

ABB

3 | 12

Actualités technologiques  
du Groupe ABB

# revue

---

**Logiciel ABB, ni vu ni connu ? 6**  
Gestion d'actifs industriels 28  
**Mine: l'optimisation fait carrière 39**  
Cybersécurité 64

---



Power and productivity  
for a better world™



Chaque équipement industriel apporte sa pierre à l'édifice technologique qu'il contribue à bâtir mais aussi à l'économie et à la société. Ajoutez-lui des fonctions logicielles, faites collaborer le tout, et c'est la productivité, la fiabilité et l'efficacité qui s'en trouvent globalement dopées.

Les robots de notre photographie de couverture sont peut-être les exemples les plus frappants d'équipements qui ont le plus profité de cette « intelligence ». C'est oublier que de nombreux autres outils logiciels s'affairent en coulisses pour piloter toutes les ressources de l'entreprise, gérer son alimentation électrique ... jusqu'à maîtriser la haute technologie de la centrale solaire Extrasol, en Espagne !



## Dossier

**6 Le logiciel ABB, cet illustre inconnu**

ABB entre dans la cour des grands

---

## Logiciel embarqué

**12 Bienvenue dans le monde parallèle**

Le logiciel ABB, moteur de progrès pour les futures générations d'automatismes

**17 Les variateurs sur le pont**

Les variateurs basse tension ABB aux commandes d'un pont mobile

**23 Liaisons de convenance**

La convergence de l'informatique d'entreprise et des opérations électriques renforce la distribution

---

## Logiciel système

**28 Matière grise**

La spécification PAS 55 pérennise la performance des entreprises par une gestion globale des actifs

**35 Facteurs de progrès**

ABB fait évoluer l'architecture logicielle de sa plate-forme de télémaintenance des robots

---

## Logiciel d'entreprise

**39 Plan de carrière**

Dans le secteur minier, le bon filon, c'est l'intégration !

**44 Comportement modèle**

Modéliser la distribution électrique pour optimiser le réglage de tension et de puissance réactive sur les réseaux du futur

**52 Chaîne collaborative**

Les bonnes infos au bon moment font les bonnes décisions

---

## Processus transversaux

**59 Prise en main**

L'amélioration continue du développement logiciel ABB porte ses fruits

**64 Cybersécurité industrielle**

Protéger les infrastructures critiques dans un monde en perpétuelle évolution

---

## Portes ouvertes

**70 Matériel pédagogique**

En Autriche, ABB équipe un nouveau centre de formation en variation de vitesse

**75 Changement de cap**

Un centre d'excellence ABB pour les technologies maritimes

# ABB, génie logiciel



Prith Banerjee

## Chers lecteurs,

Je profite de ce premier éditorial de mon mandat de Directeur des technologies du Groupe ABB pour me présenter à nos fidèles lecteurs avant de les inviter à découvrir ce numéro de la *Revue ABB* consacré au logiciel.

J'ai rejoint ABB en avril 2012 après avoir passé cinq ans comme Directeur de la Recherche chez Hewlett-Packard, enseigné vingt-trois ans à l'université de l'Illinois et l'université de Northwestern, et fondé deux « jeunes pousses » du logiciel. Ces derniers mois m'ont permis de rencontrer des centaines d'ingénieurs et de scientifiques ABB pour assimiler le vaste portefeuille de produits et solutions du Groupe dans les domaines de l'énergie et de l'automatisation. J'ai ainsi pu mesurer toute l'importance accordée à l'innovation. Les chercheurs d'ABB n'ont de cesse de faire évoluer produits et services mais aussi de créer la rupture avec des technologies inédites.

Le logiciel compte parmi les plus jeunes sciences et techniques de l'ingénieur. Sa brève histoire n'en est pas moins jalonnée de prodiges technologiques. Aujourd'hui, les développeurs peuvent s'appuyer sur tout un arsenal d'outils, de bibliothèques fonctionnelles, de méthodologies et de référentiels pour se libérer de nombreuses tâches répétitives et mobiliser leur créativité au profit de l'innovation. Mais la théorie ou les pratiques ne sont pas les seules à avoir évolué. Les percées de l'informatique et des télécoms ouvrent de nouvelles perspectives au logiciel. Qui aurait imaginé, il y a encore quelques années, qu'un transformateur de puissance pourrait en être doté ?

ABB n'est pas un nouveau venu de la discipline : il y figure en bonne place depuis des lustres, alignant aujourd'hui quelque 3 000 ingénieurs. Pourtant, si le nom d'ABB n'est pas d'emblée synonyme de spécialiste du logiciel, c'est parce qu'une grande partie de son offre, jusqu'à une date récente, se

dissimulait sous d'autres produits. L'acquisition de grands acteurs de l'informatique de gestion « métier », tels que Ventyx et Mincom, le pousse désormais sur le devant de la scène.

Nos offres et activités se déclinent en trois grandes catégories. *Primo*, le « logiciel embarqué » qui couvre un vaste champ d'application, de la logique de protection des disjoncteurs aux capacités d'interaction perfectionnées des outils d'analyse, instruments de mesure ou armoires de commande de robots. *Secundo*, le « logiciel système » qui pilote et coordonne des processus à l'échelle de tout un site (ou au-delà), fédérant du même coup des dizaines de milliers de dispositifs à différents niveaux du contrôle-commande ; c'est l'exemple d'un seul poste opérateur qui peut surveiller à la fois un complexe chimique et sa gestion d'énergie. *Tertio*, le « logiciel d'entreprise » qui s'est considérablement étoffé avec nos récentes acquisitions.

ABB agit également de manière transversale, avec des initiatives englobant ces trois grandes familles de logiciel. Voyez, par exemple, notre démarche d'amélioration SDIP (*Software Development Improvement Program*) qui prône un développement uniforme et de qualité, ou encore un domaine qui marque des points dans un monde de plus en plus interconnecté : la cybersécurité.

Les activités et projets logiciels d'ABB sont pour le moins ambitieux ! Ce numéro en livre quelques morceaux choisis qui ne manqueront pas d'attiser votre intérêt pour ce captivant univers porté par l'innovation ABB.

Bonne lecture,

Prith Banerjee  
Directeur des technologies  
Vice-président  
du Groupe ABB



# Le logiciel ABB, cet illustre inconnu

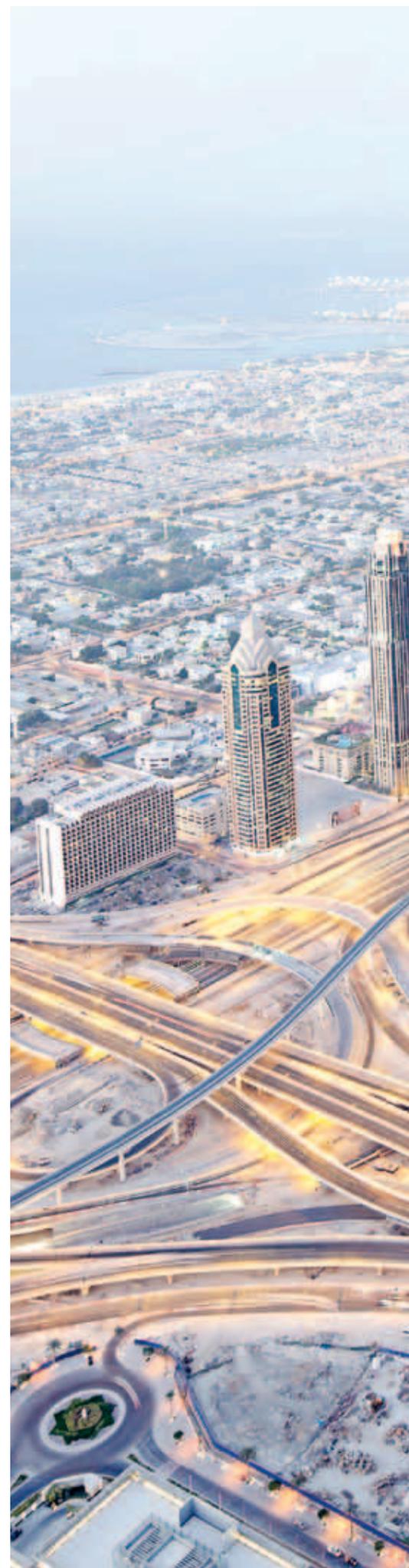
ABB dans la cour des grands

MARTIN NAEDELE – On a dit d'ABB qu'il était le plus grand groupe industriel « méconnu » au monde. Il est vrai que ses produits, bien qu'essentiels à la qualité de vie de centaines de millions de personnes, ne visent pas en priorité le grand public. Cette discrétion vaudrait-elle aussi pour son offre logicielle ? Ce serait oublier ses quelque 3 000 développeurs, dans 40 pays, qui réalisent à eux seuls près du quart du chiffre d'affaires du Groupe. Au point de hisser ABB parmi les premiers éditeurs mondiaux !

---

#### Photo

Derrière les plus imposants projets et chantiers du XXI<sup>e</sup> siècle, comme ici à Dubaï, se cache une part grandissante de logiciel, essentiel à tout produit et service moderne. Une ascension à laquelle participe ABB, en grand nom du domaine.





Par ses récentes acquisitions, ABB figure parmi les trois premiers éditeurs de logiciels d'entreprise mondiaux.

## 1 Le logiciel ABB, aussi discret qu'omniprésent



a) Instrumentation



b) Robotique



c) Système de contrôle-commande



d) Tableau de bord domotique

Force est d'avouer que cette activité d'ABB a souvent été négligée dans le passé, la majeure partie de ses logiciels se fondant dans son offre de matériels. C'était le cas des automatismes de postes électriques « IED » (*Intelligent Electronic Devices*), de l'instrumentation, des robots et même des transformateurs, ou encore des systèmes mêlant matériel et logiciel comme les solutions d'automatisation et de contrôle-commande de procédé 800xA et Symphony Plus → 1.

Pourtant, avec ses récentes acquisitions de l'informaticien Ventyx et du spécialiste de la gestion minière Mincom, ABB s'affiche désormais comme un authentique éditeur de logiciels d'entreprise<sup>1</sup>, notamment dans le domaine de la gestion des actifs industriels où il figure parmi les trois premiers mondiaux<sup>2</sup>. Ces acquisitions et l'expansion d'ABB dans le monde de l'informatique d'entreprise, au-delà du périmètre traditionnel de la gestion de production collaborative<sup>3</sup>, placent le Groupe en tête de ce que certaines sociétés de conseil appellent désormais la *convergence des technologies opérationnelles* (systèmes d'automatisation) et de *l'information* (systèmes de gestion d'entreprise) → 2.

Cet enrichissement du portefeuille ABB s'accompagne d'un changement de modèle économique. Jusqu'à présent, beaucoup de produits, dont le logiciel, étaient vendus et payés à l'unité. Or les clients voient de moins en moins le logiciel comme un actif sitôt installé, sitôt oublié, mais plutôt comme un système volontiers évolutif qui tire profit des améliorations permanentes. D'où le passage d'un achat ponctuel, à prix fixe, à un modèle orienté services permettant aux clients de bénéficier en continu des ajouts fonctionnels et adaptations d'ABB pour améliorer les caractéristiques d'un produit et en simplifier l'usage.

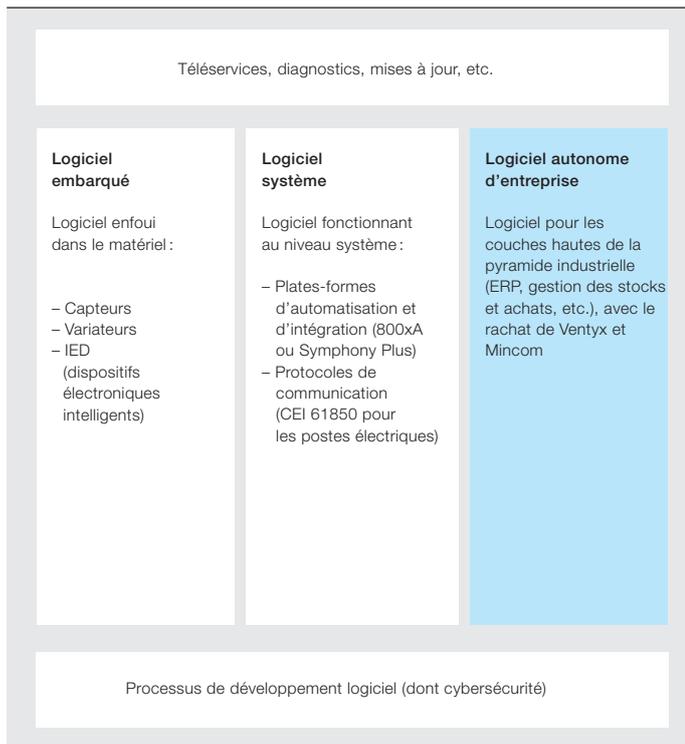
### La sécurité en question

Au chapitre des améliorations logicielles, la sécurité et ses mises à jour sont un sujet incontournable. Si on attend naïvement d'un logiciel bien écrit qu'il soit

#### Notes

- 1 Logiciels de gestion (commerce électronique, stocks, ERP) destinés aux entreprises, services publics et collectivités territoriales.
- 2 Source : ARC Advisory, *EAM Solutions Worldwide Outlook 2011*.
- 3 Description commune des outils et processus utilisés pour faciliter la coopération entre les activités de production d'une entreprise et leurs interactions avec d'autres fonctions (achats, gestion des stocks, contrôle-commande, etc.).

## 2 ABB a renforcé sa présence sur le marché des logiciels de gestion d'entreprise.



## 3 Taille du programme informatique de divers systèmes embarqués de contrôle-commande distribué



invulnérable à toute attaque, la réalité est autre : l'expérience a en effet montré qu'il était impossible de produire un logiciel capable d'anticiper et de prévenir tous les types d'agressions possibles et imaginables. La solution ? Un compromis entre les exigences de sécurité et le prix que l'utilisateur est prêt à payer pour sécuriser l'outil informatique sans sacrifier à son confort d'exploitation. Cela étant, voilà plus de dix ans que la sécurité des systèmes d'automatisation fait débat au sein des laboratoires d'ABB. L'entreprise a piloté les travaux normatifs de la CEI et de l'ISA, par exemple, et accueille l'un des grands groupes de recherche sur la sécurité des systèmes de contrôle-commande. Qui plus est, ses spécialistes de la cybersécurité sont coordonnés par une nouvelle entité créée en 2011 (*Group Head of Cyber Security*), qui vise à garantir la sécurité des produits et systèmes ABB partout dans l'entreprise, en conformité avec les besoins des clients et les nouvelles réglementations (cf. p. 64).

La problématique de la sécurité en automatisation industrielle est surtout née de la communication croissante des systèmes de contrôle-commande à l'échelle mondiale, sur les intranets des clients et l'Internet. Les premiers protocoles de transmission dédiés énergie et

automatisation cherchaient surtout à formaliser la représentation des signaux électriques en données binaires. Aujourd'hui, ce sont des applications logicielles à part entière, avec des modèles évolués de fonction et d'information qui s'efforcent de reproduire toute la complexité des systèmes dont ils véhiculent les données. À l'avant-garde de cette mutation, ABB a été un moteur de la norme internationale CEI 61850 sur les réseaux et systèmes de communication dans les postes électriques<sup>4</sup> et de l'adoption du protocole OPC UA (*Unified Architecture*) dans l'industrie des procédés.

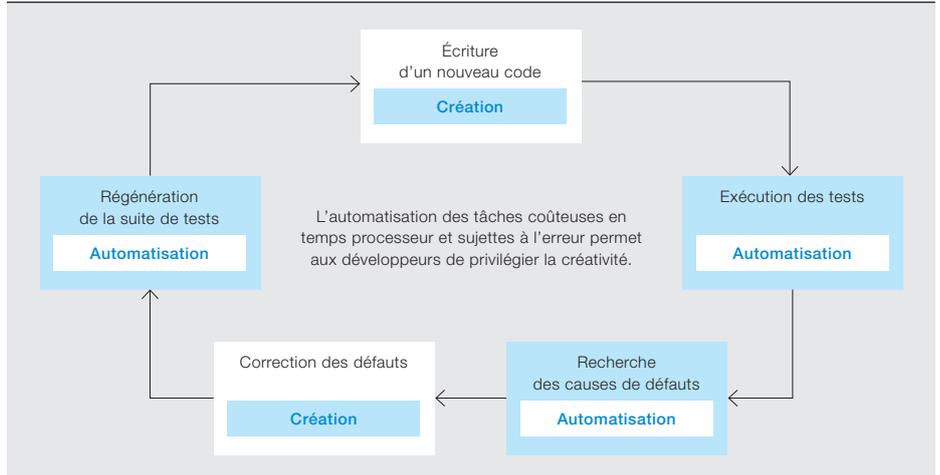
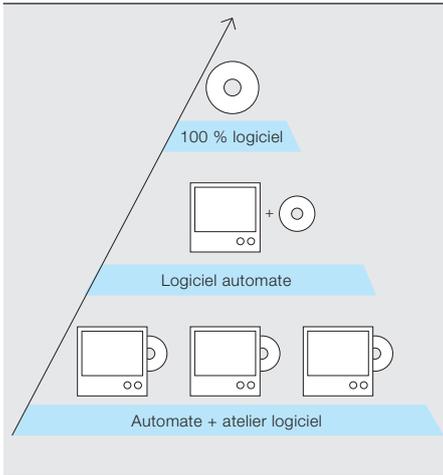
### Développement logiciel

Le code informatique d'un système moderne de contrôle-commande ou de gestion d'actifs industriels peut facilement totaliser 10 à 20 millions de lignes, soit autant que le programme d'un avion civil ou de chasse, d'un système d'exploitation ou d'une voiture → 3. À l'évidence, la création et la maintenance de logiciels de cette taille mobilisent aussi bien des développeurs très qualifiés, rompus à la programmation et aux multiples contraintes applicatives,

#### Note

<sup>4</sup> Pour en savoir plus, lire notre dossier « Special Report IEC 61850 », *ABB Review*, 2010 (en anglais).

Les protocoles de communication sont aujourd'hui des applications logicielles à part entière dont les modèles évolués reproduisent toute la complexité des systèmes d'énergie et d'automatisation.



En coopérant avec plusieurs universités de renom, ABB veut élargir son rayon d'action et inviter d'autres groupes de recherche du monde entier à le rejoindre.

que des outils et méthodes de développement aboutis. Si les systèmes et solutions ABB participent aux gains de productivité et de qualité des procédés industriels de nos clients, il va de soi qu'ABB s'efforce également en interne d'adopter le *nec plus ultra* du génie logiciel et d'accroître l'efficacité de ses équipes de développeurs. Cette démarche d'amélioration se retrouve, par exemple, dans son programme «SDIP» (*Software Development Improvement Program*) qui fait depuis peu converger toutes les unités de développement logiciel dans le monde vers une seule et unique panoplie d'outils de gestion des spécifications, du code et des essais (cf. p. 60). Ce n'est pas là une mince affaire pour une organisation traditionnellement décentralisée comme ABB qui connaît une forte croissance tant interne qu'externe. Cette plateforme commune entend également mettre à la disposition du Groupe les outils avancés de génie logiciel émanant de nos centres de recherche, qui coopèrent avec des universitaires de renommée mondiale et innovent pour automatiser les composantes du développement logiciel pouvant se passer de la créativité et de l'ingéniosité de l'homme → 4.

Citons, par exemple :

- l'analyse statique de certaines erreurs de codage (assimilable à un « vérificateur de code »);
- la transformation automatisée du code (fonction très pointue de recherche-remplacement en contexte qui peut ramener des mois d'efforts de codage à quelques heures);

- la création automatisée de suites de tests de régression → 5;
- l'analyse automatique d'impact.

En coopérant d'ores et déjà avec un certain nombre d'universités sur plusieurs innovations en logiciel, ABB veut étendre son rayon d'action et inviter d'autres groupes de recherche du monde entier à le rejoindre. Le lancement, en 2011, de son programme de financement de divers projets dans des domaines d'intérêt général<sup>5</sup> participe à cette ambition.

#### Interface utilisateur

La nouvelle pyramide des âges de l'entreprise avec, au sommet, des seniors expérimentés proches de la retraite et, à la base, de jeunes recrues enfants du numérique, bouscule les exigences d'« utilisabilité » des produits industriels. Alors que les interfaces actuelles sont les avatars des écrans-claviers de l'ère pré-informatique, la nouvelle génération d'utilisateurs s'attend de plus en plus à retrouver dans l'industrie les outils qu'elle manie au quotidien avec une aisance innée. De même, l'interface utilisateur se doit de faciliter l'apprentissage des nouveaux opérateurs, avec force tutoriels et fonctions d'aide, interactions orientées tâche et parades aux erreurs courantes et mauvaises manipulations. ABB relève ces défis en intégrant les principes de la conception axée sur l'utilisateur à son processus de développement produit, grâce à des études

#### Note

- <sup>5</sup> Pour le détail, rendez-vous sur [www.abb.com/softwaresearch](http://www.abb.com/softwaresearch).



menées de front chez le client et dans les laboratoires ultramodernes du Groupe qui travaillent aux nouveaux principes, usages et outils du dialogue homme-machine. ABB coopère également avec des universités comme le MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) et participe au forum *Center for Operator Performance*<sup>6</sup> pour faire progresser l'utilisabilité des systèmes industriels et du contrôle-commande.

### L'informatique dans les nuages

Autre volet important de l'offre logicielle croissante d'ABB : les ressources et services informatiques qui ne résident plus chez l'utilisateur mais sont hébergés et gérés à distance par ABB, pour le compte de son client. Ce mode d'accès en ligne (*cloud computing*) accumule les avantages. Dans certaines applications, les clients ne payent que ce qu'ils consomment en fonctions et infrastructures informatiques (ordinateurs virtuels), selon le principe du «paiement à l'usage», et se déchargent des tâches d'administration et de maintenance matérielles et logicielles (configurations, mises à jour, etc.) : ABB s'occupe de tout. Au départ, cette externalisation concernait l'informatique d'entreprise (gestion de la paie, de la relation client, des actifs, ERP, etc.) ainsi que les fonctions d'optimisation et de diagnostic. Or l'automatisation industrielle fourmille elle aussi d'exemples d'applications dont les clients se félicitent de ne pas avoir à gérer le contrôle-commande ou la supervision !

Un exemple : l'hébergement par ABB du système d'automatisation de l'irrigation Neptuno, en Espagne, qui permet à plus de 60 000 exploitants agricoles de superviser leurs parcelles en ligne, depuis un terminal mobile équipé d'un navigateur web → 6. Ces offres existent également pour la gestion des actifs du Groupe, ABB pilotant toutes les données relatives à son parc installé, y compris ses mises à jour, besoins en pièces détachées et demandes de service. Ces solutions s'appuient sur des méthodes novatrices de diagnostic et de service intelligent pour détecter l'état critique d'un équipement et y remédier avant coûteux arrêts intempestifs.

### Centres de données

Le succès des réseaux sociaux tels que Facebook et LinkedIn, des moteurs de recherche, des sites de diffusion de ressources et de l'informatique en nuage a ses revers : les centres de données informatiques ou *datacenters* du monde entier voient leurs sollicitations<sup>7</sup> et leur consommation électrique exploser. ABB fournit depuis longtemps les équipements qui alimentent en énergie les ordinateurs de ces usines de l'information. Dernièrement, le Groupe a réalisé que la gestion de cette fourniture et de centaines de milliers de serveurs était une tâche pour laquelle les entreprises informatiques classiques n'offraient pas de solutions intégrées satisfaisantes. Par contre, les produits et l'expertise d'ABB pouvaient s'adapter à cette nouvelle donne. ABB a en effet une longue expérience de la gestion et de l'optimisation de sites complexes comme les plates-

formes de forage pétrolier qui alignent des centaines de milliers de capteurs et d'actionneurs. Ces systèmes fédèrent également différentes parties de l'exploitation (alimentation et gestion de l'énergie, données de production, diagnostics) en une seule plate-forme de contrôle-commande. Dans cette optique, le lancement de la solution ABB de gestion de *datacenters*<sup>8</sup> « DCEM » (*Decathlon™ Datacenter Enterprise Management*), en 2011, marque le basculement du Groupe dans l'ère de l'automatisation « post-industrielle ».

### De l'ombre à la lumière

D'une entreprise habituée à créer des logiciels pour ses propres besoins et dispositifs, ABB est vite devenu un acteur majeur du développement massif de produits et applications logiciels au service du quotidien comme d'une multitude de domaines à la pointe de la technologie, tels les réseaux électriques intelligents, le haut débit et la domotique.

#### Martin Naedele

ABB Corporate Research  
Dättwil (Suisse)  
martin.naedele@ch.abb.com

#### Notes

- 6 [www.operatorperformance.org](http://www.operatorperformance.org)
- 7 <http://investor.digitalrealty.com/file.aspx?IID=4094311&FID=12899535>
- 8 L'offre *datacenters* d'ABB sera abordée dans un prochain numéro de la *Revue*.



# Un monde parallèle

Le logiciel ABB,  
moteur des futures  
générations  
d'automatismes

MICHAEL WAHLER, SASCHA STOETER, MANUEL ORIOL, MARTIN NAEDELE, ATUL KUMAR – Aux premiers temps de l'automatisation, l'automate programmable industriel (API) avait pour vocation de remplacer les volumineuses armoires à relais. Aujourd'hui, ce «*système électronique fonctionnant de manière numérique*» (norme NF 61131) est devenu un composant majeur des systèmes automatisés de production et d'énergie. Les unités centrales (UC) ultrarapides et la percée des réseaux dans l'atelier lui ouvrent la voie du contrôle-commande parallèle, notamment dans les domaines de la tolérance aux fautes par logiciel et de l'analyse temps réel des données. Mais avant de bénéficier de ces avancées, nombreux sont les défis à relever : adaptabilité, déterminisme, flexibilité, algorithmes séquentiels... Présente sur tous les fronts, la recherche institutionnelle ABB dessine les nouveaux contours de l'automatisation temps réel.

## 1 Acronymes

API	Automate programmable industriel
IHM	Interface homme-machine
MPC	<i>Model-predictive control</i>
PAC	<i>Programmable automation controller</i>
PID	Action proportionnelle-intégrale-dérivée
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition</i>
UC	Unité centrale

ce sont surtout le logiciel et le service qui font la différence. Le superviseur SCADA, pour sa part, se situe à un palier supérieur de la pyramide industrielle : au lieu de piloter les procédés, il les coordonne en s'affranchissant des contraintes temps réel. Nouvelle « race » d'automate, le PAC conjugue les opérations logiques et séquentielles de l'API, une grande souplesse de programmation et une intégration aux autres composantes du contrôle-commande distribué. Cette plate-forme multidisciplinaire trouve sa place dans le manufacturier, les procédés continus et les applications de télésurveillance.

Les évolutions technologiques (capacités accrues des matériels, logiciels et réseaux) brouillent les frontières. Si la terminologie de l'automatisme et ses distinctions sémantiques gardent leur importance, ne serait-ce que pour des raisons historiques, la tendance est au décloisonnement et à l'unification des fonctionnalités. Nombre de ces développements ambitieux se feront au niveau des automates et contrôleurs, qui restent un maillon essentiel entre procédé et étages supérieurs de l'architecture industrielle.

Notre gamme d'API répond à tous les critères de l'automatisation moderne. Quand certaines applications demandent, par exemple, de la réactivité (temps de cycle courts), d'autres privilégient la connectivité. Dans chaque cas, ABB propose des produits à la pointe de l'innovation.

### Défis et tendances

Les gains de performance ont toujours accompagné chaque nouvelle génération d'automates. Une augmentation de la fréquence de l'unité centrale (UC) se traduisait directement en une plus grande vitesse d'exécution de l'application. Hélas, cette époque faste est révolue [1] car les cadences de processeur plafonnent. Et

pour cause : accroître la fréquence produit encore plus de chaleur, ennemie de la performance et de la fiabilité, qu'il faut évacuer. Or la majorité des automatismes bannit les pièces en mouvement nécessaires à leur refroidissement (ventilateurs, par exemple), quitte à se contenter d'une cadence inférieure à celle admise par l'UC. Autre explication : les fréquences maximales de traitement baissent sur beaucoup d'UC modernes qui misent davantage sur plusieurs modes d'exécution du code en parallèle. Ces nouvelles UC sont en effet capables de traiter quantité de données en même temps (comme le font le jeu d'instructions MMX du Pentium et ses nombreuses extensions, par exemple) ou de gérer un grand nombre de cœurs, voire de créer deux processeurs logiques sur une seule puce, chacun doté de ses propres registres de données et de contrôle (*hyper-threading*). Les gains de performance des automatismes de demain viendront de ce parallélisme « massif » → 2 dont la complexité sera transparente à l'automatisme.

### Adaptabilité

Les applications de contrôle-commande distribué sont aujourd'hui conçues de façon *ad hoc*, avec des programmes indépendants connectés par une couche de communication. L'exploitation d'UC double cœur ou quadricœur est relativement simple ; il suffit de procéder à quelques petites retouches manuelles sur le logiciel ou de laisser aux systèmes d'exploitation le soin de répartir les processus entre cœurs et hôtes, s'ils sont prêts à être exécutés et aptes au traitement parallèle. La démocratisation des puces multicœurs sur les futures générations de contrôleurs d'automatismes rendra caduque cette méthode d'allocation statique. Tout l'enjeu est donc d'adapter le logiciel à un nombre variable et arbitraire de ressources de calcul, sachant qu'une UC à 128 cœurs ou un système distribué de 1024 UC deviendront réalité d'ici à quelques années.

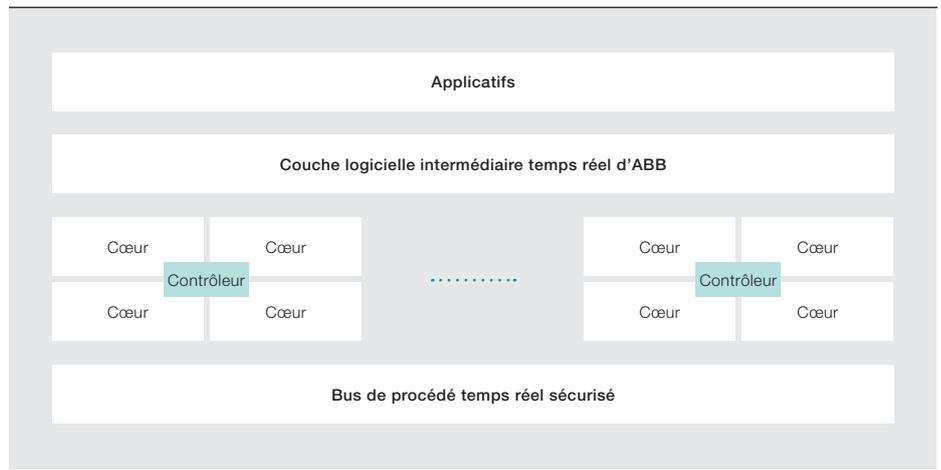
Une solution à ce défi consiste à décomposer les applications de contrôle-commande monolithiques en éléments plus petits, programmés pour s'exécuter en statique avec les ressources de calcul disponibles (cœurs et hôtes) [2]. Selon le

#### Photo p. 12

Les systèmes de contrôle-commande complexes s'appuient sur des logiciels parallèles.

L'invention de l'API a sonné le glas des traditionnelles logiques câblées. L'automate a depuis élargi son spectre pour accomplir des tâches qui vont bien au-delà de sa mission originelle de remplacement des automatismes à relais. Fruit d'une production diversifiée et de cycles d'innovation toujours plus courts, il continue d'évoluer en intégrant de nouvelles technologies pour plus de flexibilité et de fiabilité. En assurant la commande directe des machines et procédés depuis des décennies, les API sont au fondement de la supervision SCADA, du contrôle-commande distribué et des contrôleurs d'automatismes programmables, plus connus sous leur acronyme anglais « PAC » → 1. Ces systèmes industriels sont les déclinaisons de plates-formes ayant chacune évolué en fonction de besoins « métiers » et du progrès technologique.

Les grands procédés de fabrication et leurs multiples sous-ensembles fonctionnels sont pilotés par un système de contrôle-commande distribué qui bénéficie de l'échange de données numériques entre ses différents nœuds. Cet atout supplémentaire de la communication s'accompagne, entre autre, d'une puissante interface homme-machine (IHM). Le matériel « sur étagère » se banalisant,



déploiement, une couche logicielle intermédiaire (*middleware*) choisit un protocole de communication adapté pour chaque paire de composants connectés.

Cette méthode n'a rien d'original : c'est déjà la façon dont les automaticiens appréhendent et programment couramment une application, en langage à contacts (inspiré des schémas électriques à relais) ou en blocs de fonctions, deux modes de représentation parallèles → 3. Malheureusement, les précédentes générations d'UC ne savent exécuter qu'une étape du programme à la fois. Il faut donc convertir ces langages graphiques, fonctionnellement parallèles, en code séquentiel : une tâche ardue qui alourdit le calcul. Par contre, le parallélisme peut exploiter les branches parallèles de ces schémas et doper les performances de traitement.

### Déterminisme

Est « déterministe » un système dont on peut prédire à coup sûr le comportement. Selon ce principe, un automate qui reçoit la même entrée doit toujours réagir de la même façon. Difficile à garantir avec la technologie multicœur ! À cela, trois raisons : les commutations de contexte, la mise en cache et la synchronisation des tâches. Les systèmes de contrôle-commande temps réel de dernière génération exécutent de multiples applications simultanément, au moyen de mécanismes du système d'exploitation tels que processus, *mutex* (primitives de synchronisation pour éviter que les ressources partagées d'un système ne soient utilisées en même temps) ou files de messages. Si ces outils laissent une grande liberté aux développeurs, ils sont

souvent délicats à manier : ils ralentissent la cadence (notamment, les changements de contexte entre processus légers ou *threads*) et nécessitent un réglage fin, long et coûteux, des priorités entre processus lourds et processus légers, par exemple. Le couplage fort d'un logiciel avec un matériel donné ou un autre logiciel complique la réutilisation.

L'emploi d'une architecture et d'une plate-forme d'exécution logicielles pour des applications de contrôle-commande

et de « personnalisation de masse », et les algorithmes de commande changer au gré du cycle de vie de l'automate.

De même, la découverte de nouvelles menaces de sécurité multiplie les correctifs à intégrer rapidement au contrôle-commande. Peut-on alors réaliser des systèmes d'automatismes à la fois flexibles et déterministes ? Les premiers résultats de nos recherches le prouvent [4]. Des architectures logicielles novatrices permettront de reconfigurer les systèmes

## Les gains de performance des automatismes de demain viendront de mécanismes parallèles dont la complexité sera transparente à l'automaticien.

cyclique peut simplifier la réalisation de systèmes d'automatismes temps réel en améliorant leur prédictibilité tout en réduisant la surcharge à l'exécution et le couplage [3].

### Flexibilité

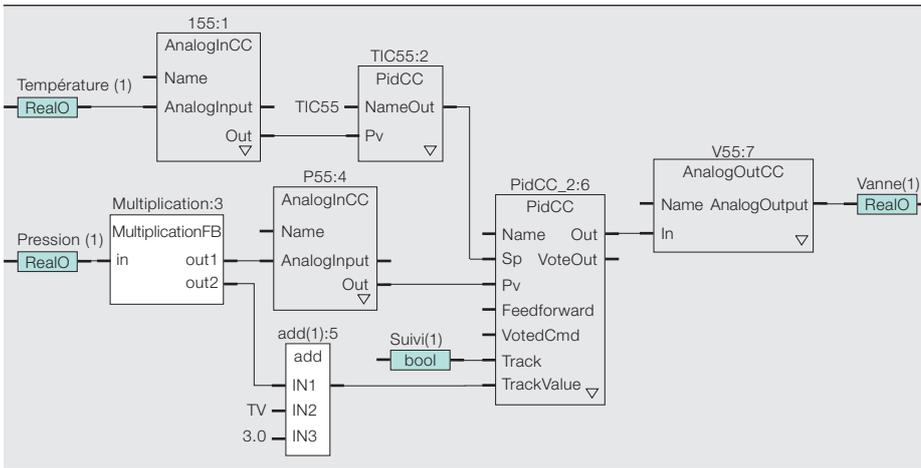
Bridés par la puissance de calcul limitée des processeurs simple cœur, les systèmes déterministes fiables ont souvent le défaut d'être statiques : une fois configurés et déployés, ils tournent jusqu'à rendre l'âme. Leur modification ne peut se faire que dans des fenêtres de maintenance, tout au plus une fois par an. Cet immobilisme va à l'encontre des exigences du monde industriel qui voit ses usines grandir et évoluer, la production s'orienter vers plus d'agilité

de contrôle-commande en fonctionnement et de les adapter aux environnements changeants. Les automates pourront migrer vers de nouvelles technologies sans arrêter la production, les logiciels seront en permanence à jour et les systèmes de contrôle-commande s'adapteront facilement aux nouveaux besoins.

### Algorithmes séquentiels

Les algorithmes de traitement comme la régulation PID ou la commande prédictive par modèles MPC sont décrits par des formules mathématiques. La recherche-développement a beaucoup fait au cours des dernières décennies pour en optimiser la mise en œuvre. Grâce à ces efforts, la vitesse d'exécution d'algorithmes complexes, typiques de la commande MPC, est de l'ordre de la microseconde.

### 3 Exemple d'application de contrôle-commande comportant des branches parallèles



Le traitement parallèle apportera forcément son lot d'améliorations mais aussi d'interrogations : quelles parties de ces algorithmes, toujours exécutées en séquentiel, peuvent l'être en parallèle ? Comment optimiser l'accès aux données pour les branches parallèles du code ? Nos chercheurs en automatique et nos informaticiens coopèrent sans relâche à la réalisation d'algorithmes parallèles performants [5].

#### Potentialités

Ces solutions ouvrent de nouvelles perspectives aux contrôleurs d'automatismes :

- Il est désormais possible de combiner une multitude de fonctions dans un même matériel. Aujourd'hui, on utilise des contrôleurs dédiés pour répondre à des exigences métiers ; demain, leur flexibilité accrue permettra de grouper de vastes ensembles fonctionnels dans un même équipement, diminuant d'autant le coût des systèmes de contrôle-commande.
- Des processeurs multicœurs plus puissants que les simples cœurs actuels, mais cadencés à des vitesses d'horloge bien inférieures et donc faciles à refroidir, permettront de loger des contrôleurs performants dans un espace réduit.
- La sécurité intégrée et la tolérance aux fautes par logiciel favorisent cette consolidation matérielle en exploitant les techniques d'hypervision et d'isolation associée des UC dernier cri. Grâce à ces développements judicieux, les chercheurs d'ABB travaillent aujourd'hui à atteindre et même dépasser les niveaux de sécurité et de tolérance aux fautes,

en utilisant autant, sinon moins de matériels.

- La cybersécurité, capitale pour les systèmes d'automatismes industriels et des applications avancées comme la télé-exploitation ou le contrôle-commande distribué, peut être renforcée en mettant à profit une partie de la puissance du multicœur pour signer et/ou chiffrer la communication réseau ou d'autres activités simultanées de contrôle de sécurité (cf. p. 64).
- D'autres fonctions sont réalisables en exploitant toute la puissance du parallélisme. Exemple : l'analyse des données en temps réel, parallèlement à l'exécution des algorithmes de commande, et non plus hors ligne, méthode consommatrice de temps processeur. Cela contribuera à optimiser l'efficacité du procédé et à pérenniser l'équipement grâce à une meilleure surveillance favorable à la maintenance prédictive. Le surcroît de puissance procuré par les UC multicœurs peut aussi servir à peaufiner la précision des algorithmes de commande (MPC, par exemple).

#### Bilan

Le logiciel joue un rôle prépondérant pour concrétiser les promesses de performance du multicœur. En s'écartant des sentiers battus de l'évolution centrée sur le matériel, il évite les écueils des futurs goulets d'étranglement et permet de construire des automatismes capables d'évoluer avec les exigences applicatives croissantes de nos clients.

**Michael Wahler**

**Sascha Stoeter**

**Manuel Oriol**

**Martin Naedele**

ABB Corporate Research

Dättwil (Suisse)

michael.wahler@ch.abb.com

sascha.stoeter@ch.abb.com

manuel.oriol@ch.abb.com

martin.naedele@ch.abb.com

**Atul Kumar**

ABB Corporate Research

Bangalore (Inde)

atulkumar.d@in.abb.com

#### Bibliographie

- [1] Sutter, H., « A fundamental turn toward concurrency in software », *Dr. Dobbs' Journal* 30, 2005, [en ligne], disponible sur <http://www.drdoobs.com/architecture-and-design/184405990>, consulté le 22/5/12.
- [2] Oriol, M., Steiger, M., Stoeter, S., Vardar, E., Wahler, M., Koziolok, H., Kumar, A., « FASA: A Scalable Software Framework for Distributed Control Systems », *3<sup>rd</sup> International Symposium on Architecting Critical Systems (ISARCS)*, Bertinoro (Italie), juin 2012.
- [3] Richter, S., Wahler, M., Kumar, A., « A Framework for Component-Based Real-Time Control Applications », *13<sup>th</sup> Real-Time Linux Workshop*, Prague (République tchèque), 2011.
- [4] Wahler, M., Richter, S., Kumar, A., Oriol, M., « Non-disruptive Large-scale Component Updates for Real-time Controllers », *Workshops Proceedings of the 27<sup>th</sup> International Conference on Data Engineering (ICDE)*, 174–178, Hanovre (Allemagne), 2011.
- [5] Li, Z., Donde, V., Tournier, J., Yang, F. « On Limitations of Traditional Multi-core Architecture and Potential of Many-Core Processing Architectures for Sparse Linear Solvers used in Large Scale Power System Applications », *IEEE Power Energy Society General Meeting*, Détroit (États-Unis), juillet 2011.





# Les variateurs sur le pont

## Les variateurs basse tension ABB aux commandes d'un pont mobile

**MIKAEL HOLMBERG** – Les variateurs de fréquence *ABB industrial drive* embarquent des programmes de commande pour l'élaboration de solutions applicatives économiques adaptées à la plupart des entraînements de puissance. Des nombreuses applications de pompage et de ventilation à celles plus spécifiques de levage et de treillage, ces programmes permettent aux variateurs de parler le « métier » du client mais aussi de lui apporter les fonctionnalités désirées. Ces solutions applicatives capitalisent des années d'expérience d'ABB dans des secteurs d'activité très divers. Parfois, des programmes existants servent de point de départ à l'élaboration de nouvelles solutions, comme en atteste ici le système de commande d'un pont mobile.

Les ponts mobiles ont en commun bon nombre de contraintes et exigences avec des appareils de levage comme les grues et les treuils. ABB est donc parti de son programme de commande Levage pour développer une solution *ad hoc*.

Créé pour ses variateurs ACS800 de la série *ABB industrial drive* → 1, ce programme régule sans à-coups la vitesse et le couple des moteurs d'entraînement des mouvements de levage, de translation et de direction de différents appareils, notamment :

- les ponts-roulants et autres engins de levage industriels → 2 ;
- les grues portuaires → 3 ;
- les grues de chantier/à tour ;
- les grues de quai et de pont.

Les variateurs ABB dotés du programme Levage peuvent fonctionner en mode autonome, où les mouvements sont commandés de manière indépendante, et en mode maître/esclave(s), un des variateurs interconnectés jouant le rôle de chef d'orchestre. Ce dernier permet une coordination multi-entraînement et une répartition des charges. Nous verrons que, dans le cas d'un pont mobile commandé en maître/esclave(s), plusieurs configurations sont possibles.

Dans une application de levage, chaque variateur peut en alternance fonctionner en autonome, en maître ou en esclave. La

---

#### Photo

Exemple type de pont mobile pouvant bénéficier des fonctionnalités des variateurs de fréquence.

Les variateurs de fréquence ABB industrial drive embarquent des programmes de commande pour l'élaboration de solutions applicatives économiques adaptées à la plupart des entraînements de puissance.



transition d'un mode à l'autre se fait par sélecteur. Cette possibilité confère un haut degré de redondance à l'application.

#### Sous-programme anti-ballant

Le programme Levage est complété d'un sous-programme de contrôle du balancement de la charge pour les engins de levage installés en intérieur. Cette fonction des variateurs ABB industrial drive détermine la constante de temps de l'engin en mesurant en permanence sa position et sa charge; elle estime également la vitesse et l'angle de balancement de la charge afin de calculer la référence de vitesse de compensation pour les mouvements de translation et de direction de l'engin. En supprimant un composant (capteur externe), ce sous-programme simplifie et fiabilise la solution, au bénéfice du client.

#### Commande de treuils

La commande des treuils marins est très proche de celle des appareils de manutention industrielle. Les variateurs ABB industrial drive certifiés Marine de la série ACS800 constituent donc une solution idéale et leur programme Levage est le point de départ parfait pour développer une application de treuillage. En effet, ils intègrent déjà toutes les fonctions habituellement requises pour la commande des différents types de treuils: treuils d'ancrage, d'amarrage, de rampe de navire ro-ro, de remorquage et de navire de recherche → 4.

Les fonctions du programme Treuillage permettent de remplacer les coûteux systèmes hydrauliques traditionnels. Les

avantages sont tangibles: baisse des coûts de maintenance et hausse des performances, de la sécurité des opérateurs et de la fiabilité du système. Le variateur lui-même remplace les contacteurs et autres appareils basse tension indispensables au démarrage direct des moteurs du treuil sur le réseau électrique. En démarrant et en accélérant le moteur sur la rampe jusqu'à la vitesse et le couple requis, le variateur réduit les contraintes sur le réseau de bord pendant le treuillage.

Les fonctions de manœuvre d'ancre illustrent parfaitement l'apport des protections du programme de treuillage. La fonction antipatinage du moteur, par exemple, détecte toute charge anormalement élevée sur la chaîne de relevage du fait d'un écart de vitesse entre le tambour du câble et l'arbre moteur. Le basculement d'un interrupteur ramène immédiatement la valeur de vitesse/couple du moteur à une valeur fixée par le constructeur du treuil. Cette protection empêche la dégradation de l'arbre moteur, du tambour ou de l'embrayage entre les deux.

#### Contrôle de couple

Tous les entraînements d'appareils de levage et de treuils nécessitent un contrôle de couple très précis et puissant. La technique de commande brevetée DTC (*Direct Torque Control*) est la clé de voûte du succès des variateurs ABB industrial drive → 5. Elle garantit les niveaux exigés de performance et de protection des applications de levage et de manutention.



Les programmes permettent aux variateurs de parler le « métier » du client mais aussi de lui apporter les fonctionnalités désirées pour chacune de ses applications.

À la différence des autres variateurs de fréquence qui agissent sur la tension et la fréquence d'entrée, les variateurs DTC utilisent principalement le flux et le couple moteur pour réguler de manière précise la vitesse et le couple, avec ou sans codeur incrémental sur l'arbre moteur. Grâce à la technique DTC, le variateur est capable de produire 100 %

Autre avantage : s'agissant d'une plateforme multimoteur, la technique DTC contribue à réduire les coûts de modernisation ou de remplacement d'équipements existants. Ainsi, pour la mise à niveau technique d'un treuil marin à trois vitesses/trois enroulements au moyen d'un variateur *ABB industrial drive*, le moteur existant peut être conservé

et le variateur n'utiliser qu'un des trois enroulements ; les coûts et les temps d'immobilisation sont alors considérablement réduits.

La programmation adaptative par blocs fonctions permet à l'utilisateur d'intégrer une logique de commande externe, de créer de nouvelles fonctions ou de modifier la logique existante.

En embarquant commande DTC et programmes applicatifs, le variateur se mue en solution en adéquation

de couple à vitesse nulle sans retour capteur. Il s'agit là d'un réel avantage à bord des navires où les capteurs sont soumis à de fortes contraintes climatiques susceptibles de les endommager ou de perturber la transmission des mesures.

totale avec le cahier des charges du client. Aucun autre dispositif ou automatisme ne doit être installé ; la suppression de plusieurs composants rend le système global plus économique et plus fiable.

#### Technique DTC et ponts mobiles

De surcroît, DTC offre un temps de réponse exceptionnellement court de 25 microsecondes dans la boucle de régulation entre la machine entraînée (grue ou treuil, par exemple) et le variateur, soit près de 10 fois mieux que le contrôle vectoriel de flux.

Fort de l'expérience acquise lors du développement de ses programmes de levage et de treuillage, ABB a élaboré une application pour ponts mobiles. Les variateurs *ABB industrial drive* alimentent ici les moteurs électriques de manœuvre du tablier ou travée mobile du pont, et commandent ses freins mécaniques à

En embarquant commande DTC et programmes applicatifs, le variateur est en totale adéquation avec le cahier des charges du client. Aucun autre dispositif ou automatisme ne doit être installé ; la suppression de plusieurs composants rend le système global plus économique et plus fiable.

### 3 Grue portuaire



disques ou à tambour. De plus en plus utilisés, à la fois pour des projets de construction et de modernisation ou rénovation, les entraînements à variateur de fréquence tendent à remplacer les entraînements hydrauliques ou à courant continu (CC) de ces ouvrages.

Les variateurs régulent sans à-coups la vitesse et le couple des moteurs de montée/descente et de rotation du tablier sur son axe. Sur une large plage de vitesses et de charges, ils commandent intégralement les moteurs en courant alternatif (CA) à la fois en rotation avant (montée) et arrière (descente). En conjuguant technique DTC et programme applicatif, les exigences spécifiques aux ponts mobiles (régulation précise avec ou sans retour codeur, faible vitesse et couple élevé) sont pleinement satisfaites.

#### Commande en vitesse variable des ponts mobiles

La commande du système multi-entraînement d'un pont mobile peut être coordonnée et/ou synchronisée. La coordination des différents moteurs du système et la répartition des charges se font généralement en mode maître-esclave.

#### Maître régulé en vitesse et esclave régulé en couple

Lorsque deux moteurs sont accouplés par un arbre mécanique (assurant simultanément la montée/descente des deux parties du pont, par exemple), l'entraîne-

ment maître régulé en vitesse détermine la durée de manœuvre du pont. L'entraînement esclave régulé en couple permet d'obtenir une répartition très précise de la charge entre les entraînements.

#### Maître régulé en vitesse et esclave synchronisé

Si les deux moteurs ne sont pas accouplés (chacun fonctionnant indépendamment mais simultanément, lors de la montée/descente du pont), le maître est régulé en vitesse ce qui, ici encore, détermine le temps de manœuvre. L'esclave, pour sa part, fonctionne en mode synchronisé pour une montée symétrique. Autrement dit, les deux parties du pont sont synchronisées pour monter en même temps et selon le même angle.

#### Montée/descente symétrique en mode synchronisé

Souvent, les entraînements des deux côtés du pont doivent être parfaitement synchronisés lors de sa manœuvre. Un codeur incrémental standard peut être installé pour mesurer avec précision la position du tablier par rapport à chaque entraînement. Le retour codeur du maître est indispensable à la synchronisation de l'entraînement esclave. La fonction, intégrée au programme de commande du pont mobile, opère avec la commande DTC pour obtenir le niveau de synchronisation requis. Ce mode peut être utilisé sur un système composé d'un maître et d'un maximum de quatre esclaves.



#### Commande de frein mécanique et mémorisation du couple

Le programme applicatif intègre également une logique de commande intégrée du frein qui utilise les fonctions de mémorisation du couple et de pré-magnétisation pour serrer et desserrer le frein de manière sûre et fiable. Le frein mécanique est soit interne (frein à disques), soit externe (frein à tambour) au moteur. Pour une sécurité accrue, les deux freins peuvent être utilisés simultanément. La logique de commande du frein du variateur inclut une fonction qui lui permet d'immobiliser l'arbre jusqu'au serrage du frein mécanique. La fonction de ralentissement limite la vitesse dans les zones critiques à une valeur pré-réglée. Des détecteurs de fin de course haut et bas arrêtent le moteur en butée. En cas d'urgence, la fonction de sécurité d'arrêt rapide est activée.

#### Contrôle vitesse et défaut vitesse

La fonction de contrôle vitesse protège le moteur des survitesses alors que celle de défaut vitesse compare en continu la consigne à la vitesse de rotation réelle de l'arbre moteur pour détecter tout écart. Une de ces deux fonctions arrête immédiatement le moteur en cas de problème.

#### Du prêt-à-l'emploi au sur-mesure

Les programmes applicatifs et la plateforme de commande avancée DTC des variateurs *ABB industrial drive* se complètent pour optimiser les performances et la précision de nombreuses

applications de levage et de maintenance. S'ils permettent à ABB de proposer des solutions directement opérationnelles, les variateurs autorisent également une programmation adaptative par blocs fonctions. L'utilisateur peut alors les personnaliser en leur intégrant une logique de commande externe, en créant de nouvelles fonctions ou en modifiant la logique existante, notamment en faisant varier les temps de rampe au cours du cycle d'ouverture du pont.

Les variateurs et leurs programmes applicatifs constituent des solutions fonctionnelles complètes, dédiées et économiques. C'est en collaborant étroitement avec ses clients, en restant à leur écoute et en anticipant sur l'évolution du marché qu'ABB maintient son *leadership* dans les solutions logicielles applicatives pour les entraînements à vitesse variable.

#### Mikael Holmberg

ABB Low Voltage AC Drives  
Helsinki (Finlande)  
mikael.holmberg@fi.abb.com

Le contrôle direct de couple ou « DTC » (*Direct Torque Control*) est la technique de commande des moteurs à courant alternatif la plus performante. Ces dernières années, elle a supplanté les techniques traditionnelles par modulation de largeur d'impulsion (MLI) en boucles ouverte et fermée. Elle contrôle directement le couple et la vitesse à partir d'informations sur l'état électromagnétique du moteur et non de la fréquence d'entrée et de la tension (cas des variateurs MLI). La technologie DTC est la première à agir sur les véritables variables de commande d'un moteur que sont le couple et le flux. Leur contrôle direct permet de supprimer le modulateur qui allonge le temps de réponse aux variations de couple. Enfin, la commande DTC offre un niveau de précision exceptionnel en régulation de couple sans retour capteur.



# Liaisons de convenance

La convergence de l'informatique d'entreprise et des opérations électriques renforce la distribution

**TIM TAYLOR – De tout temps, les technologies de l'information (TI) et les technologies opérationnelles (TO) ont suivi des chemins distincts, poursuivant des objectifs propres, dans des domaines cloisonnés. Aujourd'hui, elles ont tout intérêt à marier leurs activités, dans un grand nombre de secteurs industriels. Avec le déploiement des réseaux électriques « intelligents », ces deux grandes familles d'applications ont désormais la possibilité de travailler en tandem pour doper la distribution électrique. Depuis quelques années, ABB se pose en leader de l'intégration TI/TO pour la gestion de la distribution, grâce à des solutions qui améliorent la performance du distributeur, l'efficacité et la fiabilité du système ainsi que la satisfaction des clients.**

**Photo ci-contre**

Technologies de l'information et technologies opérationnelles, en phase pour accroître la performance de la distribution électrique

**S**i l'on en juge par ses multiples exemples de mise en œuvre dans la distribution électrique, la convergence TI/TO n'est pas une nouveauté. Pour autant, de solides arguments technologiques et économiques confortent le phénomène.

**Mise au point préalable**

À défaut de définition officielle des technologies de l'information et des technologies opérationnelles dans l'industrie électrique, il importe de cadrer leurs domaines d'application → 1 et différences → 2. Il en ressort que les technologies opérationnelles ont trait aux équipements de terrain raccordés au réseau de distribution ainsi qu'à leur infrastructure de sur-

veillance et de pilotage dans le centre de conduite, comme la supervision « SCADA » (*Supervisory Control And Data Acquisition*) et la gestion de la distribution « DMS » (*Distribution Management System*). Les transmissions se font pour l'essentiel d'équipement à équipement ou d'équipement à ordinateur, l'interaction avec l'homme restant minime. Les technologies de l'information, pour leur part, sont traditionnellement associées aux

systèmes informatiques de gestion : comptabilité, facturation et recouvrement, suivi et amortissement des actifs, gestion des ressources humaines, comptes clients. Elles se caractérisent par de fréquentes saisies et des ressources de calcul centralisées dans des salles informatiques, fermes de serveurs et *datacenters*.

**Foisonnement technique**

L'injection d'une dose d'« intelligence » opérationnelle dans les réseaux de distri-

---

La distribution électrique est depuis longtemps dotée d'un certain niveau d'« intelligence opérationnelle ».

bution ne date pas d'hier ; depuis longtemps, les régulateurs de tension, changeurs de prises, commutateurs de batteries de condensateurs, réenclencheurs, sectionneurs, interrupteurs de charge et même les relais électromécaniques sont pilotés par commandes locales. Pourtant, les systèmes TI et TO se complexifient, tout comme les données opérationnelles de la distribution électrique, à mesure que le réseau s'enrichit

Les **technologies de l'information** sont principalement des applications logicielles facilitant la prise de décisions commerciales, la planification, la gestion des processus métiers et l'allocation des ressources de l'entreprise. Elles sont le plus souvent connues par leur sigle anglais. Citons, entre autres :

- Gestion des ressources de l'entreprise (*ERP*)  
Gestion intégrée des moyens financiers et humains, flux physiques et actifs de l'entreprise
- Gestion des actifs de l'entreprise (*EAM*)  
Gestion intégrée de la chaîne d'approvisionnement, des stocks, tâches et actifs
- Gestion des itinérants (*MWFM*)  
Gestion des agents d'exploitation, cartographie, ordonnancement des tâches et optimisation
- Systèmes d'information clients (*CIS*)  
Gestion des données des clients, des informations de comptage, de facturation et de règlement
- Gestion de portefeuille énergétique (*EPM*)  
Planification, optimisation du portefeuille, ordonnancement, négoce d'électricité et gestion des risques, analyse de marché, fourniture, prévision de consommation et tarification, soumission de transactions au régulateur des réseaux de transport, règlement et analyse a posteriori

- Réponse à la demande (*RD*)  
Gestion proactive de l'offre (centrales virtuelles) et de la demande (effacements ou déplacements de consommation)
- Comptage évolué (*AMI*)  
Acquisition et gestion des données de comptage (avec et sans intervalle), télérelève avec ou sans télécommande

Les **technologies opérationnelles** incluent les applications de pilotage en temps réel (ou quasi temps réel) des équipements du système électrique :

- Supervision (*SCADA*)  
Acquisition temps réel des données
- Gestion de la distribution (*DMS*)  
Gestion et conduite avancées des réseaux de distribution : détection/localisation des défauts et reprise de service, optimisation du réglage de tension et de puissance réactive (*VVO*), estimation d'état, gestion des incidents (*OMS*), etc.
- Gestion d'énergie (*EMS*)  
Gestion et conduite des réseaux de transport
- Systèmes d'information géographique (*SIG*)  
Cartographie et géolocalisation

d'équipements numériques et communicants → 3.

L'instrumentation, le traitement informatique, le contrôle-commande et les communications, par exemple, s'invitent sur les lignes électriques. L'installation de superviseurs distincts pour la distribution ou l'extension des superviseurs de réseau de transport à la distribution

*computing* (informatique en nuage) et technologies mobiles. La complexité de ces développements impose, mais aussi permet, la confluence des deux grands courants technologiques TO et TI.

La récente mise en œuvre de tous ces systèmes dans la distribution ouvre à l'entreprise électrique de vastes pistes de progrès, encore aujourd'hui largement inexploitées. C'est en brisant les silos informationnels entre TI et TO que les entreprises pourront partager les données qui amé-

## Grâce à l'intégration TI/TO, les incidents imprévus se muent en mises hors service planifiées.

devient courante. Des applications DMS avancées, souvent couplées aux nouveaux systèmes de gestion des incidents « OMS » (*Outage Management Systems*), sont exécutées. De plus en plus d'entreprises utilisent les données de comptage évolué pour gérer les incidents et renseigner les exploitants sur la charge. Le déploiement des TI dans la distribution électrique est multiforme : réseaux locaux et distants sur IP, systèmes de gestion intégrée des ressources de l'entreprise, adoption continue de techniques géospatiales, virtualisation des serveurs, projets de *cloud*

lioreront les performances du système et la satisfaction des clients tout en comprimant les coûts.

### Gestion intégrée et intégrale

La société Ventyx, nouvelle acquisition d'ABB, s'est appuyée sur les récents progrès de la convergence TI/TO pour développer le concept de « gestion totale de la distribution » → 4. La solution conjugue des données temps réel et quasi temps réel, la modélisation, la visualisation et la simulation du réseau, ainsi que l'intégration de tous les grands systèmes utilisés en distribution pour

## 2 Technologies de l'information (TI) et technologies opérationnelles (TO)

	TI	TO
Objectifs	Traitement transactionnel Analyse des systèmes et applications Analyse technico-économique Aide à la décision	Contrôle-commande des équipements Conduite, comptage et protection du procédé Communications interéquipements Communications serveurs-équipements
Environnement d'exploitation	Centres de données Serveurs Centres de commande	Postes électriques Équipements de terrain Centres de conduite
Entrées	Saisies manuelles Autres systèmes TI Données en provenance de systèmes TO	Capteurs par RTU et API IED, relais, compteurs Entrées opérateur et autres systèmes TO
Sorties	Bilans Résultats d'analyses et de calculs Commandes à destination de systèmes TO	Manœuvres Affichages d'état et d'alarmes Journaux d'exploitation
Détenteurs	Direction et services informatiques Finance Opérations (OMS, DMS, EMS)	Responsables des opérations, directeurs techniques Responsables d'activité Services de maintenance
Éléments de connectivité	Réseau d'entreprise Protocole IP	Protocoles de contrôle-commande de procédé Liaisons sur IP, câblées analogiques et numériques

constituer une nouvelle plate-forme de gestion et d'exploitation des réseaux de distribution.

Au rang des technologies opérationnelles figurent les dispositifs électroniques intelligents « IED » (*Intelligent Electronic Devices*) et les postes de téléconduite « RTU » (*Remote Terminal Units*), mais aussi les compteurs et autres équipements qui rapatrient les données du terrain au centre de conduite, les premiers utilisant l'architecture de communication du comptage évolué, et les seconds, celle de la supervision. Un modèle de réseau unique, reproduisant explicitement la connectivité du système et ses caractéristiques électriques, est partagé à la fois par la gestion des incidents OMS et les applications DMS avancées. L'ensemble intégré SCADA, OMS et DMS s'interface aux autres systèmes TI. Une informatique décisionnelle de pointe, développée spécifiquement pour la distribution électrique, fédère tous ces systèmes et fournit des analyses et informations utiles aux différents acteurs, internes et externes, de la chaîne de valeur → 5.

### Impacts sur le réseau de distribution

Une application d'optimisation du réglage de tension et de puissance réactive « VVO » (*Volt and Var Optimization*) par modèle vient d'être ajoutée au ges-

tionnaire de réseau DMS de Ventyx. Elle surveille en continu le réseau de distribution et en optimise les réglages pour minimiser une fonction objectif de demande et/ou perte d'énergie en MW, sous contrainte de dépassements de tension/courant dans des systèmes maillés triphasés, en régime non équilibré. La VVO calcule les réglages de commande optimaux des condensateurs commutables et des changeurs de prises des transformateurs régleurs en charge (cf. p. 44). L'état optimisé du système est basé sur la solution de transit de puissance exécutée sur le modèle de réseau. L'application transmet alors aux dispositifs TO les ordres de changement d'état des commutateurs de condensateurs ou de position des prises de régleur. Le distributeur électrique est doublement gagnant puisqu'il réduit à la fois les capacités de production qu'il lui faudrait sinon construire ou acheter sur le marché, et les pertes de puissance active dans le système.

Autre exemple d'application DMS s'appuyant sur les modèles de réseau du système d'information géographique (SIG) adaptés aux conditions de réseau en fonctionnement : la détection/localisation des défauts et la reprise de service « FLISR » (*Fault Location, Isolation, and Service Restoration*). L'application utilise en entrée le courant de

En brisant les silos entre TI et TO, les entreprises pourront partager les données qui amélioreront les performances de leur système.

défaut, l'état des indicateurs de passage de défaut et des disjoncteurs/interrupteurs, ainsi que le modèle électrique du réseau pour déterminer le plan de commutation optimal afin d'isoler le défaut et de réalimenter rapidement le maximum de consommateurs. Des calculs de flux de puissance déséquilibrés utilisant ce modèle permettent de savoir si les différents plans de commutation envisagés subiront des franchissements de seuils thermiques ou de tension. Une fois le plan optimal sélectionné, les commandes appropriées sont transmises aux appareils de terrain par les communications de la supervision. Le distributeur électrique améliore ainsi la fiabilité de la desserte et la satisfaction de ses clients.

### Impact sur le personnel

On a de plus en plus tendance à coupler les données des systèmes TO (automatismes et superviseurs, par exemple) aux systèmes TI pour améliorer l'efficacité du personnel et la prise de décision. C'est le cas, par exemple, d'un DMS employé pour localiser les défauts ayant déclenché des protections, comme les disjoncteurs. La fiche signalétique du défaut (ampleur, type et phases incriminées) est remontée du relais ou du RTU au DMS, qui l'utilise pour situer le défaut et en informer l'opérateur de conduite ou le dispatcher en quelques minutes, lequel renseigne à son tour l'équipe d'inter-

Nombreux sont les développements applicatifs favorisant l'intégration des systèmes TI et TO dans la distribution électrique.

**Collecte et transmission des données**

Il est de moins en moins coûteux de collecter et de faire remonter les données d'exploitation du terrain : des transmissions large bande économiques et performantes entre le centre de conduite et les équipements distants (dorsales haut débit et liaisons sans fil Gigabit Ethernet) rapatrient les données vers le système d'information de l'entreprise. Les réseaux de compteurs communicants, qui ne sont normalement pas large bande, sont également mis à profit pour assurer la surveillance et, dans certains cas, le pilotage des opérations.

**Architectures informatiques normalisées**

Certaines technologies opérationnelles, comme la supervision, la gestion de la distribution et des incidents, utilisent depuis quelque temps des plates-formes informatiques standards, notamment sous Linux et Windows, sur réseaux IP. Cela permet de gérer économiquement ces ressources, qui peuvent être configurées et surveillées avec des gestionnaires de réseau classiques. La montée en puissance du traitement informatique, du stockage sur disque et des transmissions réseaux continue d'abaisser les coûts dans tous les domaines TO et TI, tout en fournissant les capacités nécessaires au déploiement économique et massif des automatismes de distribution et de l'analyse avancée des données.

**Intégration d'applications**

Les technologies disponibles pour l'intégration des systèmes ont beaucoup évolué. Les logiciels intermédiaires (*middleware*) de messagerie inter-application de type publication-abonnement temps réel ont permis de transposer à la distribution électrique certains des principes de l'intégration applicative d'entreprise (*Enterprise Application Integration*). Pour lier de nombreuses

applications TI et TO, la tendance est aujourd'hui au développement de services web dans une architecture orientée services, même si une architecture hybride comportant d'autres interfaces de type point à point sera économique pour certaines applications. Les technologies d'intégration applicative ne cessent de progresser, facilitant la convergence TI/TO.

**Modélisation et mutualisation de données**

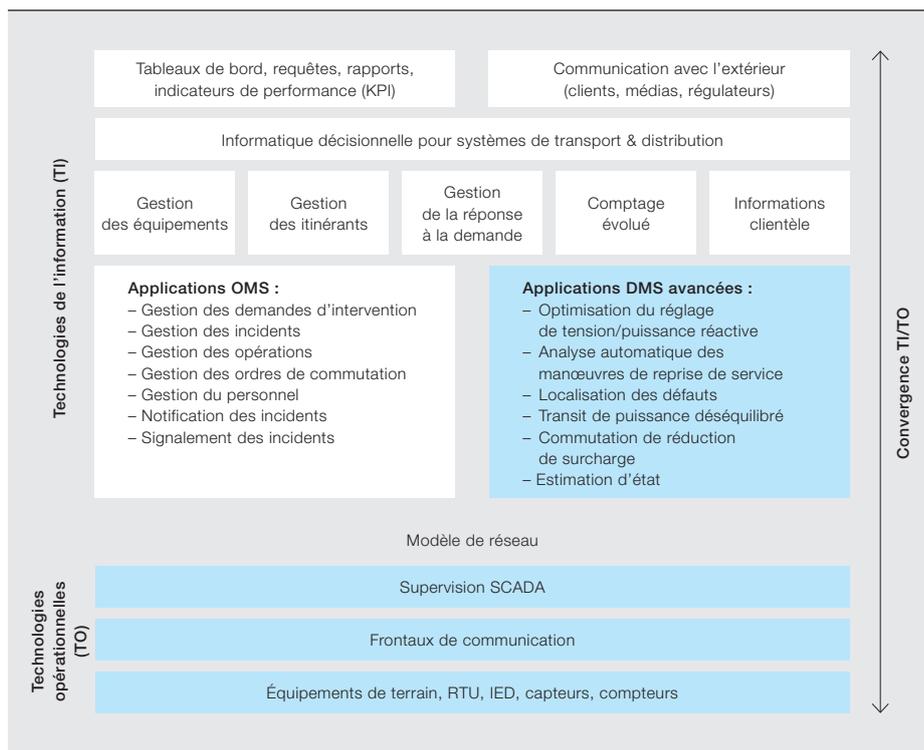
Les normes d'interopérabilité développées par de nombreux organismes, dont la CEI et l'IEEE, commencent à être appliquées. C'est le cas de la CEI 61968 qui normalise les échanges d'informations entre réseaux de distribution, à l'aide d'un modèle commun « CIM » (*Common Information Model*). Celui-ci traitera divers aspects des opérations de distribution, du comptage évolué, des ressources énergétiques décentralisées et de la réponse à la demande. La maturation de ces normes est capitale pour renforcer la convergence TI/TO.

**Informatique nomade et accès aux données**

L'extension, l'inspection, l'exploitation et la maintenance d'une architecture d'équipements distribués impliquent que de nombreux processus de travail sur le réseau de distribution se font sur le terrain. L'ascension de l'informatique mobile, de l'accès aux données et même de la photographie et de la vidéo numériques bouleversera les activités de distribution comme la commutation, le contrôle, la conception, la connaissance de la situation, l'historique de fonctionnement des équipements, l'évaluation des dommages, l'optimisation des ressources locales et le suivi des stocks. Les équipes de terrain auront bien plus accès aux données opérationnelles, pour certaines en quasi temps réel.

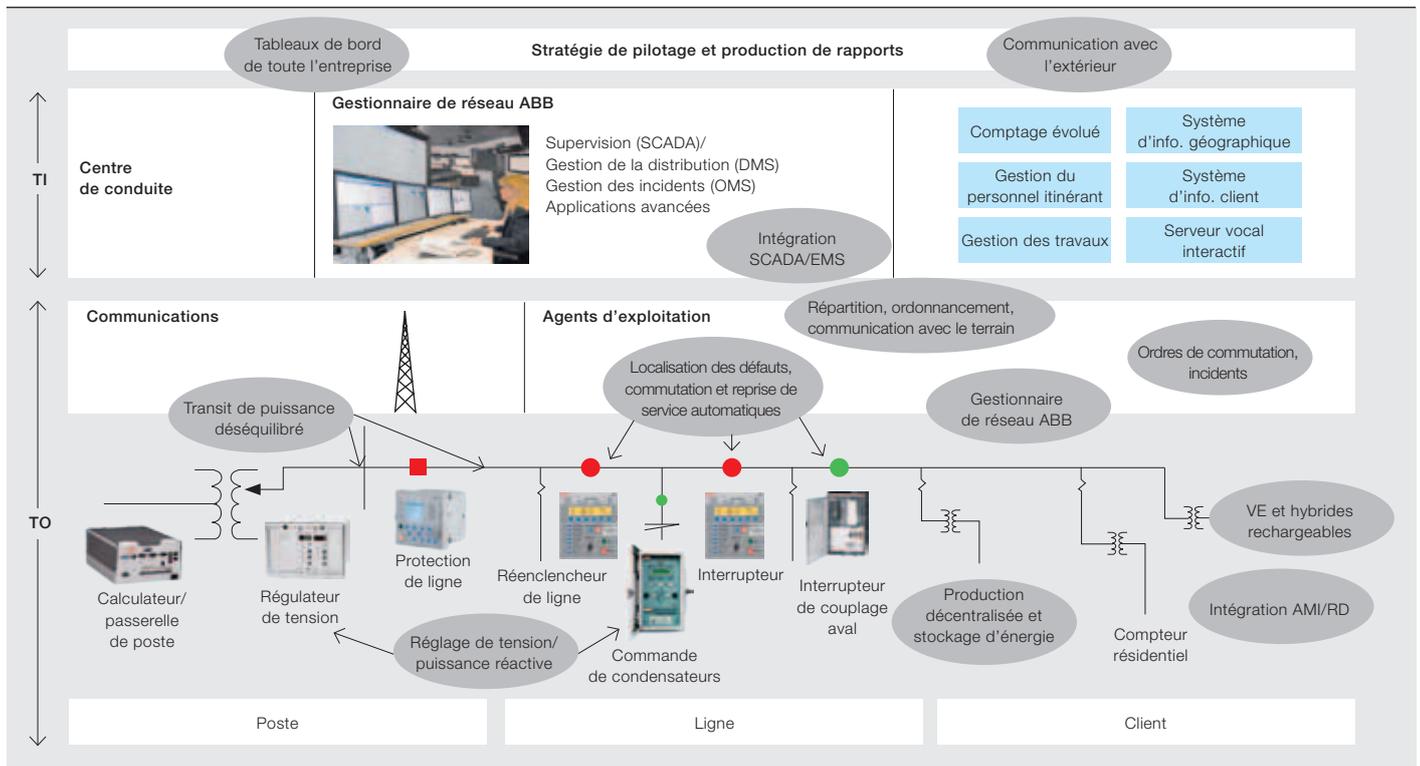
La convergence TI/TO permet aux distributeurs de mieux informer leurs interlocuteurs sur le service électrique.

4 La gestion de la distribution électrique ABB, à la croisée des systèmes TI et TO



vention sur le lieu approximatif du défaut. Résultat: des délais de rétablissement du courant écourtés et des mesures de fiabilité améliorées. Les données fournies au DMS sont ensuite traitées, permettant à l'exploitant du réseau comme à ses agents de gagner en efficacité.

Les données des divers systèmes TO peuvent aussi être envoyées à des systèmes informatiques de gestion, comme un outil de pilotage stratégique ou de gestion d'actifs « EAM » (*Enterprise Asset Management*) pour améliorer la prise de décision compte tenu des processus de gestion d'actifs à plus long terme. Ces



Les applications en gris sont rendues possibles par l'intégration TI/TO.

données sont de plus en plus analysées avec des techniques d'exploration, de reconnaissance de formes et des statistiques. Les données issues des capteurs et équipements de surveillance en ligne (température, pression, historique de charge, durée et fréquence des courts-circuits et des défauts traversants, nombre de manœuvres et autres grandeurs d'exploitation) peuvent toutes être mises à la disposition, dans l'environnement TI, des gestionnaires d'actifs pour prendre de meilleures décisions de maintenance et de remplacement des équipements. Parmi les bénéfices potentiels figurent la conversion d'incidents imprévus en mises hors service planifiées (si cela se justifie économiquement), la réduction du nombre de pannes catastrophiques et une meilleure allocation des dépenses d'investissement et de maintenance.

Une autre tendance forte est la mise en place d'une informatique décisionnelle capable d'extraire toute la richesse des données de l'OMS, de la gestion des travaux (WMS), de la supervision et d'autres systèmes TO pour fournir des indicateurs de pilotage (tableaux de bord) et des canaux de consultation à tout le personnel. Les tableaux de bord, économiques et directement exploitables,

peuvent s'adapter à une fonction spécifique de l'entreprise (opérations, service client, direction, etc.). Les utilisateurs sont alors à même de puiser dans cette masse de données, les croiser et les recouper pour obtenir plus de détails. D'où une meilleure connaissance de la situation qui fournit à tous *la bonne information au bon moment pour prendre la bonne décision.*

### Des acteurs éclairés

La convergence TI/TO permet aux distributeurs de renseigner leurs interlocuteurs (usagers, pouvoirs publics, régulateurs et tous ceux intéressés par la performance du système) sur le service électrique : incidents de fourniture, facturation à la durée ou à l'usage, offres et programmes spéciaux, autres informations que l'énergéticien juge bon ou utile de partager.

Des cartes de coupures, par exemple, sont postées sur le site web du fournisseur pour indiquer le nombre d'incidents, d'usagers privés d'électricité et leur emplacement. À partir des prévisions de charge du réseau (déterminées par les charges passées et présentes collectées des systèmes TO), les distributeurs ou fournisseurs d'électricité peuvent inviter leurs clients à diminuer

leur consommation, dans le cadre d'un programme de réponse à la demande (« événement RD »), soit directement par messages ou signaux de commande, soit indirectement par tarification. Les portails d'information entre l'entreprise électrique et ses interlocuteurs (agences de sécurité publique, régulateurs, collectivités locales, etc.) deviennent monnaie courante.

### Tim Taylor

Ventyx (société du Groupe ABB)  
 Raleigh-Durham, Caroline du Nord (États-Unis)  
 tim.taylor@us.abb.com



# Matière grise

La spécification PAS 55 pérennise la performance des entreprises par une gestion globale des actifs

GORDON J MELVIN, JOHN BENDERS – ABB compte de nombreux clients de l'industrie lourde, de l'énergie, des infrastructures publiques et des transports, qui ont beaucoup à gagner d'une gestion intégrée de leurs actifs sur toute la durée de vie pour en maîtriser les coûts et les risques, en phase avec les objectifs opérationnels de l'entreprise. D'autant que les responsables de production et de maintenance doivent de plus en plus fournir des mesures de performance (taux d'utilisation et rendement de l'actif, etc.) et un bilan de santé complet du parc, fondé sur des informations à jour et précises. Pour cela, ils peuvent aujourd'hui s'appuyer sur un référentiel mondial, la spécification « PAS 55 » (*Publically Available Specification*) que l'éditeur de logiciels Ventyx, société du Groupe ABB, a inscrite au cœur de sa solution Ellipse.



La PAS 55 s'impose rapidement dans le monde entier pour ses bonnes pratiques d'optimisation de la gestion d'actifs.

Un registre d'actifs caduc ou mal tenu peut avoir des conséquences désastreuses. Prenons l'exemple d'une défaillance de disjoncteur dans un poste électrique : si elle n'est pas enregistrée, il n'y a aucun moyen de suivre l'état et la maintenance de l'appareil pour éviter une nouvelle panne. Quelle ne fut pas la déconvenue d'une entreprise confrontée à ce problème quand elle découvrit que plus de 10 000 disjoncteurs n'étaient pas répertoriés ! Et encore, il ne s'agit là que d'un type d'actifs dans un seul domaine d'activité. Presque toutes les entreprises industrielles détiennent un imposant parc d'équipements qu'il faut suivre à la trace pour en analyser les risques, les coûts, etc. Dans le passé, chacune avait son

idée sur la question, sans concertation ni harmonisation des pratiques. Aujourd'hui, la PAS 55 entend « normaliser les choses ».

#### Décryptage

Les experts industriels de l'*Institute of Asset Management* (Royaume-Uni), en collaboration avec l'organisme de normalisation britannique BSI (*British Standards Institute*), ont conçu la spécification PAS 55 comme un guide d'optimisation de la gestion d'actifs. Publiée en 2004 et révisée en 2008, elle définit des principes, une terminologie et des lignes directrices pour bâtir et valider un système de gestion complet, optimal et durable de tous les types d'actifs industriels → 1. Semblable dans sa démarche aux normes ISO 9000, la PAS 55 n'est pas prescriptive : elle dit ce qu'il faut faire, pas comment.

La PAS 55 décrit avec objectivité les exigences pour prouver sa compétence dans ce domaine, fixer des priorités d'amélioration et clarifier les relations entre les plans stratégiques de l'entre-

prise et les réalités de sa gestion des actifs et des processus au quotidien. Mondialement reconnue, la spécification deviendra cette année norme ISO 55000, 55001 et 55002.

Au-delà d'une présentation de la PAS 55 et de quelques grands principes de la gestion d'actifs, cet article décrit la façon dont la solution Ellipse de Ventyx a été développée spécialement pour se conformer aux exigences de la spécification et accompagner les entreprises à forte intensité capitaliste dans leur démarche de gestion productive des actifs (GPA) optimisée sur toute la durée de vie.

#### État des lieux

Gérer les coûts et les risques industriels, et aligner les opérations sur la stratégie de l'entreprise obligent à se poser des questions fondamentales :

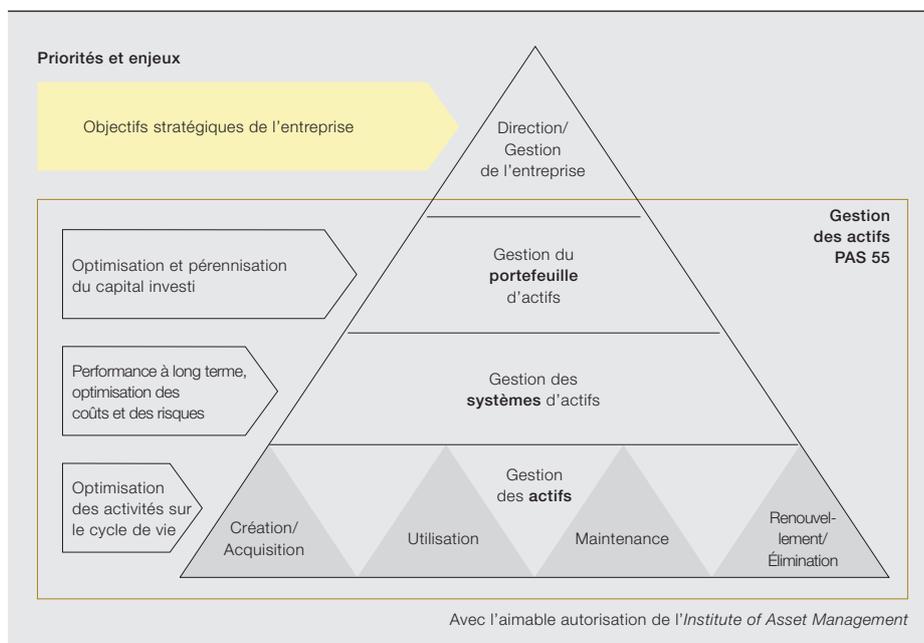
- De quels actifs disposons-nous ? dans quel état ? Que font-ils ? Contribuent-ils à la création de valeur ?

#### Photo

La spécification PAS 55 harmonise la gestion d'actifs dans un grand nombre de secteurs industriels, comme la production minière. Comment l'éditeur de logiciels Ventyx accorde-t-il son offre à la future norme ?

# La gestion d'actifs Ellipse de Ventyx, bientôt certifiée PAS 55.

## 1 Aperçu de la spécification PAS 55



- Avons-nous les capacités adéquates ? Certains actifs sont-ils redondants, sous-utilisés, non rentables ou bien trop chers ?
  - Les risques que font courir nos actifs aux personnes ou à l'environnement sont-ils suffisamment faibles ?
  - Sait-on évaluer avec précision les bénéfices tirés de la performance, de la diminution des risques, de la conformité et de la pérennité des actifs en exploitation ou en projet ? Quel est l'impact du report ou de l'abandon des mesures proposées ?
  - Peut-on répondre en toute confiance à ces questions et établir un diagnostic clair et fiable ?
- La PAS 55 aide à lever ces interrogations.
- cette précaution est à bien des égards problématique :
- Mauvaise tenue du registre. Nombreuses sont les entreprises minières, par exemple, à ne pas connaître le détail de leurs installations électriques et systèmes de ventilation qui peuvent compter des milliers d'appareils.
  - Vétusté. Les équipements des entreprises responsables d'infrastructures publiques remontent souvent à quelque 70 ans, c'est-à-dire bien avant l'ère de l'information numérique. Pour retracer leur histoire, il faut se replonger dans les archives papier, sous réserve qu'elles existent.
  - Silos informationnels cloisonnés. Les compagnies de transport peuvent opérer de multiples réseaux divers (couverture géographique, mode d'exploitation, fusions-acquisitions), souvent dotés de systèmes et processus différents. Difficile dans ces conditions d'obtenir une vue unique de tous les actifs, de leur état et de leur maintenance.

## Toute gestion d'actifs passe par la tenue d'un registre fiable et complet.

### Inventaire

Toute gestion d'actifs se doit de tenir un registre fiable et complet listant l'emplacement, l'état, le risque de défaillance, la dépréciation et le remplacement des équipements → 2. Le non-respect de

La PAS 55 veille à l'enregistrement précis de toutes les ressources de l'entreprise. L'automatisation de cette tâche passe par un système GPA intégrant des processus conformes PAS 55.

### Risques

Il est primordial de déterminer le niveau de risque lié à la défaillance d'un actif, qui peut engendrer de lourdes pertes

2 Il faut impérativement tenir un registre complet des équipements industriels, surtout quand ils sont nombreux et disséminés.



Depuis l'avènement de la PAS 55, Ventyx entend aligner son offre sur la spécification.

## Il est primordial de déterminer le niveau de risque associé à la défaillance d'un actif.

financières (manque à gagner, dommages corporels, matériels et environnementaux). Il faut savoir comment fixer les priorités et le calendrier de maintenance pour atténuer ce risque.

Comprendre le risque et la « criticité » des actifs est une question centrale de la PAS 55 que le système GPA doit prendre en compte. Ce cadre normatif permet d'améliorer la cohérence des processus multisites et d'adapter l'ensemble des opérations pour minimiser le risque de catastrophe.

### État critique

Quand des actifs stratégiques sont à l'arrêt, l'entreprise ne gagne pas d'argent. Pire, leur éclatement géographique ne permet pas d'avoir facilement une vue d'ensemble de leur état. Pour y remédier, la PAS 55 propose un cadre d'évaluation globale tenant compte des historiques d'intervention (inspections, réparations et opérations de maintenance).

### Correctif ou préventif ?

Les retombées financières d'une stratégie de maintenance corrective plutôt que préventive peuvent être considérables :

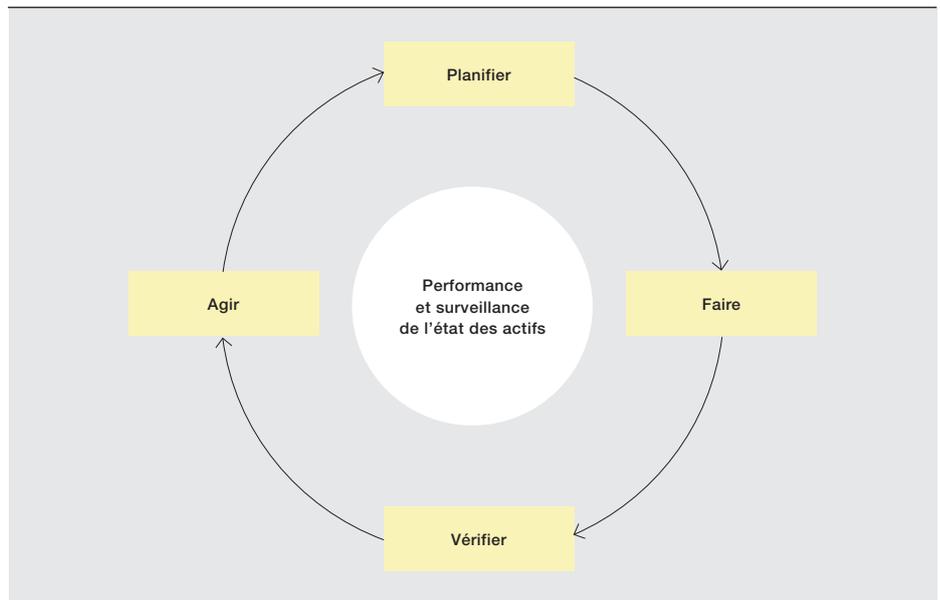
- Coût de la maintenance. En règle générale, il est deux à trois fois plus cher de corriger que d'anticiper.
- Coût de la défaillance. Le remplacement d'une pièce défectueuse est souvent bien plus onéreux que sa maintenance proactive.
- Coût de la panne. La défaillance imprévue d'un actif peut entraîner un arrêt et une perte de production plus importants que son remplacement programmé.

La bonne application de stratégies de maintenance d'actifs peut minimiser les coûts globaux tout en maximisant l'efficacité opérationnelle. La gestion optimisée PAS 55 y contribue. La collecte systématique des données qualité permet d'identifier les coûts de maintenance corrective et de les comparer aux coûts de maintenance proactive et prédictive, de décider des programmes de maintenance et d'arbitrer efficacement entre le risque de défaillance et les surcoûts du préventif.

### Réparer ou remplacer ?

Les décisions de maintenance ou de remplacement doivent se fonder sur des enregistrements détaillés des actifs, assortis d'historiques et de comparatifs, ainsi que sur une solution GPA conçue

Quand des actifs stratégiques ne fonctionnent pas, l'entreprise ne gagne pas d'argent !



pour appuyer les bonnes pratiques préconisées par la PAS 55.

Bien entretenu, un actif peut voir sa durée de vie allongée et sa rentabilité nettement accrue. Le système GPA doit inclure toutes les fonctionnalités requises pour gérer les options de remplacement ou de remise en état sur une longue période.

La PAS 55 aide à définir les informations nécessaires. Elle est relayée par le logiciel d'entreprise évolué qui simplifie la maintenance des équipements au moyen

réduire les coûts et les risques, et faciliter la conformité réglementaire. Presque toutes sont de plus en plus tenues de comprimer les coûts et de maximiser la rentabilité des actifs tout en assurant un service de qualité et la sécurité des employés et du public. De même, le respect de l'environnement emporte l'adhésion des régulateurs, actionnaires et consommateurs.

Contrairement à d'autres standards ou spécifications pour lesquels la mise en conformité se résume parfois à la production de tonnes de documents papier, la PAS 55 exige surtout des preuves que les bonnes intentions de l'entreprise se concrétisent au quotidien par des projets d'investissement, des mesures opérationnelles et des actions de maintenance. La PAS 55 est donc un précieux outil pour garantir des résultats et accompagner durablement la conduite, la planification et la performance des actifs.

Prouver la conformité à la PAS 55 ne consiste pas seulement à diminuer les coûts et les risques ; c'est aussi renforcer le potentiel de différenciation de l'entreprise par l'amélioration du service et de la performance opérationnelle.

Remplir les critères de la spécification permet :

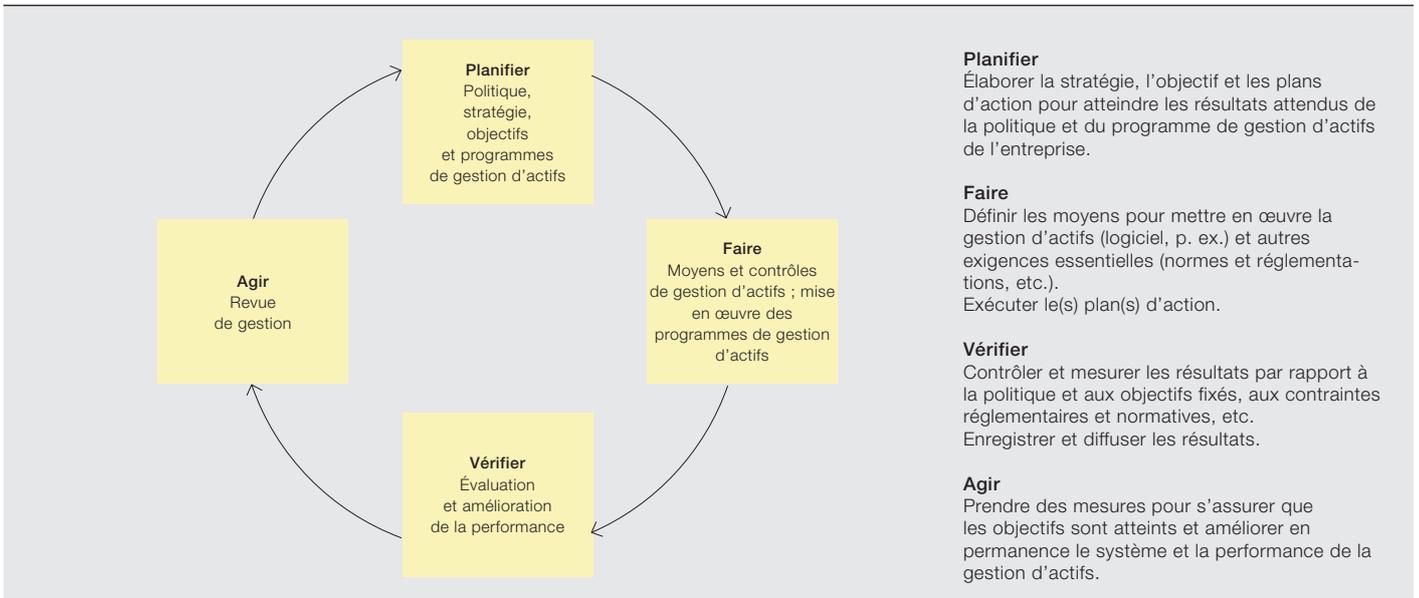
- d'aligner la gestion d'actifs sur la stratégie globale de l'entreprise ;
- d'améliorer l'intégration entre gestion d'actifs et gestion financière ;

## Les retombées financières d'une stratégie de maintenance corrective plutôt que préventive peuvent être considérables.

de modèles et de processus métier reflétant précisément les conditions d'exploitation de la société minière, de l'aciériste, de la compagnie de chemin de fer, etc.

### Création de valeur

Les entreprises capitalistiques sont bien conscientes de l'importance des meilleures pratiques de gestion d'actifs pour



- de maximiser les taux de rentabilité et d'engagement des actifs ;
- de promouvoir une culture d'entreprise axée sur la qualité, la sécurité et l'amélioration continue.

#### Terrain d'action

La PAS 55 concerne avant tout les secteurs d'activité fortement capitalistiques, comme la production minière, pétrolière, gazière et énergétique, les services publics et le génie civil (routes, voies ferrées et ports). La performance opérationnelle des actifs est ici au centre des objectifs de l'entreprise.

L'acquisition, la création, l'utilisation, la maintenance, le renouvellement et l'élimination des matériels s'accompagnent de gros investissements, dépenses courantes et risques. La forte pression réglementaire en faveur d'une gestion sûre des actifs et services associés est un autre argument qui pousse à l'adoption de la PAS 55.

#### Démarche

La gestion optimisée des actifs et de leurs coûts, risques et performances demande une approche pragmatique, « du berceau à la tombe ». Il faut déterminer les actifs à construire ou à acquérir, le meilleur moyen de les entretenir et les utiliser, les renouveler, les remettre en état ou s'en débarrasser.

Cette optimisation du cycle de vie s'articule autour d'une démarche d'amélioration continue « PDCA » (*Plan-Do-Check*

Act) → 3, 4 reposant sur des bases solides :

- Une politique montrant les directions à suivre pour aligner la gestion des équipements de production sur les finalités de l'entreprise et pour guider la configuration du système GPA ;
- Une stratégie, des objectifs et des programmes d'optimisation pour une détection préemptive des défauts ;
- Des coordonnateurs et « facilitateurs » dont les rôles, les responsabilités et l'autorité sont en phase avec la politique, la stratégie de gestion d'actifs, etc. Ce dernier point est capital : ce sont des gens responsables, et non des politiques managériales, qui font une gestion d'actifs saine.

#### Cause commune

La solution intégrée Ellipse de Ventyx assure une visibilité et une gestion complètes des actifs de toute l'entreprise, dans un large éventail de secteurs industriels.

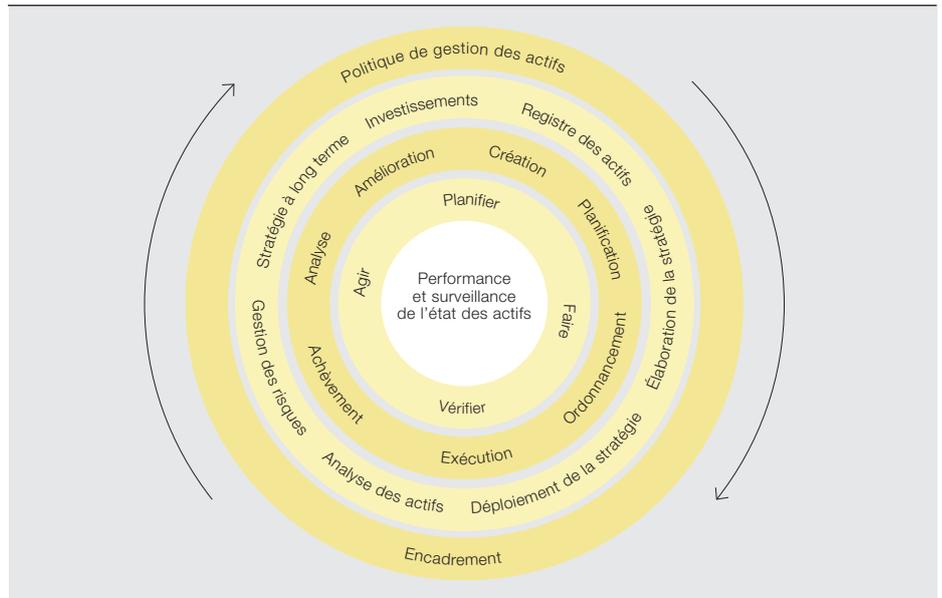
Ellipse a été conçue d'office pour renforcer les bonnes pratiques de gestion d'actifs. Depuis la publication de la PAS 55 en 2004, Ventyx en a fait un axe prioritaire de développement. La conformité PAS 55 préside désormais à toutes les nouveautés ou améliorations fonctionnelles de son offre logicielle.

Cette conformité est en quelque sorte inscrite dans l'ADN d'Ellipse. Elle ne résulte pas d'une simple traduction des

La décision d'entretenir ou de remplacer des équipements doit se fonder sur des enregistrements précis et une gestion productive des actifs, conforme PAS 55.

La quasi-totalité des activités lourdement équipées se doit de maîtriser les coûts et maximiser la rentabilité des investissements.

## 5 La gestion d'actifs physiques d'Ellipse (Ventyx) suit et encadre la démarche PAS 55.



descriptions fonctionnelles dans le « langage » PAS 55, mais d'un développement minutieux, à l'aune des deux versions majeures de la spécification.

C'est surtout dans les domaines de l'analyse proactive des risques et du support complet des actions correctives et préventives, plutôt que de l'identification et de la résolution des défaillances a posteriori qu'Ellipse intègre parfaitement les exigences et directives de la PAS 55. En particulier, son processus de « gestion d'actifs physiques » suit et encadre le cycle PDCA qui sous-tend la PAS 55 → 5.

Les principales fonctionnalités d'Ellipse collent aux prescriptions de la PAS 55 en permettant aux entreprises de satisfaire aux grands préceptes de la norme :

- Gérer le risque avant qu'il pose problème ;
- Connaître l'état de chaque actif ;
- Formaliser le registre d'actifs.

### Bénéfices réciproques

La PAS 55 donne une définition claire et universelle de ce qu'est une gestion optimale des actifs pour toute entreprise. Elle décrit un cadre de pratiques exemplaires en matière de conduite des équipements critiques, de planification du cycle de vie et de maîtrise des coûts et risques associés, qu'elle enrichit d'un glossaire recensant la terminologie adoptée par toutes les parties prenantes.

Plus de six années de gestation et la contribution d'une bonne cinquantaine d'organismes publics et privés, dans dix pays et quinze secteurs d'activité, ont fait de la PAS 55 une référence normative unanimement plébiscitée et largement utilisée. Elle représente un gigantesque pas en avant dans la mise en œuvre harmonisée de techniques de gestion d'actifs industriels. Mieux, la spécification permet aux décideurs d'aborder la question avec plus de réalisme et de sensibilité aux risques industriels.

Depuis la parution de la PAS 55 en 2004, Ventyx est en première ligne pour faciliter la mise en conformité de ses clients, dont il a aussi fait le fondement de sa méthodologie de conception et de développement de logiciels de gestion productive d'actifs. Résultat : sa solution Ellipse est aujourd'hui totalement conforme à la PAS 55, permettant aux entreprises intéressées d'intégrer directement la norme avec l'avantage de minimiser les coûts et les risques.

**Gordon J Melvin**

**John Benders**

Ventyx (société du Groupe ABB)  
Brisbane (Australie)  
gordon.melvin@au.abb.com  
john.benders@au.abb.com

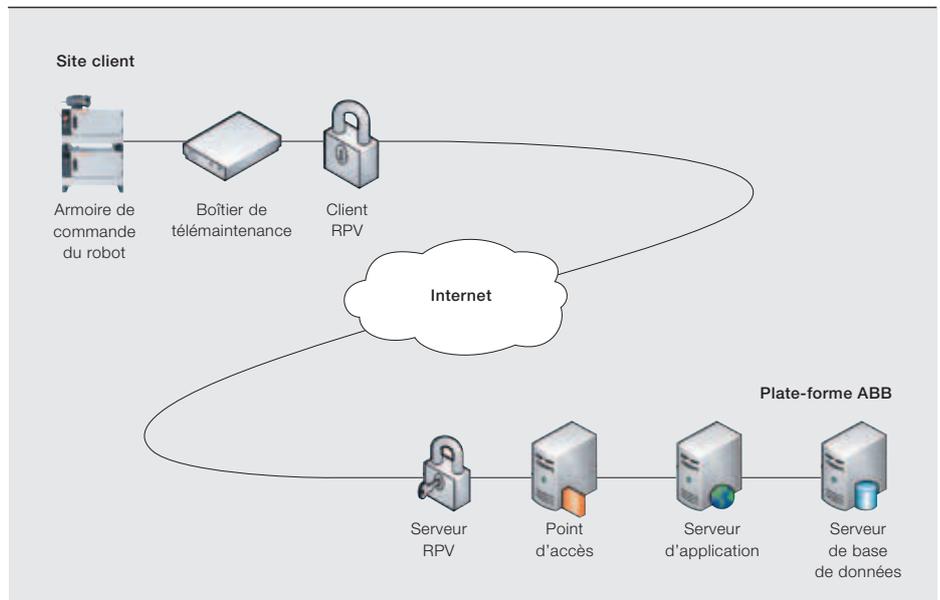


# Facteurs de progrès

ABB fait évoluer l'architecture logicielle de sa plate-forme de télémaintenance des robots

THIJMEN DE GOOIJER, ANTON JANSEN, HEIKO KOZIOLEK, STEVE MURPHY – Dans les usines, les robots sont très appréciés pour leur ardeur au travail. Ils ne sont toutefois pas à l'abri d'un « arrêt maladie » aux conséquences dramatiques sur la productivité. Les contrats de télémaintenance d'ABB aident les clients à résoudre ces problèmes et à réduire leur fréquence par une maintenance préventive. Depuis leur création en 2007, ces

services ont considérablement raccourci les délais d'intervention et, aujourd'hui, de plus en plus de robots « dialoguent » avec les clients et ABB. Parallèlement, l'offre de services ne cesse de s'étoffer. Tous ces facteurs augmentent la charge sur les infrastructures et obligent ABB à faire évoluer l'architecture logicielle de sa plate-forme de télémaintenance.



Imaginez le découragement d'un bâtisseur de pyramide qui, une fois son ouvrage terminé, apprend qu'il doit le rehausser de 10%. Sauf à l'avoir anticipée, la chose est impossible. C'est précisément le type de défi que doivent relever les industriels et ABB, en particulier, avec sa plate-forme de télémaintenance des robots industriels.

Cette plate-forme (système *back-end*) se caractérise par une architecture à quatre niveaux, dont le premier est un boîtier de télémaintenance raccordé, sur le site client, à l'armoire de commande du robot → 1, qui communique avec les autres niveaux de la plate-forme, chez ABB : point d'accès, serveurs d'application et de base de données. Le point d'accès sécurise les flux de données entre le boîtier du client et les deux serveurs branchés sur l'intranet d'ABB. Le serveur d'application, pilier du système de télémaintenance, réalise les diagnostics nécessaires. Enfin, toutes les données sont stockées dans la base.

Des robots sous contrat de télémaintenance plus nombreux, un bouquet de services plus abondant et des exigences de performance plus fortes font que le nombre de boîtiers reliés à la plate-forme ABB ne cesse d'augmenter. La croissance constante du trafic impose de choisir une méthodologie d'évolution des capacités de traitement du système *back-end* et de redéfinir minutieusement ses différents

une augmentation de capacités de 56% → 2. Doper les ressources matérielles aurait permis des gains de capacités, érodés toutefois en un à trois ans par la hausse de la demande et de l'offre de services. Pour garantir l'adéquation aux objectifs à long terme d'ABB, il fallait multiplier par dix les capacités, ce qui imposait une analyse méticuleuse de l'architecture logicielle et l'établissement d'une

## Des robots sous contrat de télémaintenance plus nombreux, un bouquet de services plus abondant et des exigences de performance plus fortes imposent des capacités supplémentaires.

feuille de route en trois étapes pour piloter l'évolutivité du système.

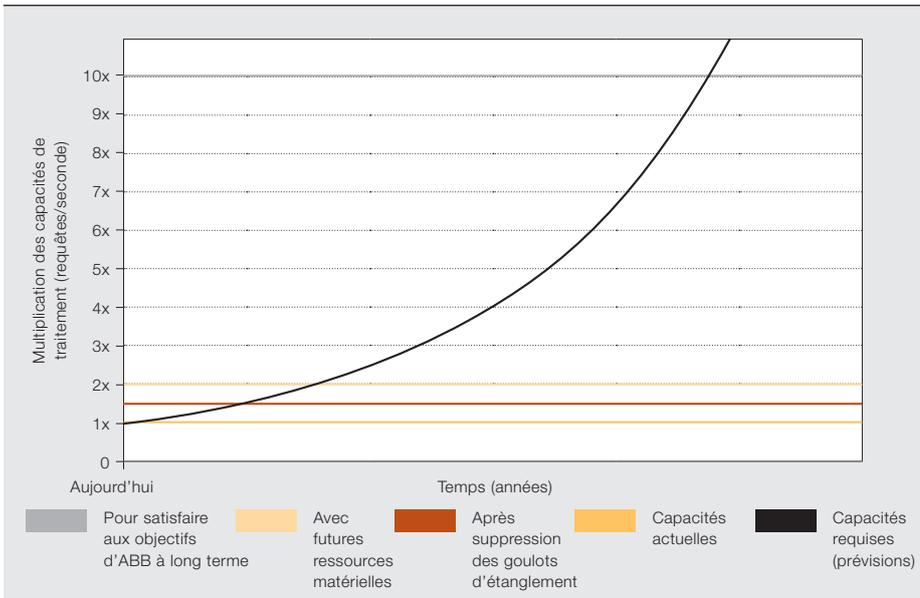
On commença par mesurer le niveau de performance de la version existante afin d'identifier les goulets d'étranglement qui se produisent lorsqu'un programme (service web, par exemple)

niveaux et leurs interactions. L'idéal serait trois niveaux aux capacités identiques ; à défaut, il suffit que l'un d'eux ne soit pas suffisamment doté pour créer des goulets d'étranglement qui ralentissent les autres, allongent les temps de réponse et provoquent des retards.

est arrêté ou ralenti par un autre programme plus lent, ce qui altère l'efficacité du matériel. On créa ensuite un modèle de performances de l'architecture du système de même qu'un modèle de coûts pour ses ressources. Enfin, on examina les performances des différents choix architecturaux en fonction du nombre anticipé de robots accessibles à distance. Ce « test d'effort » modélisé servit à élaborer une feuille de route fixant les actions à mener pour renforcer de manière économique les capacités et l'évolutivité du système.

**Photo p. 35**

L'infrastructure informatique doit évoluer à mesure que le nombre de robots accessibles à distance augmente.



Pour garantir l'adéquation aux objectifs d'ABB sur le long terme, les capacités doivent être multipliées par dix.

### Goulets d'étranglement

Avant de pouvoir créer un modèle de performances précis, il faut connaître les performances du système lui-même et identifier tous les goulets d'étranglement. On utilisa pour cela la solution intégrée de gestion et de profilage de la performance applicative «APM» (*Application Perfor-*

### Modèle de performances

Pour modéliser les performances, des données furent introduites dans l'outil de simulation des architectures logicielles Palladio<sup>2</sup> dont le langage de modélisation est similaire au standard UML (*Unified Modeling Language*)<sup>3</sup>, simplifiant la création, l'utilisation et la transmission des résultats

de la modélisation et de la simulation. Les modèles peuvent être réutilisés et restructurés pour étudier d'autres architectures logicielles. Pendant la construction du modèle, il fallut en permanence arbitrer entre les niveaux d'abstrac-

Anticiper les futurs besoins de capacités n'est pas qu'une question de performances ; les coûts de matériel, de logiciel et d'hébergement entrent aussi en ligne de compte.

tion et de détail, et la précision des prédictions. Le premier modèle recréait le système existant ; il fut étalonné pour faire correspondre ses prédictions avec les performances mesurées. Ultérieurement, sa robustesse fut renforcée afin de garantir la précision des prédictions pour des charges variables et des conceptions de système différentes.

*mance Management*) de dynaTrace<sup>1</sup>, sélectionnée parmi 58 outils pour son bon fonctionnement dans l'environnement .NET, son analyse automatique du code source et sa technologie distribuée de suivi des transactions → 3. Le traçage des requêtes au travers des serveurs permet d'identifier les transactions critiques en termes de performances et les plus nombreuses. Les résultats furent introduits dans un générateur de charge pour simuler une charge de travail réaliste sur le système, dans l'environnement testé. Ces tests permirent d'effectuer plusieurs mesures de performance (ressources processeur, retards réseau, etc.).

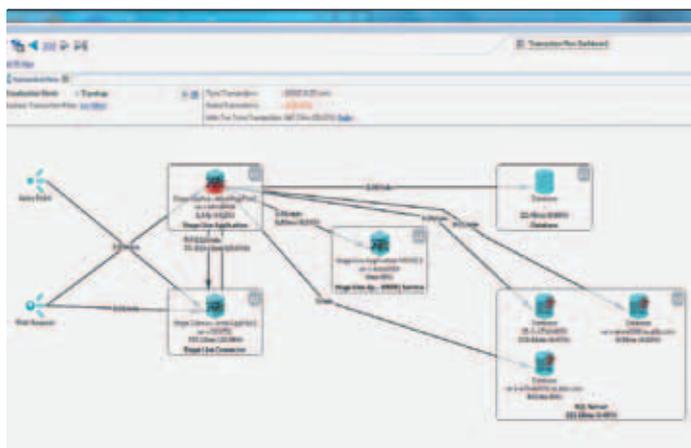
### Modèle de coûts

À l'évidence, pour se prémunir des risques de sous-allocation des ressources et, donc, de mécontentement des clients, on peut considérablement surdimensionner. Pour autant, anticiper les futurs besoins de capacités n'est pas juste une question de performances car les coûts

#### Notes

- 1 <http://www.dynatrace.com/>
- 2 <http://www.palladio-simulator.com/>
- 3 [http://en.wikipedia.org/wiki/Unified\\_Modeling\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language)

### 3 Écran dynaTrace de suivi des temps de réponse et des transactions entre serveurs



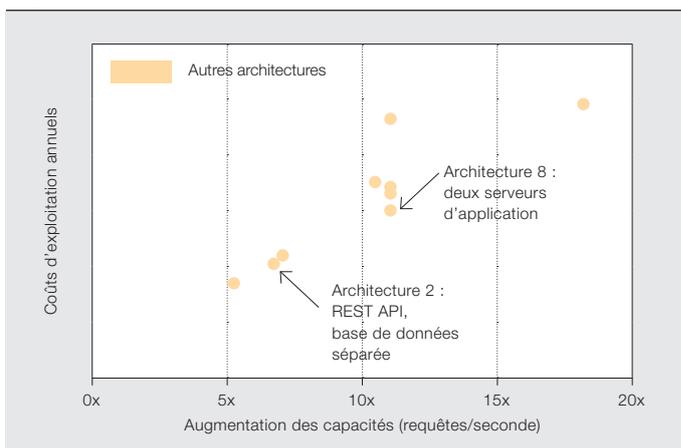
de matériel, de logiciel et d'hébergement interviennent également ; des ressources non utilisées coûtent cher ! Pour ce faire, on créa un modèle de coûts basé sur différents tarifs, venant compléter le modèle de performances. Si l'on s'était contenté de ce dernier pour établir la feuille de route, il n'aurait préconisé que les mesures nécessaires à l'accroissement des capacités. En lui associant un modèle de coûts, le planning d'évolution des capacités conjugue coûts et performances.

#### Architecture logicielle et migration échelonnée

Plus d'une douzaine d'architectures permettant de multiplier par dix les capacités furent étudiées. Les solutions préconisées incluent le clonage de services spécifiques, le fractionnement des responsabilités des services existants pour une meilleure répartition entre les différents serveurs ou encore la classification des requêtes entrantes pour leur traitement par des serveurs dédiés. L'implantation et le déploiement de toutes les architectures modélisées pour en mesurer les performances réelles auraient coûté trop cher. On put toutefois les modéliser en modifiant le modèle de performances. Chacune fut simulée et ses capacités déterminées en nombre de requêtes traitées par seconde. Dans le même temps, le modèle de coûts en fixait les coûts d'exploitation annuels prévisionnels → 4.

Les architectures 2 et 8 sont les plus économiques pour multiplier les capacités respectivement par cinq et par dix. L'architecture 2 suggère l'implantation d'un service REST API (type de service web distribué) pour le système et le

### 4 Coût des surcapacités des différentes architectures préconisées



déploiement de la base de données sur un serveur dédié. L'architecture 8 propose de répliquer le serveur d'application qui héberge plusieurs services et d'utiliser un mécanisme d'équilibrage de charge pour une répartition égale des requêtes à traiter.

Passer directement à l'architecture 8 n'aurait pas de sens car les capacités qu'elle offre ne seront requises que dans plusieurs années. Par ailleurs, les architectures 2 et 8 sont compatibles et donc combinables pour atteindre des capacités supérieures. Ainsi, le projet retenu est d'abord une migration vers l'architecture 2 et, ensuite, vers l'architecture 8, solution la plus avantageuse financièrement pour atteindre l'objectif de décupler les capacités.

#### Anticiper les besoins

Cette méthode d'évolution répond parfaitement aux besoins croissants de capacités qui découlent d'une offre de services étoffée et du nombre accru de robots raccordés à la télémaintenance d'ABB. Elle facilite également la mise en place de services de télédiagnostic pour un parc robots existant. Cette architecture logicielle évolutive peut servir de référence à d'autres plates-formes de télédiagnostic où la simple montée en puissance matérielle est insuffisante pour répondre aux besoins accrus de capacités et aux futurs services de télémaintenance.

Avec l'avènement de la technologie de l'Internet des objets<sup>4</sup> (IoT), les systèmes *back-end* hautement évolutifs d'ABB se révèlent très pertinents. Des systèmes évolutifs devront être créés à différents niveaux de l'IoT pour conserver les per-

formances exigées par les utilisateurs et s'assurer des possibilités de communication de «l'intelligence» embarquée dans nos maisons et nos usines. L'expérience acquise avec ce projet aidera ABB à bâtir des systèmes évolutifs rentables et à augmenter les performances au fur et à mesure des besoins.

**Thijmen de Gooijer**

**Heiko Koziolok**

ABB Corporate Research  
Ladenburg (Allemagne)  
thijmen.de-gooijer@de.abb.com

**Anton Jansen**

ABB Corporate Research  
Västerås (Suède)  
anton.jansen@se.abb.com

**Steve Murphy**

ABB Robotics  
Mölnal (Suède)  
steve.murphy@se.abb.com

#### Note

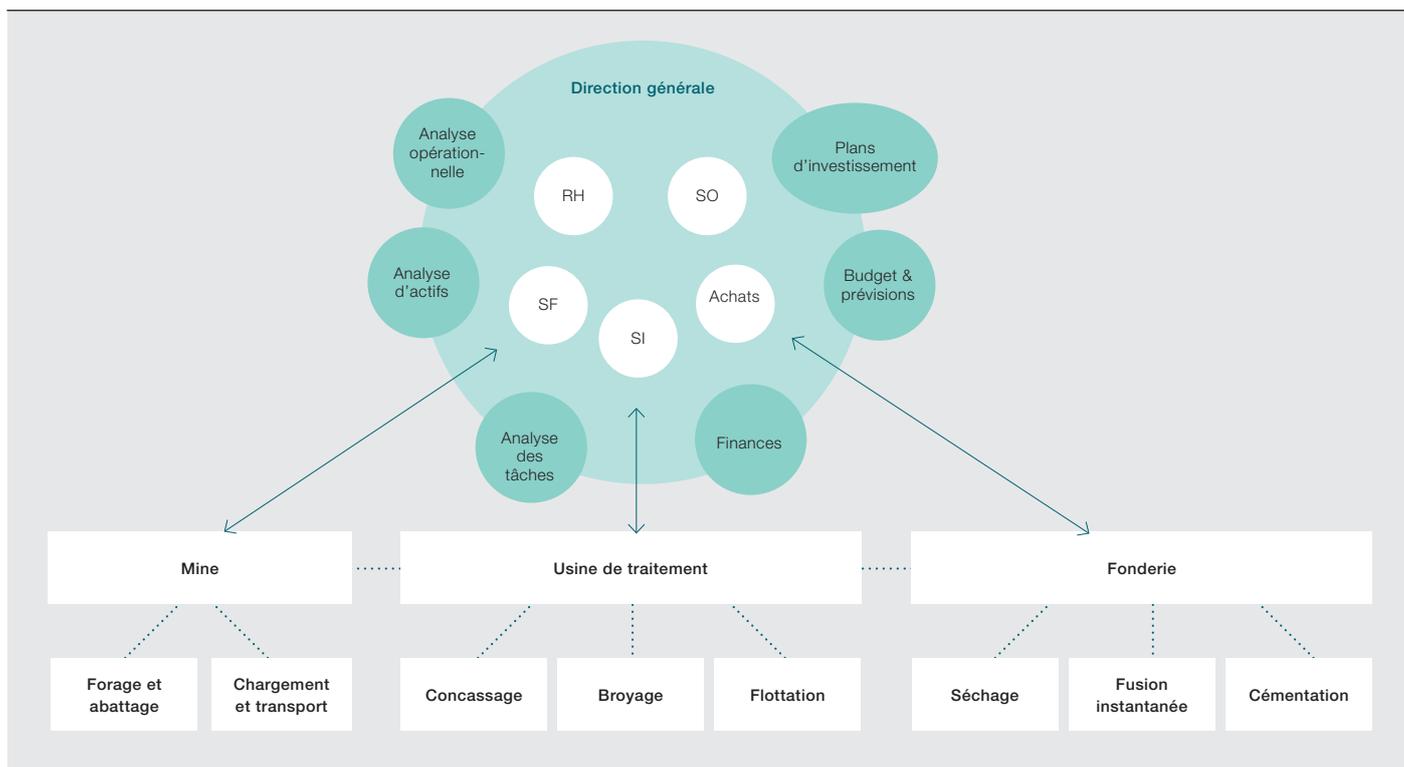
4 [http://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_Things](http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things)



# Plan de carrière

Dans le secteur minier,  
le bon filon  
c'est l'intégration

JOHN JESSOP – Dans un marché des matières premières toujours tendu les compagnies minières cherchent à améliorer leur rentabilité en maximisant leur production, renforçant leur productivité et rationalisant leurs procédés. Or la chaîne de valeur de l'industrie minière est complexe, créant des entreprises structurées en divisions opérationnelles qui, dans la plupart des cas, sont autant d'entités autonomes interagissant très peu, voire jamais. Qui plus est, la dissémination des opérations sur de vastes sites accroît cette complexité et le fonctionnement en « silos » fait obstacle à l'optimisation des performances, difficulté encore exacerbée par l'absence de systèmes d'information faisant le lien entre ces divisions. Ventyx, société du Groupe ABB, propose une suite complète de solutions logicielles intégrées conçues pour aider les entreprises minières à décroquer leurs silos fonctionnels et à exploiter les « gisements » de données pour optimiser les opérations. Cette suite comprend un ensemble de systèmes de gestion des différentes composantes de l'entreprise (équipements, maintenance, logistique, production et personnel) et des systèmes dédiés aux activités minières à proprement parler (extraction, traitement, chargement et transport des matières premières). Objectif: améliorer les performances de tous les maillons de la chaîne de valeur.



Le décloisonnement de ces silos pose un défi pour des raisons à la fois historiques et structurelles qui favorisent le *statu quo* : répartition géographique des opérations, complexité du processus de planification, segmentation du marché des solutions logicielles pour le secteur et inadéquation des indicateurs de performance → 1. Ainsi, dans une exploitation de roche dure (cuivre ou or, par exemple), les ingénieurs des mines cherchent souvent à maîtriser leurs coûts en réduisant les tirs d'abattage → 2. Ce faisant, ils augmentent le coût global des opérations car l'usine minéralurgique où le minerai est concassé et broyé doit traiter des blocs de roche de grandes dimensions, ce qui alourdit les coûts de traitement et pénalise la productivité.

### Abolir les distances

Un complexe minier s'étend souvent sur une vaste zone géographique. Une exploitation de minerai de fer, par exemple, peut comprendre plusieurs gisements, de multiples usines de traitement, un réseau ferroviaire ainsi qu'un ou plusieurs ports maritimes, l'ensemble réparti sur des centaines de kilomètres. Le personnel opérationnel (géologues, ingénieurs des mines, métal-

lurgistes, planificateurs et commerciaux) est également disséminé, rendant quasi impossible toute collaboration informelle au quotidien en vue d'optimiser les performances globales de l'entreprise.

Pour estomper les distances, de nombreux industriels installent des postes centraux de téléconduite « ROC » (*Remote Operations Centers*) où est regroupé le personnel chargé des opérations clés. Si cette centralisation offre bien des avantages (plus de sécurité, moins de déplacements et meilleures conditions de vie), la priorité pour beaucoup de sociétés est de réunir, chaque jour dans un même lieu, tous les décideurs afin d'optimiser l'ensemble des opérations.

Après avoir énormément renforcé depuis plusieurs années les performances opérationnelles de secteurs industriels comme la production papetière et l'exploitation pétrogazière, ABB a récemment décidé de mettre sa longue expérience au service du secteur minier. Sa filiale Ventyx propose un large choix de solutions applicatives pour ce domaine d'activité : modélisation géologique, aménagement des mines, gestion des stocks, gestion des actifs, ventes et marketing. Ces solutions constituent un élément de différenciation essentiel pour ABB car elles lui permettent de renforcer sa plate-forme logicielle qui,

en plus de répondre aux besoins classiques de l'automatisation industrielle, couvre désormais tout le cycle minier.

Pour décloisonner les silos fonctionnels et informationnels tout en améliorant leurs performances, les sociétés minières doivent élargir leur horizon et adopter des solutions englobant tous les maillons de la chaîne de valeur.

### Une mine de complexité

La complexité des opérations, donc de leur planification, est également un facteur important de sous-performance des entreprises, en particulier sur le long terme. Dans une exploitation minière, de nombreuses opérations doivent être coordonnées.

#### Photo p. 39

Les solutions logicielles simplifient la gestion logistique complexe de l'industrie minière.



Ainsi, le programme d'exploitation doit tenir compte de la géométrie de la mine et de la qualité du corps minéralisé pour que les opérations en aval soient alimentées sans rupture de charge. De même, la maintenance doit être planifiée en accord avec le programme d'exploitation, tout comme les investissements et la planification financière doivent être en phase avec les plans de production et de maintenance. Pour de nombreuses matières premières, les programmes de ventes qui donnent lieu à des engagements contractuels doivent être calés sur ces plans tout en étant soumis à des contraintes de capacité (infrastructures ferroviaires et portuaires, par exemple).

Élaborer un plan unique facilement exécutable est déjà une gageure en soi. Mais que dire quand il faut travailler sur de multiples itérations pour trouver le plan optimal. L'agilité de l'entreprise est également compromise si des facteurs externes (cours des matières premières ou capacité des infrastructures) varient ou obligent à revoir sa copie. Cette planification fragmentée explique les performances médiocres obtenues sur plusieurs mois dans un environnement dynamique.

L'intégration des opérations minières se fait en plusieurs étapes, les systèmes d'information devant s'accommoder de

la complexité technique et des particularités de chaque site. Les solutions logicielles pour un site minier type regroupent plusieurs plates-formes technologiques spéciales comme les systèmes d'automatisation des usines de traitement et de gestion du parc d'équipements. Elles concernent également la planification et la gestion des gisements, l'optimisation des plans à long et court terme, l'édition de rapports, la gestion des stocks et du personnel du site, l'optimisation de la logistique, la gestion des actifs, etc.

En restant tributaires de solutions cloisonnées, aussi robustes soient-elles, les performances de l'industrie minière continueront d'être bridées par l'utilisation de tableaux croisés et par des méthodes de travail informelles qui empêchent toute communication transversale, entravent l'optimisation des procédés et introduisent de l'incertitude dans la prise de décision. Pour vraiment améliorer les performances, ces processus d'échange informels, par tableur interposé, doivent céder la place à des solutions logicielles intégrées et formalisées.

Au demeurant, les modules logiciels doivent être configurables pour s'adapter aux besoins de toute l'entreprise et de ses différentes divisions. Chaque domaine fonctionnel devient alors source de

---

Un complexe minier s'étend souvent sur une vaste zone géographique, rendant quasi impossible toute collaboration informelle au quotidien en vue d'optimiser les performances globales de l'entreprise.



Une fois l'architecture informatique sous-jacente bien conçue, l'intégration peut devenir réalité. C'est là un domaine de recherche et développement clé pour Ventyx.

valeur ajoutée et participe à la création d'une vision globale. La gestion des données peut être largement automatisée et s'appuyer sur des règles, libérant les experts techniques pour qu'ils se concentrent sur l'optimisation de la chaîne de valeur de bout en bout par une meilleure collaboration.

Exemple : les opérations d'exploitation, de traitement et de chargement/transport doivent toutes être planifiées, ordonnancées et optimisées à chaque niveau. Or le secteur minier reconnaît de plus en plus la nécessité d'optimiser ces opérations de manière transversale, indépendamment de l'activité, du produit ou de la région. Cette intégration s'impose à toute entreprise qui cherche à avoir une vision globale ; pour autant, elle s'avère souvent hors de prix, lente à mettre en œuvre et sujette à erreur dans des environnements informatiques multifournisseurs.

Avec la convergence de la gestion informatique et de la gestion productive, de plus en plus de données d'état sur les équipements industriels seront disponibles en temps réel pour rendre la maintenance plus efficace et ouvrir la voie à la maintenance conditionnelle. Lorsque des traitements analytiques

Les solutions intégrées Ventyx pour le secteur minier permettent de créer les indicateurs KPI les plus pertinents pour optimiser la performance opérationnelle.

sont appliqués à cette mine d'informations, l'entreprise connaît précisément l'état réel de ses actifs critiques. De plus, la localisation des équipements permet d'actualiser le modèle d'approvisionnement et d'améliorer la planification et l'ordonnancement à court terme, contribuant à éliminer les dépenses inutiles.

Là encore, les solutions Ventyx couvrent toute la chaîne de valeur. ABB est ainsi le seul fournisseur à comprendre les tenants et aboutissants de l'intégration des opérations et à disposer des capaci-

tés pour la mettre en place. Une fois l'architecture informatique sous-jacente bien conçue, cette intégration peut devenir réalité. Il s'agit là d'un domaine de recherche et développement clé pour Ventyx.

Pour illustrer la puissance de cette intégration, prenons un exemple très simple. Si l'objectif des achats est d'acheter moins cher, celui de la maintenance est de disposer d'un stock de pièces et d'équipements de rechange permettant de maximiser les temps productifs. Les données sur la rotation des stocks et la criticité des équipements, disponibles dans *Ventyx LinkOne* (catalogue électronique) et *Ventyx Critical Inventory Optimization* (optimisation des stocks) peuvent être croisées avec les activités détaillées de maintenance du système *Ventyx Ellipse EAM* (gestion des actifs de l'entreprise) pour permettre aux différentes équipes de collaborer sans risque de ruptures de stock. Les économies peuvent se chiffrer à plusieurs millions de dollars US (jusqu'à 20 % de la valeur des stocks).

### Mesure des performances

Les indicateurs clés de performance « KPI » (*Key Performance Indicators*) traditionnels servent surtout à mesurer les performances de fonctions individuelles plutôt que celles d'un système ou d'une opération dans sa globalité. Pour illustrer l'incidence d'indicateurs KPI mal construits, revenons à notre exemple d'optimisation des tirs d'abattage. Différentes études, à la fois en milieu académique et sur le terrain, mettent en évidence des gains de production de l'ordre de 10 à 15 % dans l'atelier de broyage, suite à l'optimisation de l'abattage des roches → 3. Sachant que le broyeur absorbe souvent à lui seul la plus grande partie des investissements miniers, les gains potentiels sont énormes. Toutefois, ces gains tendent à s'amenuiser dans le temps, souvent du fait d'indicateurs KPI inappropriés. Une gestion rigoureuse de l'abattage est indéniablement plus coûteuse, au grand dam de l'ingénieur des mines qui voit son KPI de coût pour ainsi dire « exploser ». Or ce dernier a intérêt à réduire le coût d'abattage, ce qui augmente la taille des blocs fragmentés en sortie de mine, diminue la production de l'atelier de broyage ou augmente sa consommation énergétique au vu de la répartition de la taille des particules.

Pour notre exemple, la construction d'indicateurs des performances opérationnelles globales doit prendre en compte les systèmes suivants :

- Modélisation géologique ;
- Méthode de forage et d'abattage ;
- Coût de revient du forage et de l'abattage ;
- Mesure des « matériaux abattus » (relevé, gestion de parc) ;
- Acheminement du minerai et gestion des stocks de produits ;
- Performance de l'usine de traitement ;
- Coût de revient du traitement.

Construire des indicateurs KPI pertinents pour tous ces systèmes est une tâche ardue. Toutefois, les solutions intégrées Ventyx pour le secteur minier permettent de déduire les indicateurs les mieux à même d'optimiser la performance opérationnelle. Une fois ces indicateurs déterminés, les solutions de traitement analytique Ventyx procurent aux dirigeants une visibilité complète des opérations.

### Vision d'ensemble

Pour briser les silos fonctionnels et informationnels tout en améliorant leurs performances, les sociétés minières doivent élargir leur horizon et adopter des solutions englobant tous les maillons de la chaîne de valeur, de l'exploration des gisements à la vente des produits. Les ingénieurs et géologues ont tout à gagner d'une plate-forme commune d'échange et de partage de l'information qui leur donne une vision complète des opérations et leur permet d'optimiser les processus. Les différents exemples montrent qu'un environnement de travail collaboratif est source de gains de production à moindre coût.

Avec Ventyx, ABB est bien positionné pour aider le secteur minier à faire converger ses multiples contraintes de planification et ses objectifs. L'intégration est un levier de performances opérationnelles et financières qui privilégie une stratégie porteuse d'avenir.

#### John Jessop

Ventyx (société du Groupe ABB)  
Brisbane (Australie)  
john.jessop@au.abb.com

---

Les systèmes d'information pour le secteur minier doivent s'accommoder de la complexité et des particularités de chaque site ; ils regroupent donc plusieurs plates-formes technologiques spécifiques.

# Comportement modèle

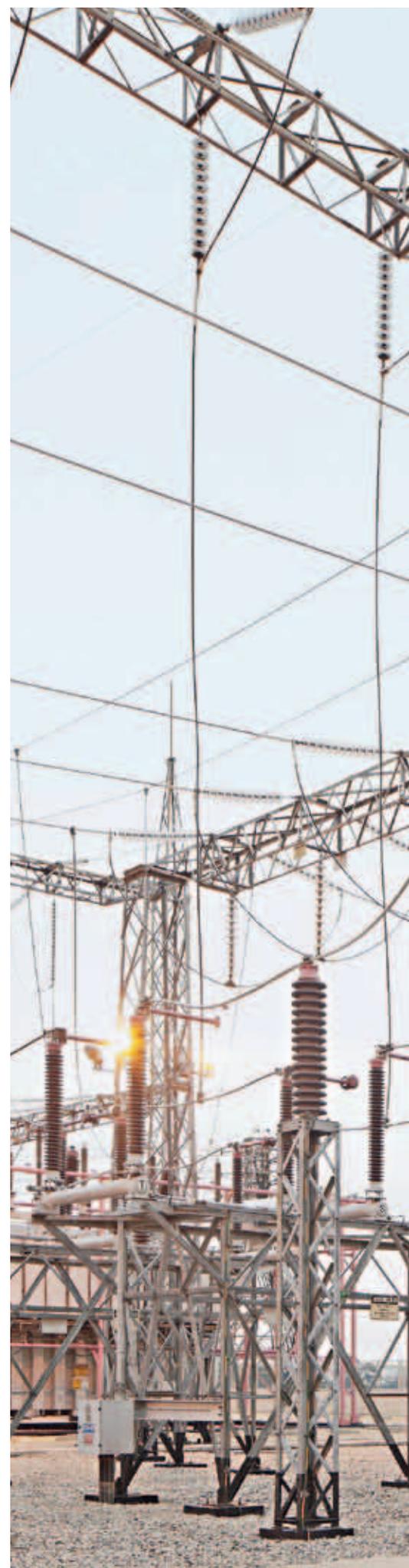
Modéliser la distribution électrique pour optimiser le réglage de tension et de puissance réactive sur les réseaux du futur

TIM TAYLOR – Confrontés aux exigences croissantes d'efficacité et de gestion des pointes de consommation, les distributeurs électriques doivent évaluer de nouvelles stratégies de pilotage pour mieux exploiter le réseau et éviter de mobiliser d'onéreux moyens de production supplémentaires. Parmi celles-ci, l'optimisation du réglage de tension et de puissance réactive « VVO » (*Volt and Var Optimization*) connaît un regain d'intérêt, à la suite de nouveaux développements technologiques. Elle inclut la réduction de la tension de conservation, qui consiste à abaisser la tension de fonctionnement en certains points de charge du client pour réduire la demande électrique (généralement, de l'ordre de 2 à 4 %). Elle permet également de minimiser les pertes en gérant mieux les dispositifs compensateurs de puissance réactive. Ces stratégies s'appuient sur un modèle qui, dans le système de gestion de la distribution « DMS » (*Distribution Management System*), reproduit en dynamique l'état fonctionnel du réseau et tient ainsi compte des pannes et des reconfigurations, par exemple : c'est la « VVO par modèle ». Sa commercialisation, associée au déploiement de la supervision SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) et des dispositifs électroniques intelligents « IED » (*Intelligent Electronic Devices*), procure d'énormes gains de performance aux distributeurs tout en réduisant la demande, les pertes de puissance active et les coûts d'exploitation.

---

#### Photo

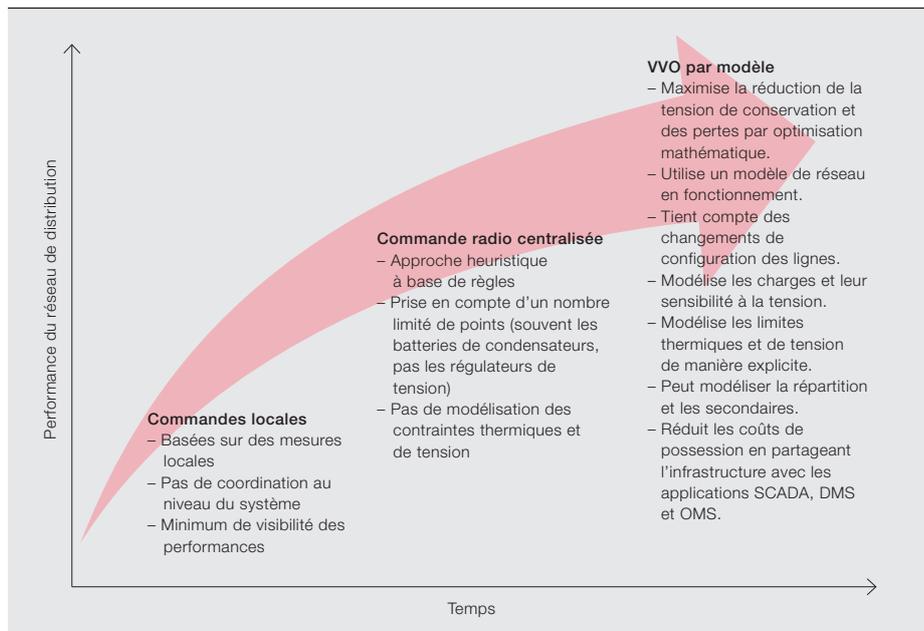
Comment la modélisation dynamique de la distribution électrique peut-elle contribuer à l'essor du réseau intelligent et à la réduction des coûts ?





Un modèle dynamique pour optimiser le réglage de tension et de puissance réactive présente l'avantage de toujours tenir compte de l'état du réseau en fonctionnement.

## 1 Principales évolutions du réglage de tension et de puissance réactive



L'importance grandissante de l'efficacité énergétique et l'obligation de gérer les pics de consommation ravivent l'intérêt des distributeurs pour la réduction de la tension de conservation.

La VVO par modèle associe un modèle de fonctionnement dynamique du réseau de distribution et un algorithme mathématique rigoureux d'optimisation pour atteindre un objectif d'exploitation donné. Elle utilise un modèle de connectivité du réseau, tiré du système d'information géographique (SIG) de l'entreprise. L'état fonctionnel des composants du système, dans le modèle

jours tenir compte de l'état du réseau en fonctionnement. C'est la garantie que les prises des régulateurs de tension et des transformateurs régleurs en charge, de même que l'état d'enclenchement des condensateurs commutés reflètent en temps réel la configuration effective du système.

Les économies dégagées par le report des nouveaux investissements de production ainsi que par la réduction des achats de capacités, des pertes, de la consommation énergétique, des coûts d'exploitation et de maintenance justifient amplement l'optimisation VVO

par modèle dans les réseaux électriques du futur.

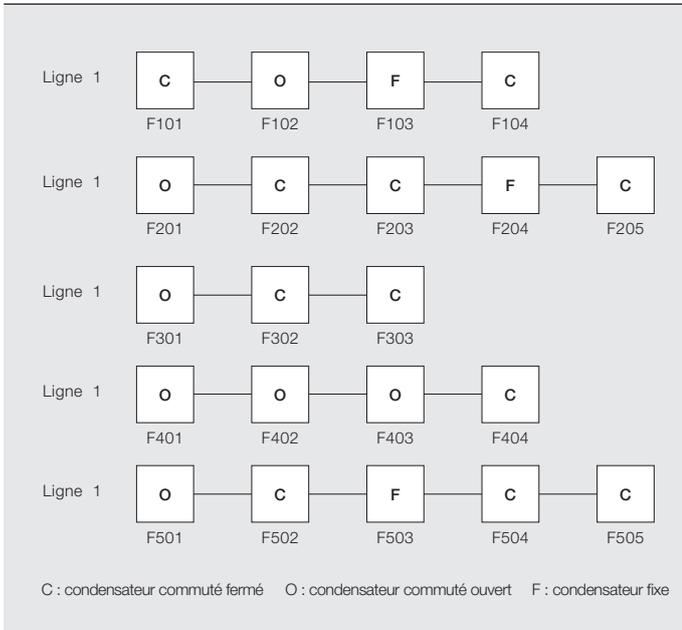
Les limitations techniques inhérentes aux précédentes méthodes de pilotage de la tension et des flux de puissance

### Une fois en place, l'infrastructure et les moyens nécessaires à la VVO par modèle peuvent être mis à profit pour assurer des fonctions supplémentaires.

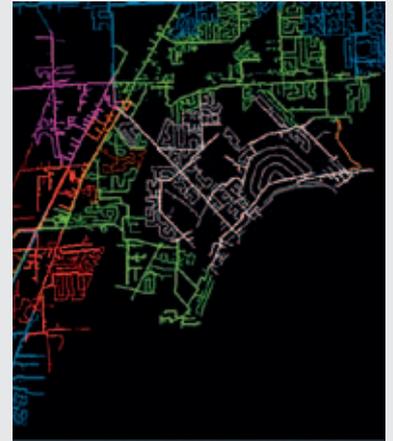
de réseau, est habituellement modifié soit directement par l'opérateur de conduite, soit par le biais d'une interface SCADA qui rapatrie les changements d'état des disjoncteurs de distribution, interrupteurs, réenclencheurs, fusibles, jonctions et appareils de coupure, etc.

L'emploi d'un modèle dynamique pour optimiser le réglage de tension et de puissance réactive a l'avantage de tou-

réactive (commandes locales et systèmes radio centralisés unidirectionnels) ne permettaient pas une optimisation systématique des réglages pour maximiser la réduction des pertes et de la tension de conservation. De plus, elles nécessitaient des serveurs supplémentaires et une infrastructure de communication qui s'avère aujourd'hui inadaptée aux nouvelles fonctionnalités du système électrique (localisation des défauts,



- Modèle électrique du réseau de distribution (triphase, non équilibré) : impédances et capacités.
- Modélisation des charges des clients : % impédance par rapport à % puissance constante et limites de tension.
- Optimisation de l'état des condensateurs et des régleurs de prises par itérations du transit de puissance.
- Prise en compte du réseau de distribution en fonctionnement.



auto-cicatrisation, surveillance et pilotage *intelligents* de toute la distribution).

### Antécédents

Depuis l'apparition des premiers réseaux de distribution, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, beaucoup d'efforts ont été accomplis pour contrer les effets de la puissance réactive et des chutes de tension. Des actionneurs de réglage (régulateurs de tension, transformateurs régleurs en charge et batteries de condensateurs fixes et commutés) furent développés pour aider à maintenir la tension des clients dans les limites réglementaires, à libérer les capacités de production, de transport et de distribution, et à réduire les pertes de puissance active.

Les premiers mécanismes de réglage de ces dispositifs prenaient la forme de commandes locales consistant notamment en des mesures directes de courant et de tension sur les régulateurs et changeurs de prises, mais aussi indirectes (temps, température, etc.) sur les condensateurs commutés, celles-ci servant souvent de valeurs « intermédiaires » pour déterminer le flux de courant réactif réel → 1.

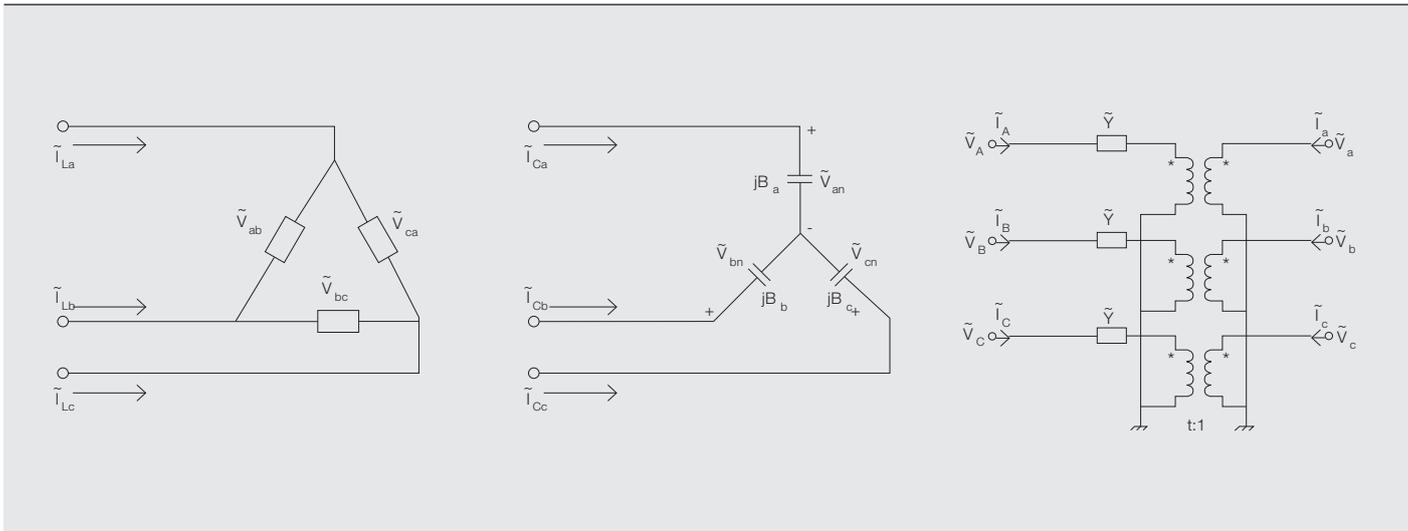
Malheureusement, qui dit commandes locales implique l'absence de coordination centralisée des équipements au niveau du système; la réduction de la tension de conservation est alors loin d'être optimale. À cela s'ajoutent les frais de déplacement d'agents pour vérifier sur

place les fusibles, s'assurer du bon fonctionnement des commandes ou modifier les réglages en fonction des variations saisonnières de consommation.

Si des batteries de condensateurs ne fonctionnent pas ou sont mal réglées, la tension peut atteindre des niveaux inadmissibles et le facteur de puissance se situe le plus souvent en-deçà de sa valeur idéale. Ce constat vaut également quand les valeurs de temps ou de température ne sont pas bien corrélées au réactif qui transite effectivement sur la ligne, à certaines dates ou périodes de l'année. D'où un excès de réactif qui accroît encore les pertes de puissance active.

La commande radio centralisée a une trentaine d'années. Adossée à un système central de surveillance souvent basé sur une approche heuristique, elle se borne à mesurer les flux de puissance réactive dans le disjoncteur de ligne. La communication avec les condensateurs commutés, par exemple, est simplement unidirectionnelle. Souvent, la seule grandeur surveillée est le réactif qui circule dans le disjoncteur. Si l'on reconfigure les lignes de distribution, suite à une manœuvre courante, un équilibrage de la charge ou l'isolement d'un défaut, la logique à base de règles est incapable de détecter automatiquement l'état des batteries de condensateurs sur les lignes raccordées. Ce manque de visibilité, de prédictibilité et d'optimisation du système empêchait la réduction de la tension de

La VVO par modèle multiplie les avantages sur la commande locale et le pilotage radio centralisé.



conservation. D'où l'intérêt des distributeurs pour la VVO par modèle.

### De plus en plus de modèles

Les modèles informatiques sont utilisés depuis des décennies pour faciliter la planification et étudier les nombreuses modifications des réseaux de distribution : extensions de ligne, remplacement des conducteurs, ajouts de poste électrique et de ligne, élévations de tension, dispositifs de sectionnement, condensateurs shunt et régulateurs de tension.

Dès le début des années 1990, ces modèles furent de plus en plus utilisés dans l'environnement d'exploitation. Concrètement, des systèmes de gestion d'incidents « OMS » (*Outage Management System*) à base de modèles furent développés pour les centres de distribution. La connectivité du système, l'emplacement des dispositifs de protection et de commutation, et des charges des clients permirent d'accroître la précision des moteurs de prévision des pannes, écourtant d'autant les interruptions de fourniture et améliorant l'efficacité des équipes de terrain.

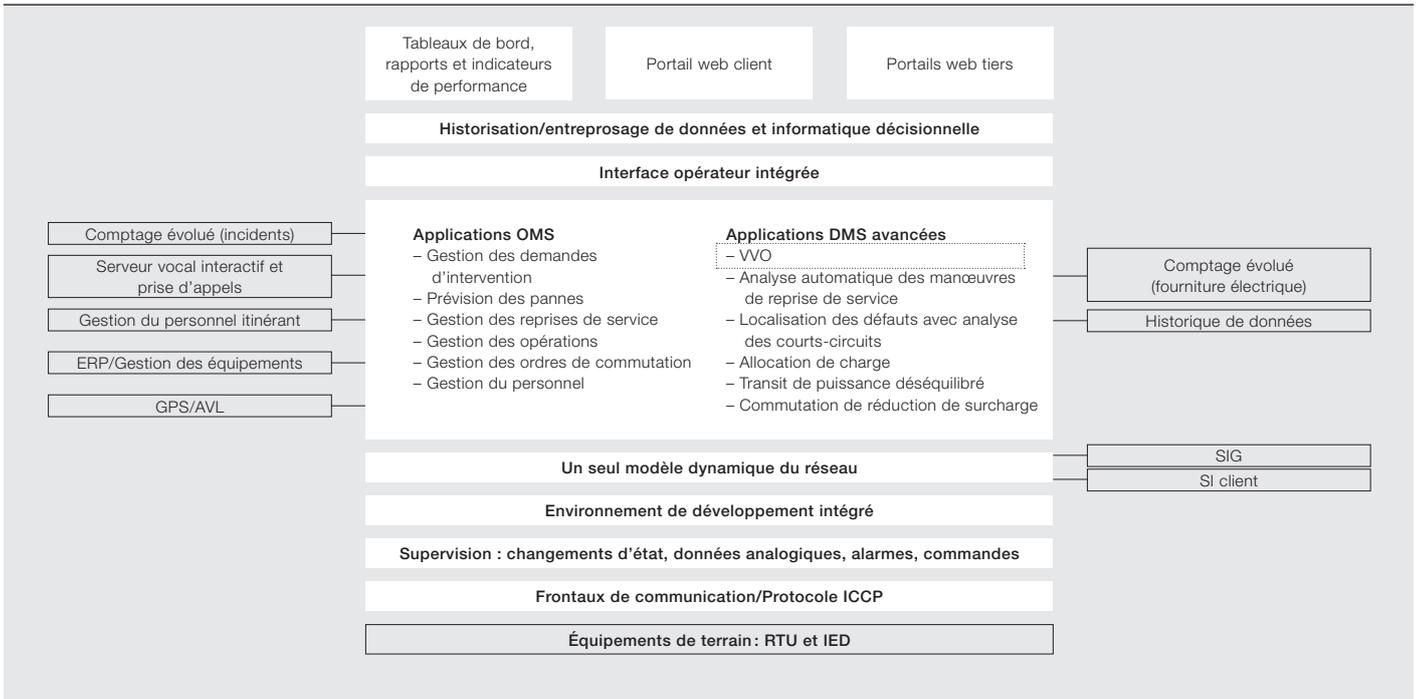
À l'origine, les caractéristiques électriques telles que les impédances d'équipement, les valeurs assignées et les charges, ne figuraient pas dans le modèle, pour plusieurs raisons. *Primo*, l'effort nécessaire au maintien et à l'exploitation de ces données dans un environnement opérationnel était jugé plus important que les bénéfices escomptés. Un modèle de distribution se distingue en effet du modèle de réseau de transport utilisé pour les

systèmes de supervision et de gestion de l'énergie, à la fois par sa taille (10 à 20 fois supérieure) et son régime (non équilibré et par phase) pour calculer avec précision les conditions de distribution. *Secundo*, les applications de réseau de distribution (localisation des défauts, optimisation VVO et auto-cicatrisation) n'ont pas été développées pour tirer parti des modèles de distribution dans l'environnement d'exploitation.

Aujourd'hui, plusieurs facteurs poussent à l'emploi de modèles électriques dans l'environnement opérationnel : économiques tout d'abord, comme le souci de réduire la consommation d'énergie et d'améliorer l'efficacité énergétique, le taux d'utilisation des équipements et la connaissance de l'état du réseau ; techniques ensuite, notamment l'augmentation de la puissance de calcul qui permet de traiter de gros modèles, le nombre croissant d'entreprises disposant d'un SIG complet de leur réseau de distribution, l'ajout d'une instrumentation économique et d'IED, et de communications efficaces et rentables, ainsi que le développement d'applications évoluées comme la VVO.

### Top modèle

La VVO par modèle a nombre d'avantages sur la commande locale et le pilotage radio centralisé → 2. Au premier chef, elle utilise l'état opérationnel du système, notamment les rafraîchissements fournis quasiment en temps réel par le superviseur SCADA et le système OMS, ce qui permet aux distributeurs de maintenir un réglage précis de la tension pour mettre



en œuvre la réduction de la tension de conservation sans dépasser les limites du client. Les systèmes à base de modèle sont à même de tenir compte des modifications du réseau au fur et à mesure de leur apparition, comme les transferts de charge et de batteries de condensateurs entre lignes et les variations de charge.

L'approche heuristique traditionnelle, notamment la surveillance du facteur de puissance dans le disjoncteur de ligne, ne donne pas entière satisfaction. En effet, sachant qu'une ligne peut compter des dizaines de kilomètres de conducteurs, ce sont la tension et la puissance réactive transitant dans toute la ligne, et pas seulement dans le disjoncteur ou en d'autres points du réseau, qui influent sur les pertes et la demande électrique. Une stratégie de réglage fondée sur un modèle de flux triphasés non équilibrés est plus précise que la méthode heuristique.

Les technologies qui sous-tendent la méthode VVO (modèle numérique du réseau basé sur le SIG, transmissions bidirectionnelles avec les postes électriques et les équipements de ligne, ressources informatiques et télécoms, etc.) sont aujourd'hui monnaie courante.

La VVO par modèle permettra également aux distributeurs de vaincre de nouvelles complexités : hausse de la production d'énergie renouvelable (EnR) aux niveaux de tension de la distribution, automatisation accrue de la localisation des défauts et des manœuvres de reprise de service, déploiement des processus de surveillance du système et de gestion des équipements, couplage aux infrastructures de recharge des véhicules électriques.

## L'intégration des applications DMS à d'autres systèmes de gestion de l'entreprise électrique est source de valeur ajoutée.

### Optimisation algorithmique

En termes simples, la VVO par modèle revient à optimiser une fonction objectif soumise à un ensemble de contraintes d'égalité et d'inégalité non linéaires décrit par des milliers d'équations pour le transit de puissance déséquilibré et plusieurs milliers de variables d'état. Les propriétés combinatoires non linéaires non convexes de cette optimisation à très grande

## La VVO par modèle contribue à l'insertion croissante de la production d'origine renouvelable.

échelle (caractérisée par la multiplicité des variables d'état) ont de tout temps posé des difficultés au secteur.

Son algorithme vise à minimiser les pertes et/ou la charge de puissance active en appliquant les contraintes suivantes :

- Équations de flux de puissance (système maillé multiphasé, multi-source, déséquilibré) ;
- Tension (phase-neutre ou phase-phase) ;
- Courant (câbles, lignes aériennes, transformateurs, neutre, résistance de mise à la terre) ;
- Réglage de prises (plage de fonctionnement) ;
- Modification de condensateurs *shunt* (fréquence de fonctionnement).

On utilise à cette fin deux variables de régulation :

- La commutation des *shunts* (coordonnée ou non) ;
- La commande des prises de transformateurs régulateurs de tension (coordonnée ou non).

La VVO par modèle met en œuvre des applications de transit de puissance déséquilibré et d'allocation des charges pour obtenir l'état initial du réseau. Elle utilise également le transit de puissance déséquilibré pour fournir des facteurs de sensibilité (gradients), obtenir des solutions intermédiaires dans les itérations de réglage de tension et vérifier la faisabilité des solutions en lice. Contrairement au régime équilibré, l'application de transit déséquilibré se justifie par les nombreuses charges monophasées que compte habituellement un réseau de distribution, de même que les embranchements monophasés qui peuvent comporter des régulateurs et des condensateurs pilotables.

Le modèle courant de distribution triphasée déséquilibrée de la VVO s'accommode de toutes les configurations habituelles de raccordement des transformateurs, des réseaux isolés de la terre ou faiblement mis à la terre, et de n'importe quel degré de maillage.

Par souci de précision, on utilise un modèle détaillé du réseau. Des modèles basés sur les phases en représentent chaque élément. Les charges ou les batteries de condensateurs peuvent être

couplées en triangle ou en étoile. Les transformateurs offrent de nombreuses possibilités de configuration : triangle ou étoile, secondaire en avance ou en retard avec ou sans résistance de terre, réglage primaire ou secondaire → 3.

Les réglages de tension et de puissance réactive peuvent être coordonnés ou non, la méthode convenant aussi bien aux réseaux radiaux que maillés, mono ou multisources. Les réglages de tension s'appliquent à chaque phase, à l'aide d'une tension phase-terre ou phase-phase, selon le type de raccordement de la charge. N'importe quel dispositif de réglage ou batterie de condensateurs temporairement déconnecté, pour cause de maintenance ou de dysfonctionnement, peut être ponctuellement exclu de l'analyse.

La VVO par modèle prend en compte la caractéristique dépendante de la tension de la charge pour modéliser la réduction de la demande par rapport à la diminution de la tension des charges. Les paramètres optimaux de chaque régulateur ou changeur de prises dépendent de la mixité des charges (puissance constante et impédance constante), sur le circuit de distribution.

### Intégration aux fonctions avancées de pilotage

Une fois en place, l'infrastructure et les moyens nécessaires à la VVO par modèle (modèle de réseau, superviseur, infrastructures de communication, serveurs) peuvent être mis à profit pour assurer des fonctions DMS supplémentaires telles que l'auto-cicatrisation (analyse automatique des manœuvres de reprise de service), le transit de puissance déséquilibré, la localisation des défauts et la commutation de réduction de surcharge. Qui plus est, le couplage de ces applications à d'autres systèmes de gestion de l'entreprise électrique (réponse à la demande, informatique décisionnelle et pilotage des incidents) est source de valeur ajoutée → 4.

Ces systèmes peuvent aussi tirer parti d'une meilleure « observabilité » de l'état électrique et fonctionnel du réseau. La représentation, sous forme de cartes graphiques ou de tableaux dans le système DMS, de l'état des outils de réglage de tension et de puissance réactive le long d'une ligne d'alimentation en

fonctionnement améliore la perception et la connaissance du réseau par les opérateurs. La VVO par modèle bénéficie également des alarmes SCADA et DMS pour signaler les défaillances des automatismes de poste/ligne, la rupture des fusibles de condensateurs ou le dysfonctionnement des régleurs ou batteries de condensateurs. Ces informations, entre autres, alimentent à leur tour des logiciels de gestion des éléments du réseau et des équipes d'intervention. Les données de réduction de la demande et des pertes peuvent être transférées à des systèmes qui évaluent les économies tirées de la diminution du coût du combustible pour le producteur d'électricité et du prix d'achat de l'énergie pour le fournisseur.

### Avantages

La VVO par modèle a bien des atouts sur les précédentes méthodes.

Optimum mathématique calculé et non plus déduit d'une méthode heuristique à base de règles :

- La réduction maximale des pertes et de la demande électrique, ainsi que la libération de capacités sont déterminées à l'aide d'une méthode de programmation mixte entière non linéaire ;
- Les objectifs d'exploitation peuvent être modifiés en fonction de contraintes économiques ;
- L'optimisation est paramétrable pour s'exécuter suivant un calendrier donné ou sur modification importante du système ;
- Des simulations hors ligne permettent d'étudier les différentes configurations et contingences du système.

Optimisation fondée sur l'état fonctionnel du réseau :

- En cas de panne et de reconfiguration du système, le réseau préserve la connectivité des charges, batteries de condensateurs, régleurs et autres équipements de ligne ;
- Le modèle de réseau est régulièrement actualisé, dans le cadre du processus de mise à jour des incidents et de la distribution ;
- L'emploi d'un modèle unique de réseau fonctionnel, commun à toutes les applications des réseaux électriques du futur, garantit la cohérence de l'ensemble.

Réduction des coûts d'infrastructure et de maintenance pour mettre en œuvre de multiples applications DMS :

- La VVO par modèle utilise les mêmes ressources que la supervision, l'OMS et d'autres applications DMS ;
- La gestion de la distribution intégrée évite de dupliquer les infrastructures de calcul et l'environnement de communication pour mettre en œuvre d'autres applications des réseaux électriques du futur ;
- Un seul modèle de réseau de distribution élimine les problèmes de synchronisation entre les différents modèles de diverses applications.

Utilisation d'un modèle détaillé de réseau triphasé déséquilibré :

- Le réglage gagne en précision ;
- De nombreux paliers de tensions (notamment aux niveaux de la répartition et du secondaire) peuvent être modélisés ;
- Les topologies maillées et bouclées, et pas seulement radiales, sont prises en compte ;
- L'impact sur tout le modèle de réseau est calculé ;
- Le déséquilibre de tension est inclus, de même que les réglages coordonnés et classiques.

Modélisation explicite des charges des clients :

- La représentation des charges est fonction de la tension puisqu'elles diffèrent selon la tension et les exigences de puissance réactive ;
- L'emplacement, la taille et le type de charges sur le réseau déterminent le paramétrage optimal des changeurs de prises et autres actionneurs pour la réduction de la tension de conservation ;
- La tension aux points de charge est calculée et comparée aux limites de fonctionnement ;
- Les charges des clients peuvent être représentées en fonction du temps.

### Le meilleur reste à venir

La VVO par modèle s'accorde parfaitement aux autres avancées des réseaux de distribution, comme l'usage accru de fonctions automatiques et explicites de localisation et correction des défauts, qui reconfigurent le réseau en modifiant l'emplacement des charges, des régleurs de tension et des batteries de condensateurs. La VVO par modèle s'en acquitte

fort bien, contrairement aux anciennes méthodes à base de règles.

Autre atout : sa contribution à l'insertion massive des EnR. Les distributeurs connaissent bien les fluctuations de tension causées par le couplage de cette production décentralisée et intermittente aux réseaux de distribution, en particulier les systèmes photovoltaïques résidentiels monophasés. La solution VVO d'ABB y remédie puisqu'elle sait déjà modéliser plusieurs sources et gérer la puissance réactive des EnR.

Grâce au déploiement des compteurs électriques de nouvelle génération et des dispositifs économiques de détection à distance de la tension, aux points de consommation, les programmes d'optimisation pourront bénéficier de relevés supplémentaires en bout de chaîne, qui amélioreront encore les performances du modèle.

### Tim Taylor

Ventyx (société du Groupe ABB)  
Raleigh-Durham, Caroline du Nord (États-Unis)  
tim.taylor@us.abb.com



# Chaîne collaborative

Les bonnes infos  
au bon moment  
font les bonnes  
décisions

SIMO SÄYNEVIRTA, MARC LEROUX – Depuis le début des années 1990, les industriels et les éditeurs de logiciels de production et d'automatisation ne cessent de vanter l'intérêt de passer d'une culture de données îlotées à un environnement collaboratif à même de fournir « la bonne information, à la bonne personne, au bon moment ». Tout le monde en convient : sans contexte d'usage, pas de donnée qui vaille ! Plus que des données, il faut en temps réel des informations pertinentes, opérationnelles et propices à l'action. Si le progrès a facilité l'évolution des industriels dans ce sens, force est de constater que nombre d'entre eux n'ont guère avancé en trois décennies. Où en sont-ils aujourd'hui ? Où vont-ils ? Et de quels produits disposent-ils pour fonder et déployer un environnement résolument collaboratif ?



Les systèmes doivent collaborer et trouver la meilleure solution pour l'entreprise, dans une optique de rentabilité.

**D**e nos jours, un site de production cumule en moyenne 20 à 40 systèmes d'information qui, malgré les bonnes intentions, constituent encore pour l'essentiel des « îlots de données », toujours difficiles à intégrer. Au point que les décisions sont souvent basées uniquement sur le système jugé d'emblée le plus pertinent, sans vision globale de l'activité. Certes, les systèmes de gestion ERP (*Enterprise Resource Planning*) ont depuis longtemps promis d'améliorer la situation mais, en réalité, grande est la différence entre prendre une décision et la mettre en œuvre dans un environnement productif en temps réel. De plus, si les ERP excellent à appliquer les règles de gestion de l'entreprise, ils travaillent d'ordinaire sur des données consolidées périodiquement et non traitées dans l'instant.

#### Photo

Les solutions de gestion de production collaborative ABB aident les clients à valoriser leurs données opérationnelles, au bénéfice de toute l'entreprise.

Autre ambition des industriels : l'amélioration des *process*. Or leur démarche, souvent trop étroitement ciblée, ne tient pas compte de l'incidence sur toute la chaîne de valeur. Élargir le débat pour inclure des sujets comme l'amélioration de la constance des produits permet de réduire les stocks de matières premières et de produits finis, d'abaisser les coûts de transport et d'améliorer les flux de trésorerie. Cela peut énormément peser sur la rentabilité nette d'une entreprise mais cet impact ne peut être convenablement évalué que si tous les sous-systèmes concernés coopèrent.

Un modèle vraiment collaboratif est donc indispensable. Heureusement, la technologie est à la hauteur de l'exigence : la collaboration entre systèmes n'est plus hors de prix ni fonctionnellement limitée. Elle joue d'ores et déjà un rôle de premier plan dans les grands groupes.

#### La fin du chacun pour soi

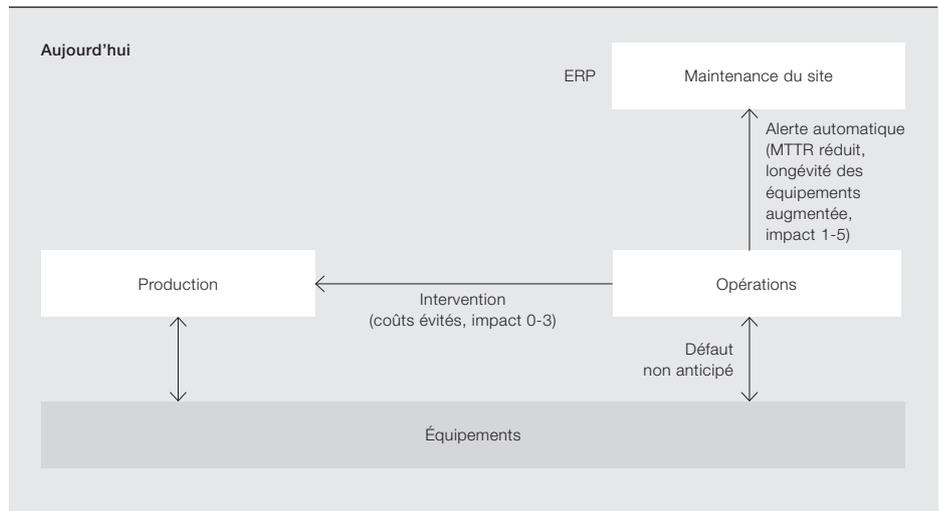
Les dysfonctionnements de l'outil de production sont fréquents et obéissent à

un rituel immuable : appelée par l'opérateur, la maintenance évalue la situation, commande les pièces, planifie les travaux, informe le chef d'atelier, etc. Une procédure très coûteuse en temps et des enregistrements électroniques des interventions, toujours après coup → 1.

Autre solution : l'équipement pourrait détecter automatiquement le défaut et en avertir l'opérateur. Toute l'information pertinente est alors acquise par le système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), qui vérifie automatiquement les moyens d'intervention et les stocks de pièces, et alerte les systèmes de planification des opérations et de la production. De nombreuses entreprises ont déjà ces outils → 2 ; c'est le cas d'ABB avec son offre *Asset Optimization* pour sa plate-forme d'automatisation étendue 800xA.

L'étape suivante consiste à faire coopérer ces systèmes et à déterminer la solution qui en minimise le coût pour l'entreprise. On évolue ainsi vers une produc-

## 1 Faute d'intégration des systèmes dans une architecture collaborative, les procédures peuvent être laborieuses.



tion axée sur la rentabilité, qui permet de prendre la meilleure décision pour l'activité globale, et non pour un de ses sous-ensembles.

Beaucoup de responsables croient être parvenus à ce stade aujourd'hui ou depuis qu'ils ont investi dans un ERP, convaincus que ce dernier englobe tous les domaines et fonctions de l'entreprise. Hélas, la réalité est autre. Si l'installation d'un ERP fait chuter les coûts, on est loin d'avoir épuisé tous les gisements d'économies. Un bon point : l'infrastructure est en place ; reste à élargir notre vision.

### Intégré ou pas ?

Si toutes les entités gérées par un ERP peuvent accéder aux mêmes données, chacune continue de « prêcher pour sa chapelle », au détriment de l'ensemble : interventions et pièces détachées pour la maintenance, optimisation de la fabrication pour la planification de production, commandes et comptes clients pour les services au contact direct de la clientèle.

Cette situation s'explique en grande partie par les difficultés de communication entre la production et l'informatique de gestion, traditionnellement entretenues par le découpage en couches de la pyramide industrielle et même entérinées par la normalisation ISA-95/CEI 62264 sur l'intégration des systèmes de production et de gestion → 3.

Il faut donc désenclaver la production pour l'intégrer au système global de l'entreprise.

### Interfacer n'est pas intégrer

Pour un système de production collaborative, il est primordial de bien distinguer interfaçage et intégration :

- Interfaçage : les données sont répliquées d'un système à l'autre et transférées avec ou sans contexte ou signification ;
- Intégration : les données sont référencées par un modèle qui leur associe automatiquement un contexte et vérifie que le système de référence tient ces données à jour, dans le bon contexte.

## Les équipes techniques peuvent être là où elles sont les plus efficaces si elles disposent d'un accès temps réel aux données et au contrôle-commande.

L'intégration respecte deux grands principes de l'informatique :

- Hors contexte, une donnée n'est qu'une donnée ; en contexte, c'est une information.
- Si la même représentation d'une donnée, dans de multiples systèmes, est différente, alors la donnée comme sa représentation sont fausses.

Les données sont produites au niveau Équipements pour être exploitées au niveau Automatismes. Collectées et stockées en haute résolution, elles sont

visualisées dans le système de gestion de production collaborative qui leur applique des modèles et les intègre de manière transparente aux données de gestion.

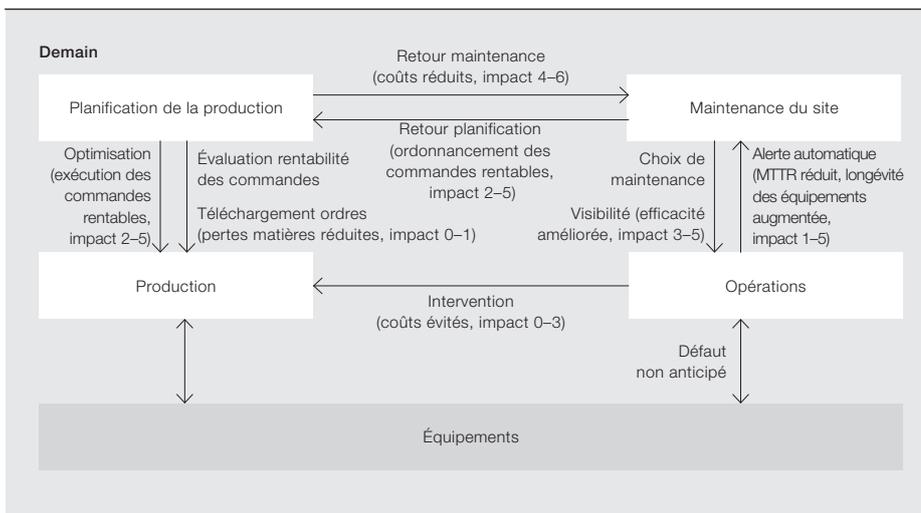
### Collaboration vertueuse et efficace

De nombreuses évolutions incitent à une plus grande coopération entre systèmes. Citons, par exemple, le nombre croissant de départs en retraite avec la perte de compétences, mais aussi la conjoncture économique et l'obligation de satisfaire les actionnaires. Tout cela a poussé cer-

taines entreprises à délocaliser pour réduire les coûts, au risque d'une baisse de la performance opérationnelle due à la perte de savoir-faire, à l'incompréhension de la culture d'entreprise ou à la rotation accélérée du personnel. Autre tendance lourde, la croissance externe de l'entreprise, avec son cortège d'embûches : alignement des systèmes informatiques, rationalisation des lignes de produits, arrêt de chaînes ou fermeture de sites jugés peu rentables.

Relever ces défis impose de revoir toute l'architecture de production, en considérant chaque site non pas comme une entité isolée mais comme une partie d'un tout. On obtient ainsi un environnement intégré qui facilite la production collabo-

La collaboration prend de l'importance à mesure que les sites dispersés font partie de l'entreprise virtuelle.



native. Un exemple : en réduisant les moyens techniques sur le site, les problèmes de fabrication peuvent être réglés par une équipe d'experts disséminés.

Comme pour l'externalisation de l'informatique, opérationnels et ingénieurs peuvent être là ils sont les plus efficaces. Cela passe obligatoirement par un accès en temps réel aux données et événements de production, par la faculté de télésurveiller et de télécommander les opérations et par la collaboration entre systèmes. D'autant plus que les sites éloignés deviennent des éléments clés de l'entreprise étendue virtualisée.

### Une nécessité impérieuse

Dans certains domaines, la collaboration est irrémédiable. C'est le cas des nouveaux gisements pétrogaziers découverts dans des endroits reculés et très difficiles à exploiter, pour lesquels le déplacement d'experts est source de difficultés logistiques et financières. Pour y remédier, les données temps réel des capteurs et les traitements analytiques associés doivent être accessibles à distance et sécurisés pour pouvoir être consultés par les meilleurs experts, partout dans le monde.

Cette démarche prend ici appui sur les solutions « IO » (*Integrated Operations*) d'ABB, qui incluent la collecte et le stockage rapides et sûrs des données, le télédiagnostic des équipements, la téléconduite pour une automatisation collaborative et le contrôle-commande avancé des procédés. De quoi optimiser la production d'une plate-forme en mer du

Nord, par exemple, à partir d'une salle de commande indienne !

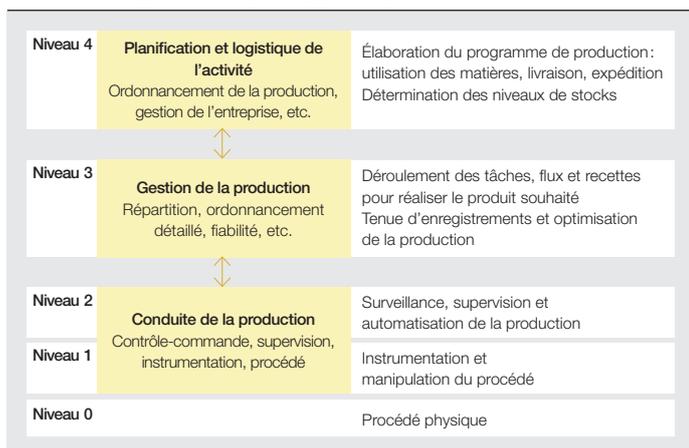
De même, dans le secteur minier, les solutions de gestion de production collaborative *MineMarket* et *Ellipse* d'ABB, associées à son système 800xA, gèrent l'intégration de A à Z des opérations : planification, suivi des flux et de la qualité sur toute la chaîne de valeur, gestion des actifs. Ces informations sont coordonnées par l'infrastructure de gestion collaborative de la production.

Il faut envisager chaque site, non comme une entité isolée mais comme une partie d'un tout.

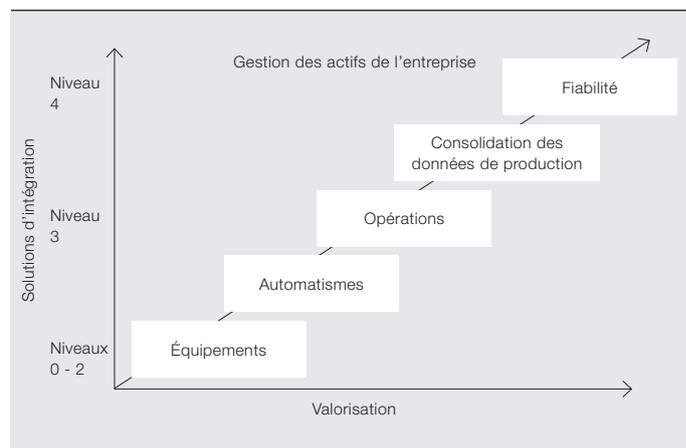
### Redistribution des cartes

Un environnement de production collaborative peut bouleverser la donne. Prenons l'exemple du coût de l'énergie dans des procédés énergivores, toujours traité comme une dépense fixe, irréversible. Or les temps changent ; dans bien des pays, les marchés de l'électricité s'ouvrent à la concurrence, permettant aux industriels de prendre part au négoce, au prix horaire du marché. Même si la fourniture est sécurisée par des contrats à long terme, le coût d'opportunité réel des activités de production n'est plus une variable statique.

### 3 Même les architectures d'entreprise normalisées cloisonnent les niveaux 3 (production) et 4 (gestion).



### 4 Services ABB : une stratégie globale



## L'avènement des systèmes collaboratifs révolutionnera le service.

Ce nouvel ordre peut être une aubaine. Témoin, le gestionnaire *cpmPlus Energy Manager* d'ABB qui permet aux industriels de planifier, de surveiller et d'optimiser simultanément leurs opérations énergétiques et les variables dynamiques de la production, en temps réel. En plus d'obtenir les meilleurs tarifs et d'éviter les pénalités, *cpmPlus* peut signaler le moment idéal pour basculer la production en heures creuses, la ralentir ou l'arrêter, et revendre avantageusement l'électricité inutilisée au réseau.

#### Voies de service

Autre élément décisif, l'avènement des systèmes collaboratifs a profondément rebattu les cartes du service et brouillé ses rôles traditionnels. Les équipements ont désormais la faculté de s'auto-surveiller et de signaler automatiquement le moindre écart avant défaillance, ce qui accroît la rentabilité en diminuant les arrêts de production et en allongeant la durée de vie de l'outil. Dans un procédé complexe, un petit défaut (vanne grippée, par exemple) peut avoir de grosses répercussions sur toute l'activité; plus le process perd en stabilité, plus il est difficile d'en identifier la cause.

Au cours des dix dernières années, de nombreux industriels établis ont admis que la maintenance n'était pas de leur ressort. Des entreprises comme ABB en ont profité pour élargir leur offre de services :

- Maintenance (maintien de l'appareil productif au plus haut niveau);
- Fiabilité (maîtrise de la fiabilité, des risques et des coûts de défaillance escomptés);

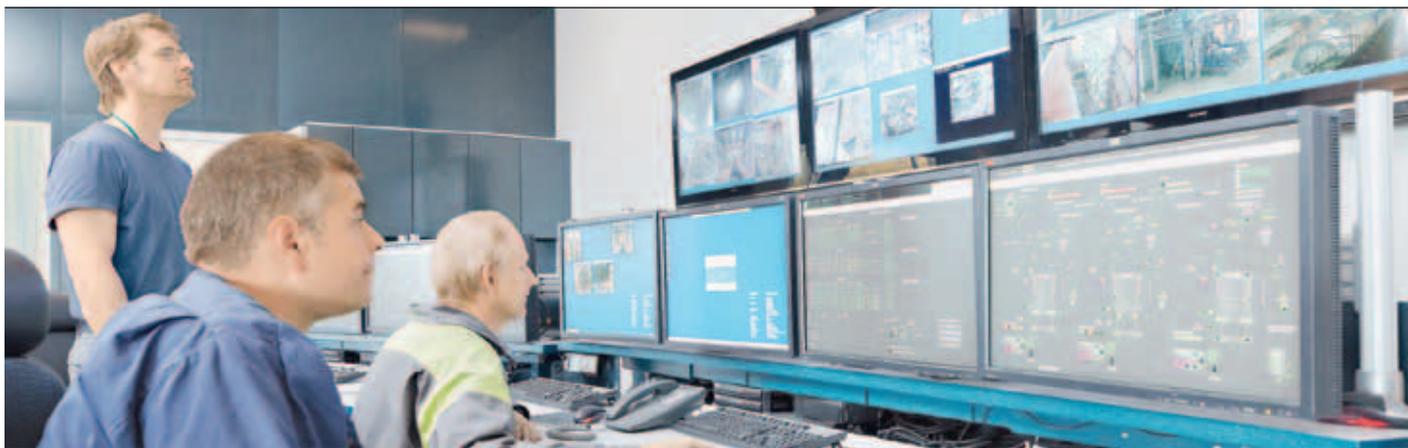
- Performance (impact du changement sur l'efficacité des équipements et mise à disposition d'experts pour réajuster le procédé).

Ces trois catégories de services se complètent pour maximiser les performances de production et la rentabilité. ABB l'a bien compris et a développé pour cela une stratégie globale → 4 qui va du suivi d'état des équipements à un bilan de santé, de fiabilité et de maintenance complet du site. Le tout orchestré par un environnement collaboratif qui facilite l'interaction des systèmes.

#### Résistance au changement

Pour l'essentiel, les solutions avancées dans cet article n'ont rien de nouveau mais elles continuent d'animer les tribunes sur la production et les rapports des analystes industriels. Toutes ne sont pas encore devenues réalité, pour plusieurs raisons :

- L'argument du « nous l'avons déjà » : les responsables de production ayant investi plusieurs millions de dollars dans des systèmes ERP revendiquant cette intégration, pourquoi leur faudrait-il déboursier plus ?
- Le fonctionnement en silos : planification, opérations, service client, maintenance et système d'information constituent autant de systèmes indépendants ayant leurs propres objectifs et mesures de performances... hélas, souvent contradictoires; la maintenance, par exemple, optera toujours pour le plus bas coût, si c'est la seule métrique disponible, et non pour la performance globale de l'organisation.



- La sécurité : l'une des premières missions des technologies de l'information est de maintenir l'intégrité des données. La solution de facilité est alors de limiter les interactions des différents systèmes, au détriment des échanges collaboratifs intégrés.
- Les coûts irrécupérables : il arrive souvent que les bénéfices ne soient pas à la hauteur des investissements consentis. D'où la réticence à investir davantage dans de petites améliorations pour compenser un manque à gagner qui a déjà coûté ! Cette situation vaut surtout pour les projets logiciels dont les bénéfices sont souvent intangibles, ou qui ont déçu et induit des surcoûts.

Ces difficultés peuvent être efficacement levées. Encore faut-il que les entreprises en admettent l'existence.

#### La meilleure façon de marcher

La technologie n'est qu'un catalyseur du progrès ; les investissements technologiques ne produiront pas en eux-mêmes de valeur. De plus, un plan d'amélioration pluriannuel peut se transformer en contrainte. Mieux vaut souvent disposer d'un plan à 5 ans où on en reste à l'année 1 et, à mesure que s'ajoutent de nouveaux facteurs, on réévalue les potentialités et résultats. Les entreprises peuvent alors arrêter de se focaliser sur les coûts irrécupérables et s'intéresser à la valeur incrémentale du changement.

Il est crucial de déployer cette valorisation économique à tous les niveaux. Chaque décision, de l'opérateur au dirigeant, doit se fonder sur ce qu'elle apporte à l'entreprise. Ce qui nous

## Bonne nouvelle : l'infrastructure est en place, reste à élargir notre champ de vision.

ramène à l'environnement collaboratif : un accès transparent à l'information autorise des décisions opérationnelles qui prennent en compte les exigences des clients, la qualité, l'état des équipements et le facteur coût pour déboucher sur une recommandation optimale. Il faut consolider les données issues de multiples systèmes pour offrir une vision globale axée sur les objectifs de l'entreprise et créatrice de valeur.

Le préalable à cela est un logiciel industriel de qualité, développé dans une optique d'intégration. Une architecture conçue pour s'intégrer sans heurts à d'autres systèmes, récupérer des informations haute résolution des processus décisionnels sous-jacents et les stocker pour les retrouver et les visualiser rapidement est cruciale. ABB a tout cela avec sa plate-forme cpmPlus de gestion collaborative de la production et son offre applicative.

En aval, les automatismes du niveau inférieur doivent pouvoir tirer profit de cette intégration. C'est le cas des systèmes d'automatisation phares d'ABB, Symphony Plus et 800xA, tout comme de l'instrumentation et des équipements de terrain.

En amont, ces solutions doivent s'étendre au niveau supérieur de l'entreprise pour inclure les opérations, la fiabilité et la gestion des actifs. ABB couvre tous ces aspects avec ses offres industrielles verticales et l'informatique de gestion Ventyx.

Enfin, le tout doit être lié par des services assurés par un personnel compétent, sachant utiliser la technologie et les solutions pour piloter l'excellence opérationnelle et valoriser l'activité. ABB dispose des services et des moyens de conseil pour faire de cette ambition une réalité au quotidien.

ABB possède la technologie, les produits et les services pour bâtir un système de production collaboratif. Toutes les briques sont en place. Reste à relier tous les maillons de la chaîne de valeur, fabricant et fournisseur, pour cimenter l'édifice collaboratif → 5.

#### Simo Säynevirta

ABB Collaborative Production Management  
Helsinki (Finlande)  
simo.saynevirta@fi.abb.com

#### Marc Leroux

ABB Collaborative Production Management  
Westerville, Ohio (États-Unis)  
marc.leroux@us.abb.com



# Prise en main

## La démarche ABB d'amélioration continue du développement logiciel porte ses fruits

**BRIAN P. ROBINSON, JOHN HUDEPOHL – Dans le passé, le logiciel était parfois considéré comme simple « accessoire » du matériel, alors qu'aujourd'hui, c'est souvent lui qui fait la différence ! En effet, sa part dans de nombreux produits a énormément augmenté au fil des ans, ce qui explique la stratégie ABB d'acquisition de grands éditeurs comme Ventyx et Mincom. Le développement logiciel s'invite partout dans le Groupe, qui exploite couramment des méthodes modernes d'amélioration pour maintenir son leadership sur ce marché et créer de nouveaux produits d'excellence. En atteste sa récente initiative centrée sur les trois piliers du développement logiciel : processus, technologie et ressources humaines.**

### Photo p. 58

Le logiciel est souvent l'atout maître d'un produit ; son développement doit être d'une qualité exemplaire.

**L**e contenu logiciel des produits ABB ne cesse de croître, au point que certains ne sont *plus que* logiciel. Las de jouer les seconds rôles, le logiciel est souvent devenu une tête d'affiche technologique à part entière. Il sait aussi se rendre indispensable aux centrales d'énergie, sites industriels et infrastructures dont le fonctionnement est tributaire d'un logiciel bien écrit et tolérant aux fautes.

### Introspection

Pour évaluer ses propres compétences logicielles, ABB s'est adressé à des experts d'entreprises réalisant des produits à longue durée de vie pour des infrastructures critiques. Certains d'entre eux, accompagnés de responsables et d'experts techniques d'ABB, ont constitué une équipe de veille concurrentielle (*benchmarking*) qui a interrogé les développeurs et ingénieurs d'essais de plusieurs unités de développement logiciel d'ABB. Ces consultations ont permis de comparer les capacités d'ABB à celles de secteurs industriels connexes.

### Voies d'amélioration

ABB étant une grande entreprise dotée d'une offre de produits très diversifiée, différenciée et multisite, une initiative fut lancée à l'échelle du Groupe pour rebondir sur les conclusions de l'étude. Si la planification et la coordination du projet furent centralisées au niveau institutionnel, les participants se répartirent dans ses cinq divisions. L'initiative se concentra sur les trois dimensions du développement logiciel : les processus (méthodes définissant les relations entre tâches), la technologie (outils et équipements) et les personnes (formées, qualifiées et motivées).

---

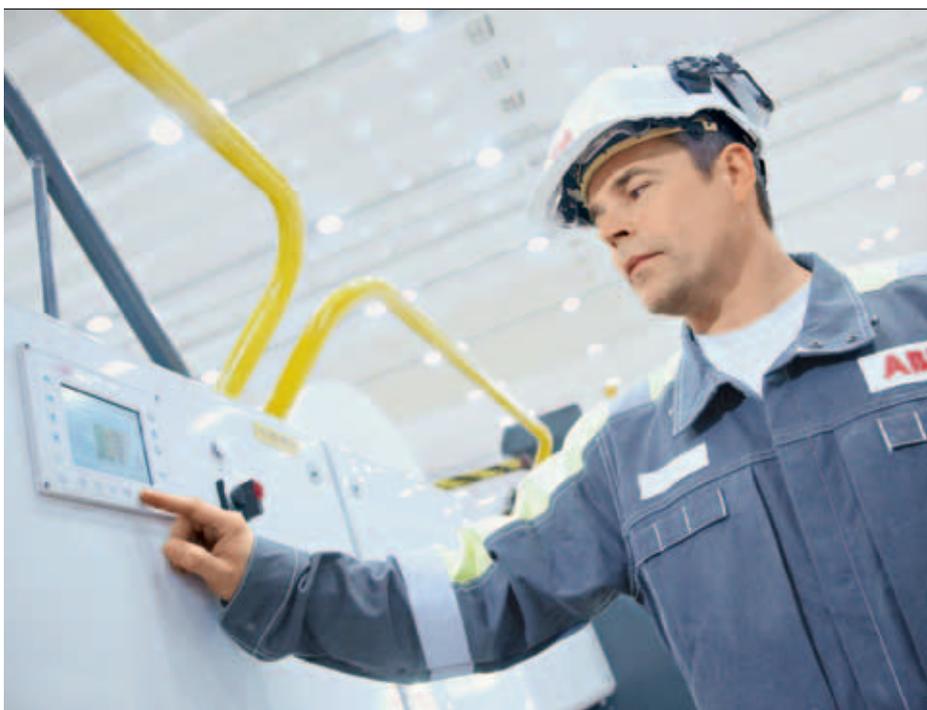
## L'initiative ABB d'amélioration du logiciel est centrée sur les processus, la technologie et les hommes.

Côté processus, il s'agissait de diffuser les meilleures pratiques aux équipes de développement d'ABB.

Sous la bannière du tout nouveau programme ABB d'amélioration du développement logiciel « SDIP » (*Software Development Improvement Program*), ces

SDIP crée et définit les meilleures pratiques de développement logiciel pour le Groupe et leur méthode de mise en œuvre.

1 SDIP mutualise et harmonise le logiciel d'une application comme ici, l'entraînement d'une machine à papier.



équipes mirent en place un ensemble de procédures amélioratives dans leur domaine particulier → 1. Leur travail porta

#### Un développement cadré

Le programme SDIP instaure un cadre de travail qui garantit l'utilisation des

meilleurs processus de développement en date et fournit les outils pour les intégrer et les automatiser autant que possible. Les facteurs humains (formation et motivation

## La solution ABB s'efforce d'élaborer des outils professionnels, efficaces et économiques.

également sur le cycle de développement logiciel et sur la méthodologie ABB de suivi, contrôle et validation par étapes, appelée « *Gate Model* ».

#### SDIP

Le programme SDIP vise l'amélioration continue du développement logiciel par une démarche d'évaluation des progrès accomplis et de validation régulière des acquis, en s'appuyant sur le modèle intégré de maturité et d'aptitude « CMMI » (*Capability Maturity Model Integration*) du SEI (*Software Engineering Institute*) de l'université Carnegie Mellon (Pittsburgh, États-Unis). SDIP crée et définit les meilleures pratiques de développement logiciel pour le Groupe et leur méthode de mise en œuvre. Il spécifie et organise les contrats de licence mondiaux des meilleurs outils logiciels.

des développeurs, par exemple) sont également de la partie.

Pour répondre aux besoins de cycles de développement plus courts et réactifs, ABB fait souvent usage de modèles agiles ou itératifs. Chaque étape du cycle comprend des activités fondamentales (gestion des exigences, conception, implantation) et des tests.

Les projets logiciels comportent trois phases : définition du concept, développement, déploiement. Ce cycle se concentre sur les exigences, l'architecture, la conception, le codage, les tests, le suivi et la correction des défauts. Il définit les tâches quotidiennes des développeurs et se recoupe avec la méthodologie *Gate Model* d'ABB en des points clés.

## 2 Constat d'expert

« Les pratiques d'ingénierie logicielle au sein d'ABB ont beaucoup progressé depuis 2008 et tout porte à croire que ces améliorations vont perdurer. Le développement s'y exerce désormais à un niveau très professionnel. Reste que la programmation agile ou les niveaux CMMI sont des moyens, non des objectifs. »

Professeur Claes Wohlin,  
Blekinge Institute of Technology (Suède)

### ABB Gate Model

Le modèle d'ABB trace la feuille de route conceptuelle et opérationnelle du projet, qui permet de passer de l'idée d'un produit à son lancement et au-delà. Il procure un cadre de référence pour mieux gérer les projets de développement produit et s'assurer la participation active de l'organisation concernée. Chaque étape se conclut par la décision de poursuivre ou d'arrêter le projet. Le cycle de développement logiciel est calé sur ce modèle de façon à pouvoir disposer en temps utile des entrées nécessaires au processus décisionnel.

### Une méthode outillée

Même si de nombreux domaines technologiques sont envisageables, l'initiative s'est jusqu'ici centrée sur la sélection et le déploiement des meilleurs outils de développement auprès des équipes ABB.

La solution ABB s'efforce d'élaborer des outils gérés de manière professionnelle, qui soient intégrés et communs à l'ensemble du génie logiciel, simplifient la tâche des développeurs et accroissent

Standardisation et transparence sont les maîtres mots de cette plate-forme mutualisée. Ses outils renforcent le déploiement de processus récurrents et les métriques associées, tandis que les rapports améliorent la transparence à toutes les étapes du projet de développement.

En d'autres termes, la suite d'outils ABB fournit l'infrastructure permettant la vitesse, la cohérence, la fiabilité et la mesure. Le système prend appui sur des solutions industrielles de pointe qui rationalisent le développement pour accélérer la mise sur le marché et prennent en charge tous les fondamentaux du génie logiciel :

- Gestion des exigences, conception, tests, défauts, gestion des configurations et de la réalisation ;
- Élimination précoce des défauts ;
- Validation (au moyen d'outils d'automatisation de couverture de tests garantissant la conformité des produits au cahier des charges client) ;
- Mesure de l'atteinte des objectifs et des cibles avec données, à l'aide de métriques clés pour prendre des décisions au terme de chaque étape et jalon du *Gate Model*.

Cette approche commune facilite également la rotation des participants et renforce la motivation et la productivité de l'équipe.

### Des équipes motivées et performantes

L'initiative d'ABB s'est également axée sur la formation et le développement de carrière. L'évolution très rapide des pratiques d'ingénierie logicielle donne toute son importance à la formation continue.

Il va de soi que des équipes internationales, qualifiées et motivées, développent de meilleurs produits. Elles sont également plus performantes quand elles disposent de processus adéquats et matures, et d'outils leur facilitant la tâche.

Un cadre de développement de compétences et une formation ciblée consolident les qualifications et aptitudes des développeurs.

---

## Le cycle de développement logiciel est aligné sur le modèle d'ABB de façon à disposer des entrées nécessaires à la prise de décision.

la visibilité sur les progrès réalisés, au moyen de mesures de performance et de rapports couvrant tout le cycle de développement.

### 3 Les étapes de l'amélioration

Étapes	Actions
1	Évaluation et référentiel (critères de départ)
2	Amélioration des compétences en planification et estimation
3	Lancement d'un programme de mesure des progrès accomplis
4	Amélioration de la suppression des défauts par revues « pair à pair » et analyse statique
5	Amélioration de la prévention des défauts par une meilleure conception et définition des exigences
6	Amélioration de la maintenance par analyse de la complexité et restructuration
7	Amélioration du développement classique

### 4 Les bénéfices

Domaine	Pourcentage d'amélioration
Productivité du développement	5 à 20 %
Productivité de la maintenance	10 à 40 %
Réduction des délais	5 à 15 %
Taux de réutilisation (sur 5 ans)	De moins de 20 % à plus de 75 %

## Licences mondiales, outils communs à tout le Groupe et infrastructures mutualisées font la qualité du développement logiciel ABB.

#### L'heure du bilan

Après un certain temps, ABB réunit l'équipe de la première étude comparative pour évaluer les progrès. Cette fois, un plus grand nombre de groupes de développement fut consulté. Dans tous les domaines visés par l'étude, les résultats furent édifiants → 2.

#### Une démarche fructueuse

Respectueux des bonnes pratiques industrielles, ABB a amélioré la productivité du logiciel en s'attaquant d'abord aux contraintes prioritaires de coûts et de délais avant d'enchaîner les sept étapes de sa démarche → 3. Selon les résultats des récents travaux de recherche auprès de nombreuses entreprises, ces améliorations types offrent un réel potentiel de gains → 4.

Une mission SDIP est aujourd'hui en place dans chaque société du Groupe ABB et confiée à des personnes attirées.

Un exemple pour illustrer cette démarche d'amélioration commune à tous: la « revue de code » qui consiste à dépister le plus tôt possible les vulnérabilités potentielles ou les défauts de conception du code source pour en améliorer la qualité et la sécurité. Les développeurs y consacrent beaucoup de temps; il importe donc d'alléger et de rationaliser le processus. Dans la base de code d'un produit ABB, par exemple, d'importants gains de productivité ont été obtenus en complétant ces relectures manuelles par l'outil d'analyse statique Klocwork<sup>1</sup>.

Certains éléments du code totalisant plus de 100 000 lignes, il est difficile de traquer les dépendances dues aux modifications consécutives aux revues. Klocwork a énormément allégé la tâche. Du coup, on organisa une formation intensive à cet outil, aujourd'hui couramment utilisé.

Autre exemple, les mises à jour annuelles d'un logiciel et leurs millions de lignes de code. La dernière édition bénéficia

#### Note

1 <http://www.klocwork.com>



## Standardisation et transparence, maîtres mots de la plate-forme ABB globalisée.

d'un certain nombre d'améliorations conformes au modèle CMMI pour régler les problèmes rencontrés lors des précédentes versions.

Les informations tirées des revues, par exemple, permettent de confronter les exigences du projet aux ressources disponibles. Les revues facilitèrent non seulement la détection des défauts mais aussi la formation croisée et le mentorat, ainsi que la prise en compte des détails.

Ces petits changements eurent beaucoup d'effets. La nouvelle version fut bien meilleure en termes d'opportunité, de fonctionnalités et de qualité perçue. Premières conclusions de la validation : la qualité du produit a fait d'immenses progrès !

### Un avenir tout tracé

Si ABB a d'ores et déjà amélioré son aptitude à développer un logiciel de qualité, d'autres améliorations fondées

sur les meilleures pratiques du secteur l'aideront à creuser son avance sur la concurrence.

C'est en peaufinant inlassablement son développement, avec le meilleur de la technologie, qu'ABB conforte sa position dans un monde industriel de plus en plus investi et dicté par le logiciel. Face à la réduction des cycles de développement et de vie des produits, l'avenir appartient à ceux qui maîtriseront les meilleures pratiques mondiales → 5.

#### **Brian P. Robinson**

ABB Corporate Research  
Raleigh, Caroline du Nord (États-Unis)  
brian.p.robinson@us.abb.com

#### **John Hudepohl**

ABB Technology Ltd.  
Zurich (Suisse)  
john.hudepohl@ch.abb.com

# Cybersécurité industrielle

Protéger les infrastructures critiques dans un monde en perpétuelle évolution

SEBASTIAN OBERMEIER, SASCHA STOETER, RAGNAR SCHIERHOLZ, MARKUS BRÄNDLE – Il y a vingt ans, qui se souciait de la cybersécurité des infrastructures de production et de transport d'énergie ? Les réseaux étaient vraiment isolés et les ingénieurs pensaient que leurs systèmes et dispositifs ne pouvaient recevoir que le type de données pour lequel ils avaient été conçus. Personne n'imaginait qu'un attaquant pourrait injecter des paquets de données aléatoires dans ces réseaux ou intervenir directement sur le procédé sous-jacent. Au fur et à mesure que les systèmes de contrôle-commande industriels abandonnaient les formats propriétaires et l'isolement pour devenir interconnectés à l'aide de technologies « sur étagère » et de standards ouverts, ces préoccupations ainsi que les besoins de cybersécurité se sont lentement mais sûrement accrus. Au début du millénaire, l'importance de la cybersécurité dans le contrôle-commande industriel est devenue évidente. ABB n'a pas attendu pour prendre des initiatives, qui ne relèvent plus seulement du champ de la recherche mais s'intègrent à toutes les étapes du cycle de vie des produits et systèmes du Groupe.

---

#### Photo

La cybersécurité, première ligne de défense des infrastructures industrielles critiques.





## 1 La cybersécurité protège la salle de conduite des accès locaux non autorisés et des accès distants malveillants.



La cybersécurité fait partie intégrante des produits et systèmes ABB, des études et du développement au support, en passant par la maintenance. Modélisation des menaces et revues de conception de sécurité, formation des développeurs, tests de pénétration internes et externes intégrés aux procédures d'assurance qualité, etc. : ABB est sur tous les fronts pour améliorer la fiabilité et la sécurité de ses solutions.

### Intégration au cycle de vie

ABB fut notamment le premier fournisseur de superviseurs « SCADA » (*Supervisory Control And Data Acquisition*) à s'associer au Bureau de la fourniture électrique et de la fiabilité énergétique (*Office of Electricity Delivery and Energy Reliability*) du ministère américain de l'énergie, dans le cadre de son programme national d'essais SCADA à l'Idaho National Lab. C'est en 2003 que débutèrent les évaluations de cybersécurité du gestionnaire de réseau SCADA/EMS (*Energy Management System*) d'ABB, avec à la clé de nombreuses améliorations.

Le centre pour la sécurité « DSAC » (*Device Security Assurance Center*) d'ABB est une initiative majeure du domaine. Il teste en permanence et de manière indépendante la robustesse et la vulnérabilité des piles protocolaires des

dispositifs embarqués, en phase de développement, à l'aide d'une palette de solutions de pointe *open source*, commerciales et propriétaires. Les essais (plus d'une centaine par an) portent sur le profilage d'équipements, la recherche de vulnérabilités connues et le « *fuzzing* » de protocoles (génération et injection automatiques de données aléatoires

## Initiative stratégique, la cybersécurité a chez ABB son organe dédié.

dans l'application cible pour en identifier les bogues et failles), aidant ABB à améliorer sans cesse la robustesse et la résilience des dispositifs embarqués.

Parmi les contributions du DSAC à la cybersécurité des offres ABB, citons la dernière version du système d'automatisation étendue 800xA et ses nombreuses fonctions de sécurité pour l'automatisation industrielle : solutions de protection contre les logiciels tiers malveillants (antivirus, liste blanche d'applications sécurisées), contrôle d'accès granulaire (gestion flexible des comptes, autorisations d'accès granulaires, contrôle d'accès

basé sur des rôles) et communication par protocole IPsec (*Internet Protocol security*) → 1. Pour autant, la sécurité ne se limite pas aux capacités du système mais inclut aussi le support sur le cycle de vie du projet avec, par exemple, la validation des mises à jour de sécurité des logiciels tiers et une procédure fiable de gestion des vulnérabilités.

Autre exemple des efforts d'ABB en matière de cybersécurité : son poste de téléconduite RTU560 (*Remote Terminal Unit*) utilisé comme automatisme classique de poste, de ligne et de réseau électrique intelligent, ou comme passerelle. Ses fonctions sécuritaires assurent la triple conformité NERC CIP (*North American Electric Reliability Corporation Critical Infrastructure Protection*<sup>1</sup>), CEI 62351 et IEEE 1686. Elles incluent un contrôle d'accès granulaire (y compris basé sur des rôles), l'enregistrement au fil de l'eau et le signalement des événements de sécurité, soit en local, soit vers un gestionnaire des informations et des événements de sécurité « SIEM » (*Security Information and Event Manager*), et la prise en charge du routage sécurisé des communications à travers un client de réseau privé virtuel IPsec intégré.

Bien entendu, le cycle de vie du produit ne s'arrête pas à ses fonctionnalités ni au support, mais couvre la totalité du



L'un des plus grands défis de la production pétrolière et gazière réside dans la difficulté croissante d'exploitation des gisements, qui fait appel aux dernières avancées technologiques et aux meilleurs experts du métier. Cependant, conserver toutes les compétences nécessaires sur des sites éloignés comme les plates-formes de forage en mer *offshore* a un coût prohibitif. Sur le champ gazier d'Ormen Lange et la plate-forme *offshore* de Draugen, ABB a travaillé avec Norske Shell la solution *Service Environment*<sup>TM</sup> qui permet à des spécialistes

d'accéder à distance à ces sites, économisant les frais de déplacement. La cybersécurité est bien entendu l'enjeu crucial de tous les scénarios d'accès distant ; c'est pourquoi ABB a développé une solide architecture de sécurité. L'un des principaux facteurs de réussite fut l'intégration du concept de sécurité *Process Control Domain* de Shell aux services et techniques sécuritaires d'ABB, tout comme la prise en compte précoce de la cybersécurité, dès la phase de conception et de construction de l'usine.

ABB fournit le support d'exploitation dans le cadre de la politique de sécurité informatique de Shell. La supervision du système à distance est intégrée à l'inventaire du site pour prendre aussi en compte les données historiques. Les services distants fournis par ABB incluent la gestion sécurisée des serveurs client, le réglage des boucles, l'optimisation du procédé et la maintenance préventive. Le guichet de service ABB, à double commande humaine et automatique, est le cœur de la collecte d'informations. Tous les incidents sont enregistrés et transmis à l'équipe d'intervention attitrée, dans un délai prédéfini, son responsable affectant chaque cas à l'un des experts d'ABB dans le monde entier. Parmi les grandes fonctionnalités de ce guichet unique, citons la gestion des configurations, des alertes sur site et des changements, le tout à distance.

Son périmètre ne se limite pas aux nouveaux projets : Ormen Lange fut certes l'occasion d'intégrer la cybersécurité dès la conception, mais la plate-forme de Draugen existait déjà avant la mise en place des services d'accès distants et de la cybersécurité ABB.

projet, livraison sécurisée incluse. Le champ gazier d'Ormen Lange et la plate-forme de forage en mer de Draugen (Norske Shell) sont d'excellents exemples de l'intégration de la cybersécurité sur toute la durée du projet → 2.

### Intégration à l'organisation

ABB a fait de la cybersécurité une initiative stratégique en lui consacrant un organe, placé sous l'égide du Conseil de cybersécurité du Groupe. Ce dernier renforce en permanence la disponibilité opérationnelle d'ABB et travaille activement à préserver l'expertise et la démarche cybersecuritaires dans toute l'entreprise. Cet organe dédié est composé de spécialistes de divers horizons (R&D, infrastructure SI, droit et communication) pour embrasser les multiples facettes des questions de cybersécurité. En outre, ABB complète et élargit son expertise interne et son champ d'action, à la fois par des collaborations avec ses clients et les organismes publics, et un partenariat stratégique avec la société Industrial Defender, spécialiste de la cyberprotection des infrastructures sensibles.

La cybersécurité en automatisation industrielle est promise au même avenir que l'informatique d'entreprise. Elle fait désormais partie intégrante du quotidien avec ses mises à jour logicielles automatiques, antivirus et correctifs pour enrayer

la montée des menaces. ABB améliore en permanence la sécurité de son offre grâce aux progrès de la technologie et à sa disponibilité opérationnelle. Le Groupe peut ainsi continuer à proposer des produits et services qui répondent aux besoins de sécurité des infrastructures critiques de sa clientèle.

### Collaboration transversale

La normalisation est indispensable pour assurer un haut niveau de cybersécurité dans toute l'industrie. ABB joue un rôle actif aux côtés de l'IEEE, de la CEI et de l'ISA → 3 pour élaborer et mettre en œuvre des normes de cybersécurité du contrôle-commande dans les secteurs de l'énergie et de l'automatisation. Le but est de définir et de maintenir les niveaux requis de cybersécurité, tout en préservant la disponibilité et l'interopérabilité fonctionnelle des systèmes. En outre, ABB a participé à des projets européens, tels qu'ESCoRTS et VIKING, et continue d'investir dans des initiatives multipartites : secteur privé, pouvoirs publics, universités et autres organismes de recherche.

### ESCoRTS

ESCoRTS<sup>2</sup> est une initiative commune d'industriels européens du *process*, de compagnies d'électricité, de grands fabricants d'automatismes et de laboratoires de recherche pour accélérer la

Le système 800xA d'ABB est doté de nombreuses fonctions de cybersécurité pour l'automatisation industrielle.

### Notes

1 [www.nerc.com](http://www.nerc.com)

2 [www.escoartproject.eu](http://www.escoartproject.eu)

L'ISA 99\* est le comité de l'*International Society of Automation* (ISA) chargé d'élaborer une série de rapports techniques et de standards sur la sécurité des systèmes d'automatisme et de contrôle-commande industriels. Ses travaux sont repris par la Commission électrotechnique internationale (CEI), dans le cadre des normes CEI 62443. Pour éviter toute confusion et assurer la convergence avec la normalisation CEI, l'ISA va d'ailleurs renommer l'ISA 99 en « ISA 62443 ».

Ces standards et rapports techniques se divisent en quatre grandes catégories visant chacune un public :

- Généralités : terminologie, concepts et modèles ;
- Détenteurs d'actifs industriels : aspects relatifs à la création et à la maintenance d'un programme efficace de sécurité des systèmes d'automatisme et de contrôle-commande pour les propriétaires et exploitants, soutenu par les fournisseurs de produits et prestataires de services ;
- Intégrateur : conseil sur la conception des systèmes techniques et les exigences de sécurité relatives à l'intégration des systèmes de contrôle-commande, à l'aide de modèles de zones et de conduits ;
- Fournisseur : description du développement produit spécifique et des exigences techniques des systèmes de contrôle-commande.

ABB s'est assuré que la CEI 62443 était applicable au projet européen ESCoRTS et contribue activement aux travaux du comité normatif.

\* ISA99, *Industrial Automation and Control Systems Security*, [www.isa.org/isa99](http://www.isa.org/isa99), consulté le 13/7/2012



## La collaboration avec de prestigieuses universités est un élément clé de la recherche ABB.

pénétration de la cybersécurité dans la commande et la communication en Europe. Face au besoin de normalisation, elle a établi une feuille de route et des axes de recherche, devenant ainsi le moteur de :

- la diffusion des meilleures pratiques de sécurité pour les systèmes SCADA ;
- l'accélération de la convergence des processus de normalisation SCADA dans le monde entier ;
- la mise en place d'installations de test de cybersécurité en Europe.

Le projet ESCoRTS comprenait une évaluation concrète des normes existantes. ABB et l'énergéticien italien ENEL ont ainsi étudié ensemble la cybersécurité d'une centrale (dont la conception avait été revue en 2003), en se basant sur la version de l'époque de la norme CEI 62443. Les résultats ont conclu à

l'applicabilité de la norme et à son utilité pour la sécurité d'un système de contrôle-commande industriel. Ils ont également démontré que l'implication et la collaboration des fournisseurs, intégrateurs et exploitants ou détenteurs d'équipements permettaient de relever le niveau de sécurité du système, tout en respectant les contraintes de coûts et de ressources qui caractérisent les centrales existantes.

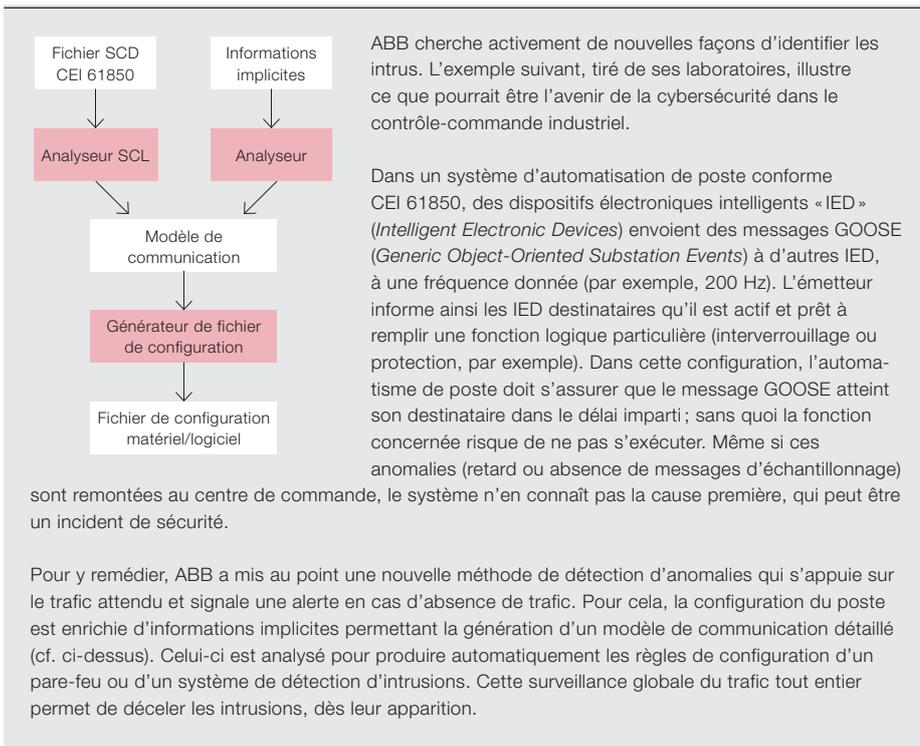
### VIKING

Le projet de cybersécurité VIKING<sup>3</sup> s'est intéressé aux vulnérabilités des systèmes modernes de supervision et de conduite des réseaux électriques → 4. Il s'agit en fait d'un consortium mené par ABB, qui rassemble des fournisseurs d'électricité, des industriels et des universités, dans le but :

- de développer des modèles de calcul pour la sécurité des systèmes SCADA ;
- d'évaluer les coûts et les conséquences pour la société des grandes pannes causées par les défaillances SCADA ;
- de proposer des stratégies pour atténuer les vulnérabilités identifiées.

### Note

3 [www.vikingproject.eu](http://www.vikingproject.eu)



Les participants ont pour cela développé un langage d'analyse de sécurité et un modèle de société virtuelle, étudié les vulnérabilités des applications énergétiques et proposé des contre-mesures. Les résultats ont été résumés dans un certain nombre de scénarios décrivant les éventuelles cyberattaques contre des systèmes SCADA, leur probabilité de réussite et leur impact socio-économique. Sont également mentionnés les méthodes d'atténuation de ces menaces et leur potentiel d'amélioration de la sécurité.

## ABB a joué un rôle actif dans l'élaboration et la mise en œuvre des normes de cybersécurité pour le contrôle-commande électrique et industriel.

### Recherches en cours

La collaboration avec des universités de renom est un élément clé de la stratégie de recherche d'ABB. En 2006, par

exemple, ABB a lancé un programme triennal avec l'université de Saint-Gall et la Commission suisse pour la Technologie et l'Innovation (CTI) en vue de mettre au point une méthodologie de modélisation des menaces sur les dispositifs embarqués permettant d'évaluer et de documenter la sécurité du système tout au long du développement produit [1, 2]. ABB a eu plusieurs occasions d'utiliser cette méthode pour mener des évaluations de la sécurité, dans le cadre de son processus de développement.

Pour conserver son *leadership* technologique, ABB investit aussi massivement dans sa propre recherche, par exemple, sur de nouveaux modes et moyens de protection des systèmes d'automatisation industrielle [3, 4]. ABB continue de répondre aux besoins présents et futurs en développant de nouvelles démarches cybersécuritaires, comme la détection avancée d'anomalies → 5 et la conception d'architectures d'authentification qui autorisent un seul mot de passe par utilisateur pour toute l'usine.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur [www.abb.com/cybersecurity](http://www.abb.com/cybersecurity) ou contactez-nous à l'adresse [cybersecurity@ch.abb.com](mailto:cybersecurity@ch.abb.com).

### Sebastian Obermeier

#### Sascha Stoeter

ABB Corporate Research  
Industrial Software Systems  
Baden-Dättwil (Suisse)  
[sebastian.obermeier@ch.abb.com](mailto:sebastian.obermeier@ch.abb.com)  
[sascha.stoeter@ch.abb.com](mailto:sascha.stoeter@ch.abb.com)

### Ragnar Schierholz

#### Markus Brändle

ABB Group Cyber Security Council  
Zurich (Suisse)  
[ragnar.schierholz@ch.abb.com](mailto:ragnar.schierholz@ch.abb.com)  
[markus.braendle@ch.abb.com](mailto:markus.braendle@ch.abb.com)

### Bibliographie

- [1] Köster, F., Nguyen, H. Q., Klaas, M., Brändle, M., Obermeier, S., Brenner, W., Naedele, M., « Information Security Assessments for Embedded Systems Development: An Evaluation of Methods », *8th Annual Security Conference, Las Vegas (États-Unis)*, avril 2009.
- [2] Köster, F., Nguyen, H. Q., Brändle, M., Obermeier, S., Klaas, M., Brenner, W., « Collaboration in Security Assessments for Critical Infrastructures », *4th International CRIS Conference on Critical Infrastructures*, Linköping (Suède), avril 2009.
- [3] Brändle, M., Koch, T. E., Naedele, M., Vahldieck, R., « Entrée interdite ! », *Revue ABB*, 1/2008, p. 71–75.
- [4] Naedele, M., Dzung, D., Stanimirov, M., « Network Security for Substation Automation Systems », *SAFECOMP 2001, Budapest (Hongrie)*, septembre 2001.



# Matériel pédagogique

En Autriche, ABB  
équipe un nouvel  
atelier de formation en  
variation de vitesse

GERALD LIPPITSCH, PAUL DWORSCHAK – Ces dernières décennies, les équipements électriques destinés aux installations industrielles sont de plus en plus complexes et spécialisés. Dans le même temps, la réglementation tout comme les obligations de sécurité et de qualification des personnels amenés à travailler sur ces équipements se sont renforcées. On exige donc toujours plus des ingénieurs et techniciens. Or développer des compétences suppose une formation tant pratique que théorique, dispensée dans un environnement adéquat utilisant des technologies de terrain. Pour équiper son nouvel atelier de formation en variation de vitesse et électrotechnique, le célèbre institut *Berufsförderungsinstitut* de Vienne (BFI Wien) s'est tourné vers ABB, un des leaders du secteur.

1 Les stagiaires sont formés aux nombreux produits innovants qu'ils utiliseront dans leur vie professionnelle.



Depuis plus d'un demi-siècle, le BFI Wien forme des ingénieurs dans différentes disciplines. Créé il y a 25 ans, son centre propose des cours intensifs dans le bâtiment, la charpenterie, l'informatique, la métallurgie, l'électrotechnique, etc. C'est précisément pour ce dernier domaine, plus particulièrement la variation électronique de vitesse et le matériel électrique associé, que le nouvel atelier de formation a été construit.

### Pédagogie et technologie

Complétant parfaitement les enseignements théoriques, cet outil pédagogique conjugue ouverture et évolutivité. La sécurité y est prioritaire et omniprésente, sans toutefois entraver la mise en pratique des connaissances, ni l'évolutivité des installations.

Sur le plan pédagogique, un objectif majeur était de faire le lien entre la théorie et le monde réel dans lequel les stagiaires allaient se retrouver après leur formation. Pour ce faire, ABB et les enseignants ont élaboré ensemble le contenu des cours. Même si, dans le domaine de la vitesse

variable, l'accent a été mis sur les machines triphasées alimentées par convertisseurs de fréquence, une formation plus générale sur les entraînements à courant continu (CC) et alternatif (CA) est également fournie. Au terme de la formation, les stagiaires doivent maîtriser l'appareillage électrique basse tension et les variateurs CA et CC basse tension, dans le respect des règles de sécurité.

### Équipements

L'atelier est intégralement équipé du système d'armoires électriques modulaires

## L'atelier est intégralement équipé du système d'armoires électriques modulaires Striebel & John TriLine d'ABB.

Striebel & John TriLine® d'ABB de 100 A à 4000 A. Il comprend dix postes de travail fixes, un banc d'études de la variation de vitesse ainsi que trois armoires de commutation de 125 A sur roulettes pour les travaux pratiques.

Tous ces équipements sont alimentés par un tableau général basse tension (TGBT) intégré à une armoire TriLine de 630 A. Celle-ci renferme sept tableaux dont les trois premiers servent à connecter et déconnecter les postes de travail individuels via un système de contrôle-commande, avec des disjoncteurs et des contacteurs SACE d'ABB.

Les quatre autres tableaux servent à l'intégration de trois transformateurs régulateurs triphasés de 20 kVA avec deux séries de redresseurs commutables afin de produire les tensions triphasées CA et CC réglables destinées aux postes de travail et à deux tableaux d'essais de 125 A. Ces derniers, ainsi qu'un variateur ACS880 ABB industrial drive, seront utilisés lors d'une deuxième phase du projet pour construire une cellule d'essais pour un variateur de 55 kW et un appareil-lage de coupure et de connexion → 1

qui permettra de tester quasiment tous les systèmes d'entraînement avec le dernier tableau d'essais de 125 A. Ces équipements font de ce nouvel outil pédagogique un véritable laboratoire professionnel de la variation de vitesse.

Un mur libre est destiné à accueillir un dernier matériel : un banc d'essais servant aux travaux pratiques d'assemblage et de mise en service des armoires BT. Il se compose d'un TGBT didactisé TriLine avec une arrivée réseau de 1250 A, un départ avec disjoncteur et un appareillage de compensation de phase. Cet ensemble complet satisfait à l'une des principales demandes du client, à savoir un environnement qui rappelle le plus possible une installation industrielle réelle.

### Photo ci-contre

ABB a joué un rôle majeur dans la création d'un outil pédagogique évolutif et ouvert pour un centre de formation professionnelle en Autriche.

# La sécurité étant cruciale dans une installation de ce type, ABB a développé un plan spécifique de surveillance et de gestion de la sécurité basé sur son système de contrôle-commande hybride *Freelance* et son automate AC 800F.

## Système d'armoires

La configuration finale de l'outil pédagogique découle, pour une bonne part, de la singularité du projet et de l'espace restreint disponible. De structure modulaire, le système d'armoires TriLine d'ABB était la solution idéale. Qui plus est, les produits de la gamme TriLine sont eux-mêmes utilisés dans les salles de cours, garantissant cohérence et continuité de l'environnement pédagogique.

## Sécurité avant tout

La sécurité joue un rôle de premier plan dans une installation de ce type destinée à être utilisée par des stagiaires et des formateurs bénéficiant de niveaux très variables de qualification et d'expérience. ABB a pour cela développé un plan spécifique de surveillance et de gestion de la sécurité basé sur son système de contrôle-commande hybride *Freelance* et son automate AC 800F.

L'automate AC 800F *Freelance* → 2 peut traiter des données d'exploitation et de diagnostic récupérées de quatre passerelles de communication maximum. Les postes de travail fixes et le TGBT sont d'abord reliés, sur bus de terrain Profibus, à un module d'entrées/sorties S500 d'ABB, puis à l'AC 800F. Cette configuration mobilise une seule entrée, les trois autres restant disponibles pour utilisation ultérieure.

Les interfaces numériques de l'outil de développement *Control Builder F* du *Freelance* permettent aux stagiaires comme aux formateurs de réaliser toutes les tâches automate habituelles : mise sous/hors tension, interverrouillage des tensions, montée en tension jusqu'aux valeurs de fonctionnement, etc.

La surveillance, la commande et la consigne sont des fonctions bien connues de l'automatisation industrielle et font donc l'objet d'une attention particulière au sein de l'atelier. Protections et arrêts d'urgence, etc., sont tous surveillés. En cas de déclenchement d'un des postes de travail, par exemple, l'atelier complet passe en mode Défaut et le poste en question est instantanément isolé de l'alimentation électrique. Si l'un des interrupteurs d'arrêt surveillés par un double circuit déclenche, c'est alors l'alimentation de tout l'atelier qui est immédiatement coupée par un disjoncteur ABB du TGBT, suivi d'un passage en mode Alarme.

L'heure et le lieu précis du défaut apparaissent sur le synoptique de l'atelier affiché sur le poste de supervision de l'automate DigiVis d'ABB, permettant aux enseignants de localiser rapidement le problème et de réagir de manière opportune.

L'architecture du système *Freelance* intégrant un niveau Procédé et un niveau Contrôle-commande sur DigiVis, toutes les manœuvres sont pilotées, surveillées, suivies, vérifiées et enregistrées au fil de l'eau par souci de sécurité et de transparence. Elles peuvent également être visualisées par les formateurs et le chef de département afin d'assurer la légalité de leur traçabilité.

## De l'initiation...

Les premiers modules de formation permettent aux stagiaires de se faire la main sur les interrupteurs, variateurs et autres matériels. Pour simplifier cette partie de la formation, ABB et les membres du personnel du BTI Wien ont conçu une maquette permettant d'assembler des circuits de démonstration au sein même de l'atelier, testés et certifiés par ABB avant utilisation. Ainsi, les matériels utilisés sont en adéquation parfaite avec le contenu des cours. Seuls des produits ABB étant utilisés, les stagiaires se familiarisent rapidement avec leurs caractéristiques, en particulier les schémas de raccordement, réduisant les besoins d'encadrement par les enseignants.

Au fur et à mesure que les stagiaires progressent dans leur compréhension de la technologie des variateurs triphasés, ils sont amenés à utiliser d'autres produits ABB, notamment le kit de démarrage AC500-eCo qui comprend un variateur ACS355 *ABB machinery drive* pour la commande simple d'un moteur. Il s'agit d'un outil pédagogique multidisciplinaire complet et souple.

Ce kit fait la synthèse entre les modules de formation sur automates (API), la variation de vitesse et les communications sur bus de terrain (domaines souvent enseignés séparément), ce qui renforce l'attrait de la formation.

## ... au perfectionnement

Dès que les stagiaires ont développé certaines compétences, ils passent aux travaux pratiques sur un des trois départements sur roulettes.



Premier établissement de formation professionnelle en Autriche, le BFI Wien propose un programme complet de cours intensifs pour les techniciens, à très forte composante pratique. ABB et l'institut viennois ont pour cela développé un banc mobile de départs-moteurs → 3.

Ce banc CA regroupe plusieurs armoires électriques modulaires TriLine d'ABB intégrant des applications industrielles types. Il s'agit en fait d'un tableau de départ pour un entraînement à vitesse variable de pompe de forte puissance. Le moteur asynchrone triphasé de l'entraînement peut fonctionner selon trois modes : commande en vitesse

## Les produits de la gamme TriLine sont utilisés dans les salles de cours, garantissant cohérence et continuité de l'environnement pédagogique.

variable, démarrage progressif et démarrage direct sur le réseau. La charge requise est ici une machine CC à excitation séparée de calibre adapté qui, à son tour, est raccordée à un départ-moteur CC.

Dans cette configuration, le départ-moteur sert à expérimenter des entraînements CC modernes (remontées mécaniques, par exemple) et à simuler différentes charges comme les pompes et les calandres.

Le départ-moteur CA utilise un variateur ACS800 ABB *industrial drive* et un démarreur progressif PST37 d'ABB. Le mode de fonctionnement est sélectionné avec l'automate AC500-eCo.

Les deux départs-moteurs utilisent la technologie de variation de vitesse ABB de dernière génération.

L'équipement, avec les schémas de câblage et les notices techniques, est confié aux stagiaires pour qu'ils effectuent une mise en service complète, sous surveillance stricte bien sûr : programmation et chargement du programme API dans l'AC500 avec l'outil

*PS501 Control Builder*, paramétrage du variateur ACS800 sous logiciel *DriveWindow* d'ABB. Les stagiaires doivent également identifier les valeurs nominales des moteurs, configurer manuellement

en local le démarreur progressif PST37 et procéder aux mesures et réglages du départ-moteur et des machines en fonctionnement.

Les mêmes exercices sont réalisés avec le départ-moteur CC sur les convertisseurs CC à thyristors DCS800 et DCS400 d'ABB.

Enfin, un cours intensif sur le départ-servomoteur avec trois variateurs ACSM1 ABB *machinery drive* pour des applications de *Motion Control* et des moteurs



à aimants permanents parachève la formation.

### Esprit d'ouverture

L'institut BFI Wien est maintenant bien équipé pour offrir une formation en phase avec l'évolution rapide de la variation électronique de vitesse. Le matériel pédagogique est suffisamment souple pour s'adapter au rythme du progrès technologique, sans modification majeure ou coûteuse. Ainsi, par exemple, la nouvelle gamme de variateurs ACS880 ABB *industrial drive* peut immédiatement être intégrée dans les départs-moteurs par simple remplacement d'une platine de montage.

La capitale autrichienne bénéficie désormais d'un centre de formation polyvalent, à la pointe de l'innovation. ABB a contribué à créer un outil pédagogique moderne et ouvert sur l'avenir, qui satisfait pleinement au cahier des charges du client.

#### Gerald Lippitsch

Berufsförderungsinstitut (BFI)  
Vienne (Autriche)  
g.lippitsch@bfi-wien.or.at

#### Paul Dworschak

ABB Discrete Automation  
and Motion, LV Drives  
Vienne (Autriche)  
paul.dworschak@at.abb.com





# Changement de cap

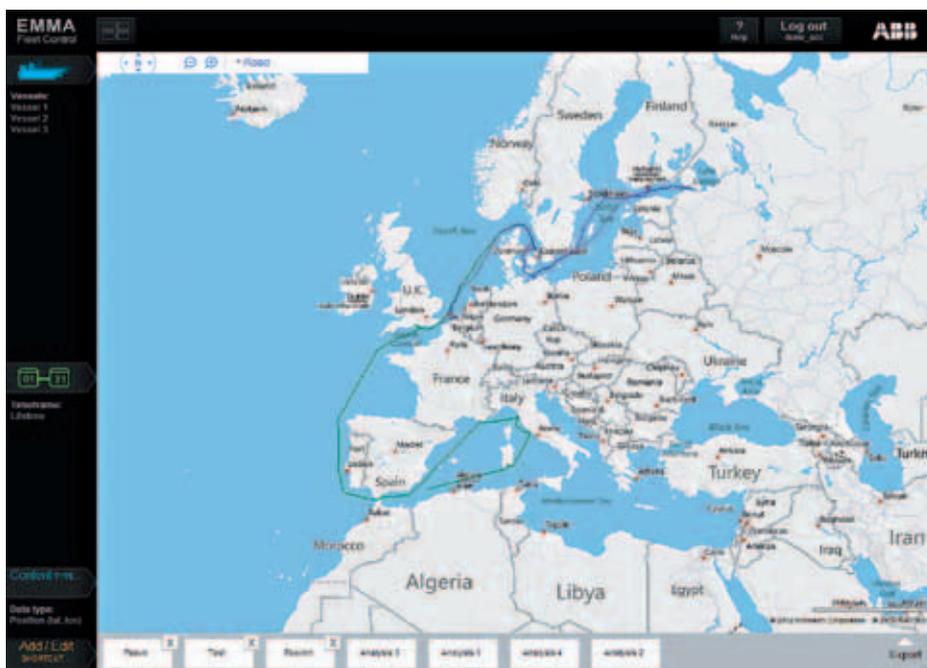
## ABB crée un centre d'excellence pour les technologies maritimes

**KAI T. HANSEN** – Depuis des millénaires, la navigation et le transport maritime ont connu plusieurs révolutions technologiques. Cette décennie verra l'essor de logiciels exploitant toutes les données accumulées par les différents équipements de bord. Ce créneau porteur, ainsi que les défis environnementaux et la flambée du prix des carburants marins, ont notamment motivé la création par ABB de son nouveau centre d'excellence VICO (*Vessel Information and COntrol*). Les solutions logicielles avancées qui y seront développées compléteront l'offre existante en systèmes électriques et solutions de propulsion, et renforceront la position du Groupe sur ce marché.

---

### Photo

Au cours de la prochaine décennie, le logiciel et l'automatisation révolutionneront les technologies maritimes. ABB occupe une place de choix dans l'émergence du navire « intelligent ».



Près de 90 % des échanges commerciaux mondiaux se font par voie maritime. La flotte marchande compte quelque 70 000 navires auxquels s'ajoutent des navires de servitude pour le forage, la recherche scientifique, le ravitaillement et la construction offshore, etc. Avec son système Azipod, ABB domine le marché de la propulsion électrique par nacelle. Le Groupe fournit également des systèmes électriques pour les navires diesel-électriques et ceux à propulsion traditionnelle. Autrement dit, une bonne partie de la flotte mondiale embarque déjà des équipements ABB indispensables à sa mission. Outre ces systèmes, ABB fournit également des solutions de contrôle-commande et des logiciels qui participent à l'optimisation des systèmes électriques et de propulsion tout en simplifiant la maintenance et le diagnostic.

De nombreux navires de dernière génération sont dotés d'équipements modernes (variateurs, relais de protection, moteurs, etc.) qui engrangent des masses de données pouvant être intégrées à d'autres variables comme la vitesse du navire, la force du vent, l'état de la mer et les conditions météo pour optimiser l'exploitation du navire et réduire sa consommation énergétique. Si le système informatique de bord n'a pas été fourni par ABB, ce qui est souvent le cas, cette mine d'informations reste inexploitée.

De plus, les communications par satellite sont aujourd'hui chose courante et les navires peuvent transmettre à terre des données techniques et d'exploitation. L'armateur est ainsi en mesure de mieux planifier, surveiller et comparer les performances de sa flotte. Pour sa part, ABB peut se connecter au navire pour

machines des navires à la salle du conseil des compagnies maritimes.

### La pêche aux économies d'énergie

Premier atout de ces nouveaux produits et de leur intégration fonctionnelle : la réduction des consommations énergétiques. Pour un navire de croisière, les dépenses

de carburant représentent 30 à 40 % des coûts d'exploitation ; elles atteignent 50 à 60 % pour la plupart des navires marchands. Une baisse de consommation de 1 % peut réduire de 50 000 dollars US la facture énergé-

## Les communications par satellite sont aujourd'hui chose courante et les navires peuvent transmettre à terre des données techniques et d'exploitation.

connaître l'état de santé des équipements et, au besoin, aider l'équipage en lui apportant son savoir-faire. C'est autant de gagné sur les coûts et les temps de déplacement avec, en plus, une disponibilité accrue des équipements → 1, → 2.

Le centre d'excellence VICO élaborera un portefeuille complet de systèmes et solutions pour ces applications, ordonné autour de l'intégration fonctionnelle et intelligente des produits existants et du développement de nouveaux logiciels. Ces derniers permettront de faire dialoguer en toute transparence l'ensemble des parties prenantes, de la salle des

tique annuelle d'un vraquier de tonnage moyen et de 300 000 dollars celle d'un gros porte-conteneurs.

Les usages énergétiques d'un navire sont multiples : propulsion, éclairage, chauffage, climatisation, etc. La consommation de la propulsion varie avec le vent, la houle, le courant, l'assiette et l'encrassement de la carène (*fouling*). Le nouveau logiciel EMMA™ d'ABB tient compte de ces facteurs et indique à l'armateur et à l'exploitant du navire où est consommée chaque goutte de carburant et le rendement énergétique → 3, 4, 5. Surtout, il leur fait prendre conscience de l'impact des différents modes de marche

## 2 Courbes de contrôle d'une flotte



## 3 Tableau de bord EMMA™



## 4 Écran des consommations énergétiques



## 5 Écran des consommations réelles et prévisionnelles



sur la facture énergétique, leur permet d'orienter les efforts et de viser les meilleures pratiques.

Le logiciel EMMA offre notamment une fonction d'optimisation de l'assiette du navire → 6. À partir de la mesure de son inclinaison longitudinale, il indique au capitaine comment corriger l'assiette en déplaçant l'eau de ballast pour relever ou abaisser la proue. Optimiser l'assiette n'est pas une tâche aisée car elle dépend de la forme du navire mais également de sa vitesse, de l'état de la mer, du vent, etc. Elle nécessite une bonne connaissance de la dynamique du navire ainsi que des mesures et des observations de ce dernier en situation; un fort remous dans son sillage, par exemple, peut traduire une assiette peu optimale. On gaspille alors du carburant pour «faire des vagues» et non pour propulser le bateau!

Autre exemple: des produits seront développés pour réduire la facture énergétique en optimisant la climatisation selon la température extérieure, l'humidité, la météo, etc.

### Disponibilité et fiabilité

L'intégrité des équipements d'un navire n'est pas qu'une affaire de coûts, mais également de vie ou de mort. Si leur redondance et leur qualité ont toujours permis d'y remédier et demeurent indispensables, la surveillance de l'état fonctionnel de ces actifs contribue à accroître la disponibilité des flottes.

Une panne de courant à bord est lourde de conséquences car la plupart des systèmes, y compris l'appareil à gouverner, est tributaire d'une distribution d'énergie électrique en parfait état de marche. Fournisseur de systèmes électriques et d'automatismes, ABB occupe une position de choix pour fédérer ces mondes et

Une bonne partie de la flotte mondiale embarque déjà des équipements ABB indispensables à sa mission.



## La gestion d'actifs, avec télé-accès aux données, améliore la maintenance des navires et la résolution des problèmes.

intégrer les données d'état du système électrique aux autres systèmes d'information. En permettant ainsi au chef mécanicien de suivre instantanément l'évolution des courbes de tension sur sa console de gestion de l'énergie, on lui facilite l'analyse des avaries et l'identification de leurs causes.

De même, les nouveaux relais de protection ABB, conformes aux exigences d'intégration et de communication de la norme internationale CEI 61850, favorisent la standardisation des procédés de développement, accélèrent le dialogue entre l'appareillage de protection électrique et le système de contrôle-commande, et fournissent des données de diagnostic à foison. Les solutions CEI 61850 d'ABB ont fait florès dans d'autres secteurs d'activité; elles devraient également s'avérer utiles dans l'automatisation des applications maritimes articulées autour de la plate-forme étendue 800xA d'ABB.

### Bilans de santé

Le concept de gestion d'actifs, avec télé-accès aux données, améliore la maintenance des navires et la résolution des problèmes.

La détection précoce des anomalies de fonctionnement est possible par l'acquisition et l'analyse des données d'état des équipements; leur maintenance, leur réparation ou leur remplacement peut alors intervenir au moment le plus opportun et non plus à échéance fixe.

Aujourd'hui, le nouveau système ABB de télédiagnostic est déployé à bord de plusieurs navires. Il permet au personnel

d'ABB Service de mieux venir en aide aux équipages et de leur fournir des consignes précises sur les éléments à vérifier, quelle que soit la position du navire. ABB produit des rapports et bilans périodiques détaillés sur l'état de santé et les éventuelles avaries des équipements de chaque navire. Un service très apprécié du client! Une intégration plus poussée des différents systèmes ne pourra que lui bénéficier encore davantage.

### En avant toute!

ABB prévoit de disposer, à l'horizon 2015, d'une gamme complète de produits d'intégration fonctionnelle pour le transport maritime. Plusieurs ont déjà un gros impact sur les performances des navires. Ainsi, le Finlandais Viking Line a choisi le logiciel EMMA pour un nouveau navire de passagers à très haute efficacité énergétique, qui n'émettra pratiquement aucun gaz à effet de serre.

*«L'une de nos priorités absolues est la baisse des émissions polluantes et des dépenses de carburant de la flotte, explique Kari Granberg, chef de projet chez Viking Line. Nous recherchons un bon outil de surveillance capable de réguler automatiquement la consommation énergétique et aussi simple à utiliser qu'un feu tricolore. Notre choix s'est donc porté sur le système EMMA d'ABB.»*

**Kai T. Hansen**

ABB Marine & Cranes  
Billingstad (Norvège)  
kai.hansen@no.abb.com

## Rédaction

### Prith Banerjee

Chief Technology Officer and  
Executive 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, ABB Review  
andreas.moglestue@ch.abb.com

## Édition

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

ABB Technology Ltd.

ABB Review/REV

Affolternstrasse 44

CH-8050 Zurich (Suisse)

La Revue ABB paraît quatre fois par an en anglais,  
français, allemand, espagnol, chinois et russe.

Elle 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 ©2012

ABB Technology Ltd.

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 à titre d'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/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)



Dans le numéro 4|12

# La montée du service

ABB accompagne une foule d'industriels et de collectivités ayant chacun leurs enjeux et exigences, mais partageant aussi des développements et choix technologiques communs. Dans le domaine du service, par exemple, la règle a longtemps été de faire intervenir ses propres équipes, les constructeurs se bornant à fournir les pièces détachées ou à prodiguer des conseils au cas par cas. Aujourd'hui, de nombreux clients revoient cette stratégie face à la technicité croissante des équipements, la course à la productivité, la pression de la concurrence mondiale et l'inexorable perte de savoir-faire liée aux départs en retraite.

ABB a choisi d'élargir et de diversifier son offre de services en faisant profiter ses clients de son expertise et de sa panoplie d'outils pour maintenir en état et moderniser les équipements.

Pensez aux arrêts inopinés, par exemple : la meilleure façon de les éviter est encore de repérer au bon moment les causes de défaillance. Dans bien des cas, nombreux sont les signes avant-coureurs, d'ores et déjà mesurés, mais qui restent « sur le carreau » de l'usine. Or la collecte et l'analyse de ces données ouvrent des possibilités inexplorées en matière de diagnostic et de prévention, propices à une maintenance plus proactive que réactive.

Autant d'activités et d'offres ABB à découvrir... Pas de doute, notre prochain numéro aura le sens du service !



## Réduire de 180 millions de tonnes les émissions de CO<sub>2</sub> par an ?

Pour la seule année 2009, les économies d'énergie réalisées par le parc mondial de variateurs ABB ont réduit de 180 millions de tonnes les émissions de CO<sub>2</sub>. Ce système intelligent de commande en vitesse variable des moteurs électriques, qui diminue la consommation énergétique des machines entraînées, est une des nombreuses solutions d'énergie et d'automation proposées par ABB. Celles-ci gèrent la consommation énergétique de manière efficace, diminuent les émissions de carbone et abaissent les coûts de nos clients.  
[www.abb.ch/betterworld](http://www.abb.ch/betterworld)

Absolument