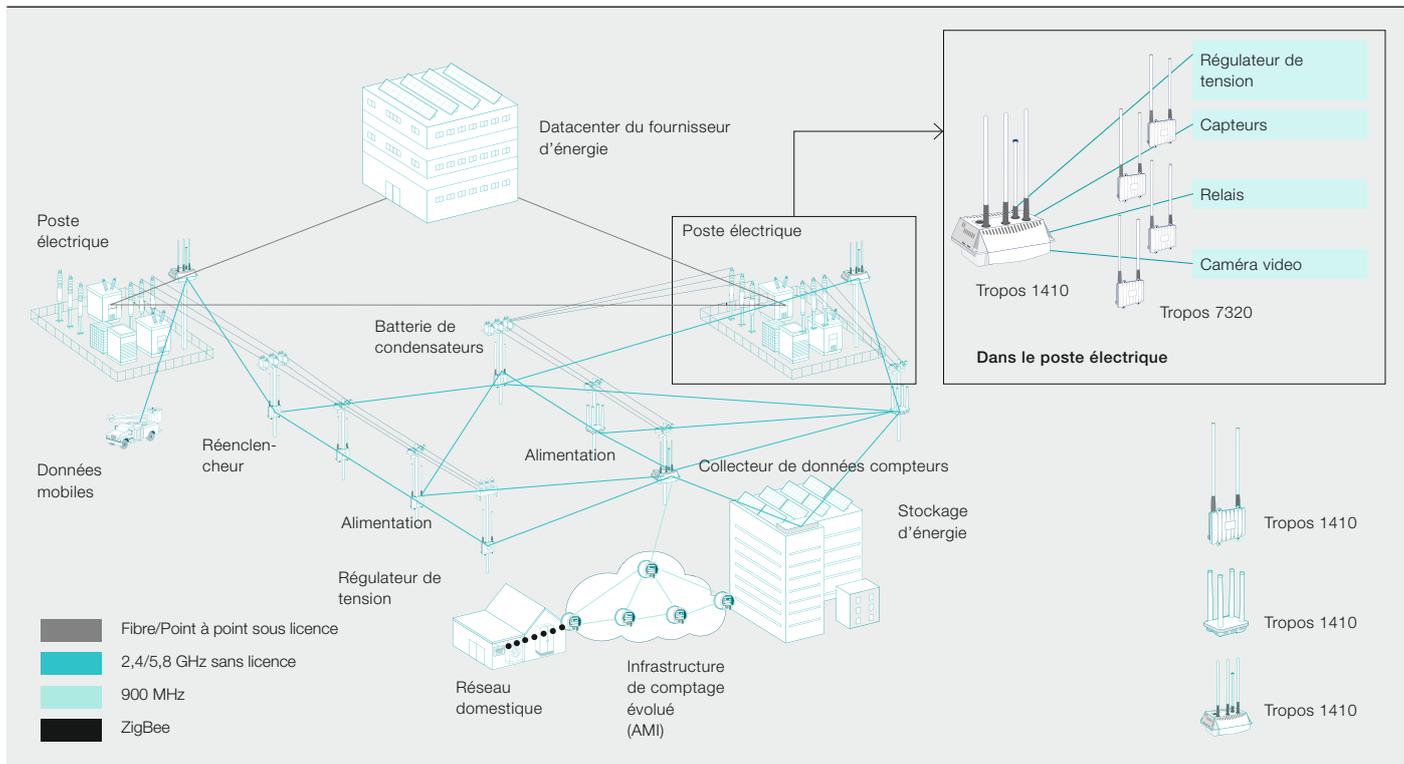
Le protocole PWRP utilise des algorithmes brevetés pour optimiser en permanence et en dynamique le spectre hertzien :

– *PowerCurve™*: cet algorithme distribué augmente ou baisse dynamiquement

## L'activité réseaux de communication ABB propose une infrastructure sans fil large bande sur IP, facile à déployer et multi-application.

d'acheminement: si une passerelle de communication ou un routeur pose problème, la maille s'auto-adapte pour assurer la continuité de couverture. Dès que le routeur est rétabli, le réseau retrouve sa configuration optimale.

L'architecture Tropos s'appuie sur le protocole de routage radio prédictif PWRP (*Predictive Wireless Routing Protocol™*) dont les algorithmes brevetés maximisent la performance et la robustesse des réseaux sans fil maillés. Ce protocole dynamique permet aux routeurs de mesurer de bout en bout la qualité



## La topologie maillée Tropos est capable de contourner rapidement les zones d'interférences et de congestion.

- des transmissions robustes, de la couche physique (matériel durci et infalsifiable, par exemple) à la couche application (transferts sécurisés HTTPS, etc.);
  - une démarche sécurité granulaire, dictée par l'opérateur, pour assurer le découplage logique des multiples applications partageant une infrastructure commune → 1 ;
  - un logiciel qui s'adapte à l'évolution des menaces et englobe les plus récentes exigences et règles de sécurité.
- quement la puissance d'émission, et adapte continuellement le débit pour maintenir la fiabilité de chaque canal radio et autoriser un maximum de connexions simultanément. Une façon, par exemple, d'éviter la « cacophonie » des routeurs « bavards » ;
- *Airtime Congestion Control™ (ACC)* : conçu pour homogénéiser les performances d'un grand nombre d'utilisateurs du spectre, surtout sur réseau chargé, l'algorithme ACC pallie une faiblesse bien connue de la sous-couche MAC (*Medium Access Control*) d'accès au support de transmission ;
  - *Adaptive Noise Immunity (ANI)* : l'algorithme ANI ajuste en temps réel les paramètres de détection des paquets au niveau de la radio pour minimiser les erreurs et affiner au maximum la sensibilité de réception.

### Sécurisation multiniveau

Malgré les progrès accomplis, les liaisons radio sont plus vulnérables que les supports filaires. Pour y remédier, la solution Tropos s'appuie sur quatre leviers :

- des mécanismes conformes aux standards ouverts, passés au crible des professionnels de la sécurité informatique (IPSec, IEEE 802.1x, IEEE 802.11i, chiffrement AES et SSL/TLS, certification FIPS 140-2, etc.);

### Un routeur aguerris

Secouru par batterie, le routeur Tropos est durci pour les environnements très exigeants. Ses canaux radio sont optimisés pour l'extérieur : ils peuvent émettre jusqu'à la puissance maximale autorisée et offrent la meilleure sensibilité de réception de l'industrie.

### Des protocoles ouverts

La technologie et les solutions Tropos visent une interopérabilité et une protection des investissements maximales, en prenant en charge tous les standards ouverts de chaque couche de la pile protocolaire, tels Ethernet (IEEE 802.3), Wi-Fi (IEEE 802.11), la gestion d'accès IEEE 802.1x, TCP/IP, etc.



Le protocole PWRP permet aux routeurs de mesurer de bout en bout la qualité du lien radio pour en déduire le trajet offrant le meilleur débit.

### Une commande et une analyse pointues

*Tropos Control* est un logiciel de gestion complète de réseau qui rationalise le déploiement, l'optimisation, la maintenance et la conduite des grandes infrastructures radio.

### La maille à l'épreuve

Les solutions de réseau maillé 802.11 d'ABB intéressent une multitude d'applications.

### Réseaux électriques communicants

L'infrastructure de comptage évolué *AMI (Advanced Metering Infrastructure)* n'est qu'une des briques applicatives indispensables à la construction du réseau électrique du futur (*Smart Grid*); la maîtrise de la demande en électricité (MDE), l'automatisation et la commande de la distribution, la gestion des pannes et l'administration des effectifs mobiles apportent aussi leur pierre à l'édifice → 1. Pour autant, il n'est ni rentable, ni efficace de déployer et de gérer des réseaux distincts pour chacune d'elles. Un seul réseau standardisé et puissant, comme Tropos, qui agrège les transmissions d'une myriade d'applications, est plus simple à gérer et mieux rentabilisé → 2.

Dans quelques années, d'autres applications destinées aux réseaux électriques intelligents (automatisation de la distribution, production décentralisée, électromobilité et vidéosurveillance) réclameront des transmissions radio à haut débit et faible temps de latence; un appétit que seul un réseau large bande évolutif comme Tropos est en mesure d'assouvir.

La régie municipale *Burbank Water and Power (BWP)* utilise Tropos pour ses applications AMI/MDE et l'automatisation de son réseau de distribution d'eau et d'électricité en Californie. BWP entend par là lisser les pics de consommation (pour éviter de construire de nouvelles centrales) et faire face à l'augmentation du parc de véhicules électriques. Elle projette également de segmenter le trafic en plusieurs groupes d'utilisateurs et applications, et de partager le réseau avec d'autres services de la ville.

### Mines à ciel ouvert

Pour être sûre et efficace, cette exploitation minière exige une coordination précise de quelques-unes des plus grosses et des plus coûteuses machines au monde, en conditions extrêmes (chaleur, froid, chocs et vibrations). Maximiser la productivité des opérations et de la maintenance peut beaucoup améliorer la rentabilité et la sécurité du site.

# La solution Tropos comprend une suite d'algorithmes pour une gestion efficace du spectre radio et une réutilisation optimale des fréquences de transmission.

Les transmissions radio riment ici avec plus d'efficacité, de productivité, de sécurité et de sûreté. Un réseau sans fil permet de remonter en temps réel quantité de données (télémesures des engins et équipements lourds, vidéos d'exploitation et de surveillance, informations du système de sécurité, relevés de parois et données de terrain alimentant le logiciel de gestion de la mine) au centre de supervision et de conduite pour analyse et intervention.

L'un des plus grands producteurs d'engrais au monde, PotashCorp, a déployé au sein de sa mine de phosphate d'Aurora, en Caroline du Nord, un réseau Tropos à nœuds fixes et mobiles assurant la télémesure des équipements, la surveillance temps réel des véhicules (vitesse, température, pression des pneumatiques, etc.), la transmission des données de production et les communications vocales sur IP.

## Pétrole et gaz

Si les tâches de relevé, d'enregistrement des mesures et de réglage sur les plates-formes et têtes de puits pétrolières en mer sont souvent assurées par des bateaux annexes ou *tenders*, qui doivent parcourir de longues distances pour se rendre sur place, c'est par radiocommunication que s'effectue la télésurveillance en temps réel. Cela permet de mieux utiliser les compétences, d'accélérer la résolution des problèmes et de réduire les temps de déplacement. En outre, un réseau sans fil peut doter les installations de services vocaux compétitifs et de transmissions de données haut débit, même dans les zones non couvertes par la téléphonie cellulaire.

La compagnie pétrolière et gazière *EOG Resources* intervient en Amérique du Nord sur des sites reculés, sans couverture réseau → 3. Les solutions radio Tropos qu'elle a mises en œuvre permettent aux équipes distantes de communiquer avec le centre de conduite des opérations ; l'exploitation gagne en efficacité et le personnel, en sécurité.

## Applications portuaires

Un fort trafic, de même que le déplacement continu de grosses « boîtes » métalliques, font des ports à conteneurs un environnement semé d'embûches pour le réseau sans fil. Dans l'un des plus grands ports du Mexique, Tropos s'en accommode très bien en géolocalisant en temps réel les conteneurs à l'extérieur comme dans les entrepôts.

## Villes « branchées »

Dans les grandes villes modernes, de multiples services municipaux peuvent tirer profit d'un réseau sans fil Tropos. Les routeurs fixes et mobiles Tropos de la ville d'Oklahoma desservent ainsi plus de 180 applications sur 1600 km<sup>2</sup>, notamment

- les communications mobiles large bande dans les véhicules de police, qui permettent à 1500 agents de passer 100 000 heures de plus à l'année sur le terrain ;
- des centaines de caméras de vidéo-surveillance sur IP ;
- le service d'inspection des bâtiments, renforçant l'efficacité des contrôleurs sur le terrain et réduisant les délais d'intervention ;
- les contrôleurs de feux de circulation en centre-ville.

## Simple et sûr

Les algorithmes brevetés et le logiciel Tropos d'ABB, ainsi que son matériel aux standards de l'industrie, surclassent la concurrence en fiabilité, performance et simplicité de maintenance, tout en facilitant l'accès de milliers de terminaux compatibles Wi-Fi.

De nombreuses applications réclament une solution sans fil large bande alliant robustesse, sécurité et évolutivité. La solution ABB a de quoi permettre aux clients de bâtir et d'exploiter des réseaux de transmission performants, au service d'applications multisectorielles.

### Peter Bill

#### Mathias Kranich

ABB Power Systems  
Baden (Suisse)  
peter.bill@ch.abb.com  
mathias.kranich@ch.abb.com

### Narasimha Chari

ABB Communication Networks  
Sunnyvale (Californie, États-Unis)  
chari@tropos.com

## Bibliographie

- [1] Bill, P., Kranich, M., Chari, N., « Maille serrée : les réseaux 802.11 sur le terrain », *Revue ABB*, 1/2013, p. 42-44.



# Activité motrice

ABB, partenaire d'un fabricant colombien de pompes axiales flottantes

OSCAR AVELLA – Un « partenariat » est un accord de coopération entre deux parties ou plus en vue de réaliser un projet commun tout en partageant les risques, moyens et compétences liés à son exécution. ABB affiche un beau palmarès de partenariats avec des entreprises de toutes tailles. Le Groupe s'est récemment associé à une petite entreprise familiale colombienne pour un projet de modernisation de systèmes d'irrigation au Moyen-Orient. Les pompes axiales flottantes sont entraînées par des moteurs ABB à haut rendement de sa série *Process Performance*.



### Entraînement

Pour entraîner ses pompes flottantes destinées aux projets d'irrigation au Moyen-Orient, ETec a commandé l'an dernier 38 moteurs asynchrones à cage *Process Performance* à ABB Motors and Generators → 2. « Notre décision de coopération fut motivée par la réputation mondiale du Groupe, garante des performances du produit que nous nous apprêtions à proposer », explique Eric Thiriez.

La pompe flottante nécessite un moteur de faible hauteur d'axe, de type fermé et autoventilé, à rendement élevé et échauffement limité. ABB dispose de machines

### 2 Commande ETec de moteurs asynchrones à cage ABB

Quantité	Puissance	Caractéristiques
8	371 kW	– M3BP – Hauteur d'axe 355
15	336 kW	– 380 V, 50 Hz – 1500 tr/min – IP55
15	485 kW	– IM2001

Le moteur électrique présente des avantages appréciables sur le moteur à combustion : moins de points de défaillance, maintenance préventive allégée et coûts d'exploitation réduits.

Pour ABB, ce partenariat est synonyme de relations durables avec le client, d'accroissement de ses ventes de moteurs *Process Performance* et de débouché important : suite à ce premier succès, 55 autres moteurs ABB ont été commandés pour le projet d'irrigation du Moyen-Orient. ABB poursuit son partenariat avec ETec dans le double objectif de développer des moteurs de type *Usage général* destinés aux pompes en série et d'élargir le domaine d'application des moteurs *Process Performance* associés aux démarreurs progressifs ABB pour élaborer une solution de pompage complète.

#### Oscar Avella

ABB Discrete Automation and Motion  
Bogota (Colombie)  
oscar.avella@co.abb.com

Créée par Eric Thiriez à Carthagène en Colombie, la société ETec fabriquait à l'origine des pompes axiales fixes pour des entreprises publiques. Or ces pompes étant parfois installées sur des sols trop meubles pour en supporter le poids, ETec en vint à développer une version flottante.

Les pompes flottantes sont des ensembles complets et intégrés conçus pour fonctionner en continu et refouler plus de 5000 litres d'eau par seconde → 1. Très vite installées et mises en service, elles ne nécessitent aucun des travaux de génie civil imposés par les autres types de pompe de débits identiques ou inférieurs. Capable d'accueillir un large éventail de pompes axiales, semi-axiales et multi-étagées à gros débits, la solution flottante est destinée à de nombreuses applications (acheminement de l'eau, agriculture et aquaculture, lutte contre les inondations et irrigation).

## Les pompes flottantes sont entraînées par des moteurs asynchrones à cage *Process Performance* d'ABB.

répondant très précisément à ce cahier des charges : haut rendement IE2 et très haut rendement « premium » IE3<sup>1</sup>, combinaison puissance/hauteur d'axe, réserves thermiques autorisant des températures de fonctionnement maximales de 55 °C au niveau de la mer.

Grâce à ce partenariat, ETec a élaboré une solution de pompage à un coût avantageux intégrant des moteurs *Process Performance* d'ABB à haut rendement. Celle-ci est proposée lorsqu'un câble peut être tiré depuis le réseau électrique ou un générateur à proximité.

#### Photo p. 79

Les moteurs à haut rendement *Process Performance* d'ABB sont conçus pour réduire la consommation énergétique des applications contraignantes.

#### Note

1 Classes de rendement normalisées CEI 60034-30

# Innovation



- 6 Palmarès 2013**  
Une année d'innovations
- 13 Concentré de puissance**  
Des alimentations sans interruption (ASI) modulaires et intelligentes
- 16 Facteurs de puissance**  
Qualité du courant : maux et remèdes
- 20 Secours modulaire**  
Les ASI gagnent en intelligence, modularité, souplesse et disponibilité
- 24 Stations de services Cloud**  
Des solutions de connectivité ABB pour l'électromobilité
- 29 Prise en main**  
Un disjoncteur « intelligent » gère les charges pour diminuer les coupures
- 36 Un aiguilleur fidèle au poste**  
Le multiplexeur universel FOX615 d'ABB relève les nouveaux défis de la communication industrielle
- 42 Maille serrée**  
Les réseaux 802.11 à l'épreuve du terrain
- 45 Simulation avancée du moulage réactif**  
ABB présente sa nouvelle plate-forme numérique eRAMZES
- 52 Guet sur le Net**  
Gardez la main sur votre contrôle-commande avec l'application web *My Control System* d'ABB
- 59 Valorisation énergétique**  
Des pistes pour améliorer l'empreinte énergétique d'une machine à papier
- 64 Grande puissance**  
ABB étoffe sa gamme de moteurs asynchrones haute tension
- 70 L'important, c'est l'exploitant**  
L'ethnographie pour mieux comprendre la conduite opérateur
- 76 Réactivité à tous les étages**  
ABB échafaude l'édifice 800xA en Colombie

# Technologies d'avenir



- 6 Montée en charge**  
Le disjoncteur hybride d'ABB fiabilise les réseaux en courant continu à haute tension
- 14 Coupes claires**  
Nouvelle génération de disjoncteurs haute tension ABB
- 19 Une puce deux-en-un**  
ABB présente son transistor BIGT
- 24 Solution de facilité**  
Réseaux à neutre compensé : le meilleur plan de protection contre les défauts à la terre
- 29 Prise de contact**  
ABB fait progresser la technologie des contacteurs
- 35 Du bon air sous terre**  
ABB optimise la ventilation des mines souterraines
- 42 Mécanique de précision**  
Des outils de productivité pour l'industrie minière
- 48 Une mine d'informations**  
La percée d'ABB dans l'intégration de l'équipement mobile souterrain
- 52 Vingt mille lieues sur les mers**  
Logiciel ABB de surveillance et d'aide à la navigation *OCTOPUS-Onboard*
- 54 En rangs serrés**  
ABB aligne *datacenters* et contrôle-commande industriel
- 59 Tours de Babel**  
Émuler les interfaces de communication du système de contrôle-commande distribué avec *SoftCI* d'ABB
- 64 État critique**  
Quelles stratégies de maintenance pour les sites industriels complexes ?
- 70 Cent ans de plénitude**  
Des valves à vapeur de mercure au disjoncteur hybride, ABB fête un siècle d'électronique de puissance

# Simulation



- 6 Réalité prédite**  
Simuler pour un monde meilleur
- 11 Chaos bien ordonné**  
Les mathématiques appliquées rationalisent produits et procédés industriels
- 16 Couplages multiples**  
*Simulation Toolbox* optimise les propriétés diélectriques et thermiques du matériel électrique
- 22 Arrêt sur image**  
La simulation numérique au programme de l'industrie
- 27 Élan d'ouverture**  
ABB simule un disjoncteur CCHT ultrarapide
- 34 Plus vite que l'éclair**  
La simulation d'arcs électriques dans les disjoncteurs
- 39 Copie conforme**  
Simulation électromagnétique des transformateurs
- 44 Projet phare**  
Un partenariat pilote pour consolider les réseaux électriques du futur
- 47 De la mesure en toutes choses**  
La simulation système et multiphysique améliore la précision et la robustesse des capteurs de process
- 54 Avancée détonante**  
Simuler la montée en pression dans les installations électriques
- 61 Du virtuel au réel**  
Robotique et automatisation industrielles à l'ère du prototypage et de la mise en service virtuels
- 65 Génie intégré**  
De nouveaux algorithmes de simulation pour une intégration accrue des convertisseurs électroniques de fréquence
- 72 Forme progressive**  
Des polymères bien moulés grâce à la simulation numérique avancée
- 77 Performances de pointe**  
La simulation numérique améliore les performances sismiques et vibroacoustiques des équipements électriques

# Datacenters



- 7 Dans les coulisses du Net**  
Les nouvelles usines du monde numérique
- 11 Continuité de service**  
Classification des *datacenters* en fonction de leur disponibilité
- 16 Lignes continues**  
Architecture courant continu basse tension
- 22 Au secours de la performance**  
Systèmes d'alimentation d'urgence ABB
- 29 Service continu**  
Alimentations sans interruption ABB
- 35 De source sûre**  
Les inverseurs de sources statiques numériques ABB dopent la fiabilité des *datacenters*
- 41 Couloirs d'excellence**  
Solution ABB de gestion centralisée et intégrée de la performance énergétique des *datacenters*
- 48 Décisions éclairées**  
Une approche de conception architecturale innovante
- 53 La chaîne du froid**  
Améliorer la conception et la gestion des systèmes de refroidissement
- 58 Au-delà du miroir**  
Optimisation des *datacenters*
- 64 Prise en charge**  
En route pour l'électromobilité zéro émission
- 70 Cap sur la performance**  
Une solution ABB pour fiabiliser et intégrer les systèmes de dragage
- 74 Radio libre**  
Le sans-fil industriel adopte la maille Wi-Fi
- 79 Activité motrice**  
ABB, partenaire d'un fabricant de pompes flottantes
- 81 Index 2013**  
Tous les articles de l'année

## Rédaction

### Claes Ryttoft

Chief Technology Officer and  
Group Senior Vice President

### Clarissa Haller

Head of Corporate Communications

### Ron Popper

Head of Corporate Responsibility

### Eero Jaaskela

Head of Group Account Management

### Andreas Moglestue

Chief Editor  
andreas.moglestue@ch.abb.com

## Édition

ABB Review est publiée par la direction R&D and  
Technology du Groupe ABB.

ABB Technology Ltd.

ABB Review/REV

Affolternstrasse 44

CH-8050 Zurich (Suisse)

ABB Review paraît quatre fois par an en anglais,  
français, allemand, espagnol et chinois.

La revue est diffusée gratuitement à tous ceux et  
celles qui s'intéressent à la technologie et à la  
stratégie d'ABB. Pour vous abonner, contactez  
votre correspondant ABB ou directement la  
Rédaction.

La reproduction partielle d'articles est autorisée  
sous réserve d'en indiquer l'origine.

La reproduction d'articles complets requiert  
l'autorisation écrite de l'éditeur.

Édition et droits d'auteur ©2013

ABB Technology Ltd.

CH- Zurich (Suisse)

## Impression

Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH

AT-6850 Dornbirn (Autriche)

## Maquette

DAVILLA AG

Zurich (Suisse)

## Traduction française

Dominique Helies

dhelies@wanadoo.fr

## Avertissement

Les avis exprimés dans la présente publication  
n'engagent que leurs auteurs et sont donnés  
uniquement pour information. Le lecteur ne devra  
en aucun cas agir sur la base de ces écrits sans  
consulter un professionnel. Il est entendu que les  
auteurs ne fournissent aucun conseil ou point de  
vue technique ou professionnel sur aucun fait ni  
sujet spécifique, et déclinent toute responsabilité  
sur leur utilisation. Les entreprises du Groupe ABB  
n'apportent aucune caution ou garantie, ni ne  
prennent aucun engagement, formel ou implicite,  
concernant le contenu ou l'exactitude des opinions  
exprimées dans la présente publication.

ISSN : 1013-3119

[www.abb.com/abbrevreview](http://www.abb.com/abbrevreview)



Dans le numéro 1114

# L'innovation prend de la hauteur

Des éoliennes géantes aux économies de carburant poussées  
par les progrès des turbocompresseurs, en passant par la  
mesure de courant à des niveaux de précision sans précédent,  
un acheminement de l'eau potable bien plus efficace ou les  
dernières avancées de la simulation... : l'innovation atteindra  
des sommets dans notre premier numéro de l'année !

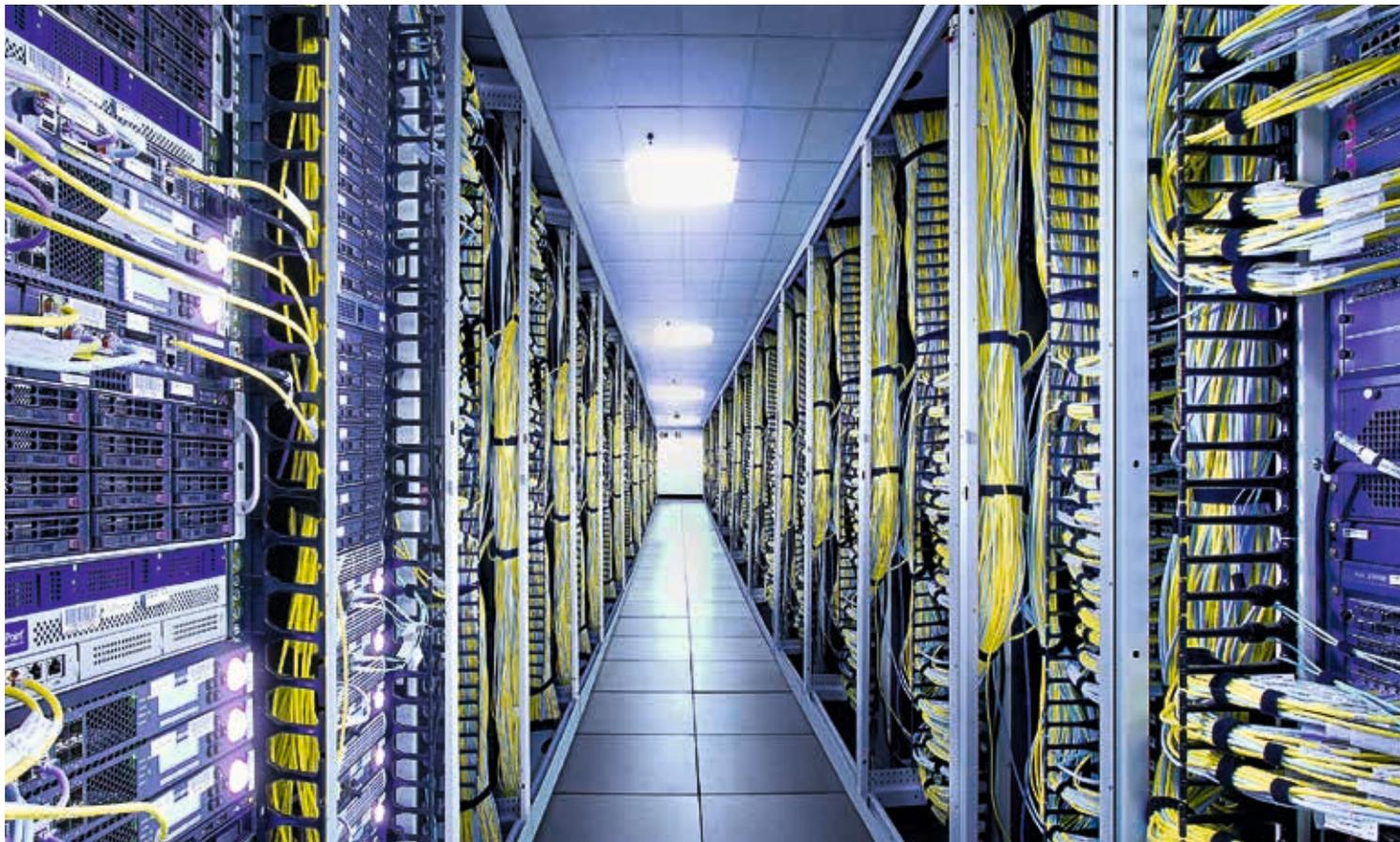
## Nouveauté

Une version tablette d'ABB Review est disponible sur  
<http://www.abb.com/abbrevreview>.

## Kiosque

Il vous manque un numéro d'ABB Review ?  
Pour être informé de chaque parution (ou dossier  
spécial), abonnez-vous à la liste de diffusion sur  
[www.abb.com/abbrevreview](http://www.abb.com/abbrevreview)





## Un seul et unique fournisseur pour vos infrastructures critiques ?

Et si vous envisagez votre *datacenter* sous un autre angle : pourquoi s'évertuer à intégrer des produits multisources hétérogènes quand vous pouvez compter sur les solutions globales d'alimentation électrique, de surveillance et d'automatisation d'infrastructures d'un partenaire unique ? Distribution en courant continu et courant alternatif, raccordement au réseau électrique, gestion d'infrastructures, alimentations sans interruption modulaires, gestion de projet, conseil, suivi et maintenance sur site : ABB met tout son héritage technologique et ses décennies de compétences métiers au service de la performance et de la fiabilité des datacenters du futur.

[www.abb.com/datacenters](http://www.abb.com/datacenters)

Carrément.