



# Revue ABB

Revue de l'actualité technologique  
du Groupe ABB

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

4/2008

## Innovations fructueuses

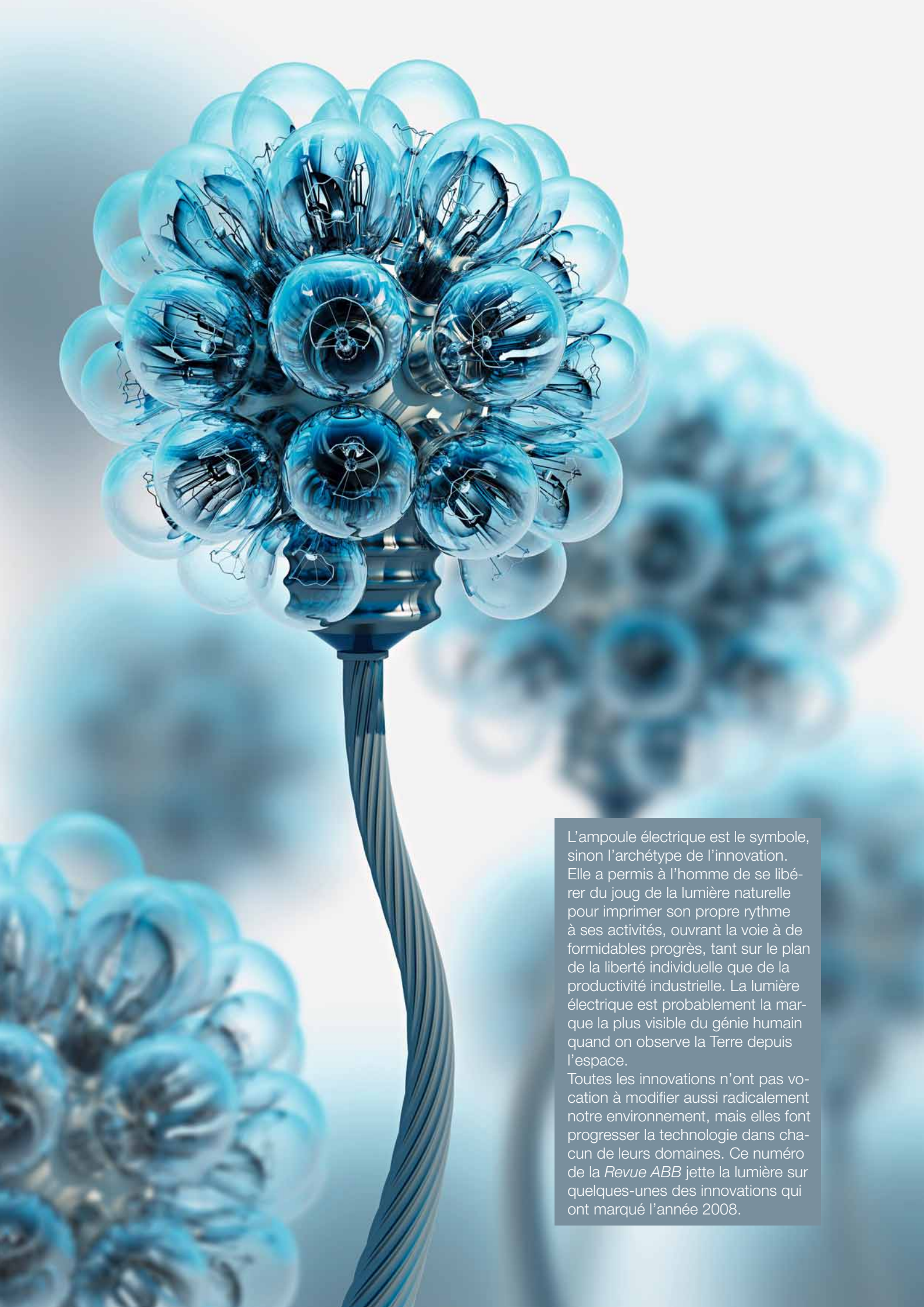
Le meilleur de l'innovation 2008  
page 6

Record mondial dans la très haute tension  
page 20

IRB 360 *FlexPicker*<sup>TM</sup> :  
robot de prise/dépose à la volée  
page 29



**ABB**



L'ampoule électrique est le symbole, sinon l'archétype de l'innovation. Elle a permis à l'homme de se libérer du joug de la lumière naturelle pour imprimer son propre rythme à ses activités, ouvrant la voie à de formidables progrès, tant sur le plan de la liberté individuelle que de la productivité industrielle. La lumière électrique est probablement la marque la plus visible du génie humain quand on observe la Terre depuis l'espace.

Toutes les innovations n'ont pas vocation à modifier aussi radicalement notre environnement, mais elles font progresser la technologie dans chacun de leurs domaines. Ce numéro de la *Revue ABB* jette la lumière sur quelques-unes des innovations qui ont marqué l'année 2008.



## En toute discrétion

Le village planétaire resserre les rangs pour tenter de relever un certain nombre de défis majeurs qui compromettent l'avenir de l'humanité : déclin rapide des ressources en eau douce, diminution des réserves d'énergies primaires, conséquences désastreuses du réchauffement de la planète, etc.

Les médias s'en font l'écho, préconisant un changement radical de notre mode de vie et en appelant au progrès technologique pour résoudre immédiatement les problèmes.

Pour autant, une rupture technologique n'est pas toujours nécessaire. En effet, les solutions les plus efficaces sont fréquemment celles qui utilisent des techniques existantes pour résoudre de nouveaux problèmes. S'agissant d'une évolution, plutôt que d'une révolution, elles font rarement la une des journaux même si elles s'avèrent très utiles.

Dans l'industrie, l'innovation est plus discrète, sans battage médiatique ; il n'en reste pas moins que de nombreuses technologies qui nous aideront à relever les défis existent déjà. En les appliquant à la résolution de nouveaux problèmes, nous pouvons gagner énormément de temps. De petites innovations permettent souvent de développer rapidement des solutions qui ne défrayeront pas la chronique !

Prenez, par exemple, le formidable potentiel d'économies d'énergie que représentent les bâtiments, les logements individuels, les immeubles de bureaux et les usines. En faisant appel à des technologies existantes pour résoudre de nouveaux problèmes et progresser par petits pas, ABB a développé un concept de cadre de vie qui s'appuie sur un système d'automatisation de la gestion énergétique.

A une autre échelle, ABB est à l'origine de la technologie de câbles sous-marins CCHT qui relie les énormes parcs éoliens offshore à la terre ferme de même que des solutions de raccordement des centrales hydrauliques aux

réseaux de transport transfrontaliers comme celui entre la Norvège et les Pays-Bas. Sans ces innovations, ces sources d'énergie renouvelable resteraient inexploitable.

Pour transporter sur plusieurs milliers de km l'électricité produite par les centrales de l'ouest du pays jusqu'aux mégapoles énergivores de la côte orientale, la Chine a décidé de franchir le mur des 1100 kV. Si ce niveau de très haute tension (THT) permet de réduire considérablement les pertes en ligne, il nécessite une technologie d'appareillage d'interruption spécifique. Largement éprouvé à des tensions moins élevées, cet appareillage a fait l'objet d'intenses travaux de recherche-développement (R&D) au sein d'ABB qui a livré à la Chine le premier appareillage THT à isolation gazeuse au monde.

L'innovation dans le domaine de la robotique industrielle n'est pas en reste. En effet, ABB vient de sortir son *FlexPicker* de deuxième génération, un robot capable de réaliser 130 opérations de prise/dépose à la volée par minute. Plus rapide que son prédécesseur, il peut également manipuler des charges de plus d'1 kg avec une précision supérieure à 1 mm et des accélérations dépassant 10 G.

Ces quelques exemples ne sont que la partie visible d'une dynamique silencieuse dans laquelle ABB est engagé. Nous continuerons d'améliorer les technologies et de développer de nouvelles applications qui jettent les bases des solutions aux problèmes qui se profilent.

Dans ce numéro, nous vous présentons certaines de ces technologies et innovations qui sont le résultat de plus d'un milliard de dollars investis chaque année en R&D. Si nos clients en récoltent les fruits, il en va de même de la société toute entière.

Bonne lecture,

Peter Terwiesch  
Directeur des technologies  
ABB Ltd.

# Revue ABB 4/2008

## Innovations fructueuses

### Le meilleur de l'innovation

**6**

#### 2008, année fertile

La *Revue ABB* dévoile 8 innovations marquantes de l'année.

### Produits

**11**

#### Cadre de vie

Convivialité, élégance et sobriété énergétique sont les maîtres mots de l'automatisation de l'habitat ABB Busch-Jaeger.

**15**

#### Tolérance zéro

La gamme RE\_60\_ prend le relais dans les réseaux de distribution.

**20**

#### Poste de garde

Un appareillage d'interruption à très haute tension bat tous les records pour protéger la Chine.

**25**

#### Intelligence productive

Avec sa plate-forme de mesure en continu *Network Platform*, ABB améliore le contrôle qualité dans l'industrie papetière.

**29**

#### En prise directe

Les robots FlexPicker™ de deuxième génération remportent la palme de la productivité industrielle.

### Systemes

**34**

#### Parcours sans faute

Les progrès continus de la surveillance à grande échelle renforcent la stabilité du réseau électrique.

**40**

#### Plongée sous-marine

HVDC Light® relie le plus grand parc éolien marin mondial à la côte allemande.

**44**

#### Protection obligatoire

En s'intégrant à la plate-forme d'automatisation étendue 800xA, la sécurité ne fait plus bande à part.

### R&D

**49**

#### Rien ne se perd...

Avec le système 800xA d'ABB, une petite unité de production de bioéthanol a tout d'une grande!

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

**51**

### Tenue correcte exigée

Les transformateurs de mesure prêts en toutes saisons avec les nouveaux matériaux isolants

**55**

### Sous haute surveillance

Les réseaux électriques adoptent une bonne conduite.

## ABB, éternel pionnier

**59**

### CCHT

Depuis sa première liaison CCHT réalisée en 1954, ABB a toujours été à l'avant-garde de l'innovation dans cette technologie.



# 2008

## Année fertile en innovations

Dans les laboratoires et les centres de recherche ABB à travers le monde, plus de 6 000 scientifiques et ingénieurs s'attachent à développer les technologies qui seront l'amorce des produits de demain.

Chaque année apporte son lot d'innovations et sélectionner les plus marquantes n'est pas chose aisée. Les technologies dévoilées ici ne sont qu'un échantillon des résultats de leurs travaux. Elles ont été choisies pour donner un aperçu des domaines d'activité très variés des équipes de recherche-développement ABB.

Les brèves descriptions des pages suivantes vous invitent à découvrir certaines innovations qui font l'objet d'articles complets dans ce numéro de la *Revue ABB*.



04.05.08  
MAIN MENU

## Fonctionnel et stylé

L'efficacité énergétique du bâtiment joue un rôle croissant dans la lutte contre le réchauffement climatique. Les composants « intelligents » d'un édifice équipé de capteurs et d'actionneurs peuvent régler automatiquement la lumière du jour ou l'éclairage nocturne des pièces. Chauffage et rafraîchissement sont également modulables pour optimiser le confort de l'occupant, tout en allégeant sa facture énergétique. Mais cette infrastructure *high tech* doit aussi savoir sécuriser le site et en agrémenter le cadre de vie (audiovisuel, Internet...). La technologie est certes au rendez-vous, mais sera-t-elle utilisée ?

Avec son offre *Living Space*<sup>®</sup>, Busch-Jaeger, société du Groupe ABB, a développé une nouvelle génération de technologies du bâtiment mariant parfaitement souplesse, confort, efficacité énergétique et sécurité.



Les communications entre l'utilisateur et le système sont extrêmement intuitives et reprennent les grands principes des outils usuels de notre société de l'information et de la communication. Des écrans tactiles permettent de

piloter en douceur tous les équipements du bâtiment et de renseigner l'occupant sur sa consommation électrique, l'actualité du jour ou la météo tout en diffusant du Bach dans les chambres à l'étage.

Economiser l'énergie dans le bâtiment? La réponse est évidente avec la simplicité et le charme discret des commandes ABB Busch-Jaeger *Living Space*<sup>®</sup>.

Pour en savoir plus, lire « Cadre de vie », p. 11.

## Droit au but

Le développement d'un nouveau produit connaît souvent des dépassements de budget et de délais du fait de spécifications mal définies ou de modifications en cours de conception. Pour développer ses nouveaux relais d'entrée de gamme en cours de lancement sur le marché, ABB a adopté le principe du « bon produit du premier coup ».

En cernant avec précision les besoins fonctionnels des produits et en se conformant strictement aux spécifications, ABB a développé sa nouvelle gamme de relais dans des délais très courts, avec un seul prototype créé et aucune modification en cours de conception. Pour ce faire, les ingénieurs



ont largement fait appel à des outils pointus de simulation des composants matériels et des fonctionnalités logicielles.

Ces relais d'entrée de gamme sont destinés aux réseaux de distribution. Les modèles REJ601 et REF601 sont des relais de protection triphasés à maximum de courant et de mise à la terre, alimentés par une source auxiliaire et intégrant une interface pour capteurs de courant (bobine de Rogowski). Le REJ603 est un relais de protection triphasé à maximum de courant et de mise à la terre qui est autonome en matière d'alimentation et intègre une interface personnalisée pour un transformateur de courant. Ce dernier fut le premier appareil commercialisé et sera bientôt rejoint par les deux autres.

Pour en savoir plus, lire « Tolérance zéro », p. 15.

## Record de tension pour un appareillage à isolation gazeuse

La Chine, dont les centrales de production sont installées à l'ouest, loin des principaux centres de consommation de l'est, a décidé de faire un grand bond en avant en développant des lignes de transport de 1 100 kV CA. Ce niveau de tension, le double des 550 kV habituels, divise par 4 les pertes en ligne, avec d'énormes économies à la clé.

Pour conserver des postes électriques aux dimensions raisonnables malgré ce très haut niveau de tension, un appareillage d'interruption à isolation gazeuse a été choisi car plus compact que la technologie isolée dans l'air. ABB est monté au créneau et, en collaboration avec ses partenaires, a développé le premier poste à isolation gazeuse de 1 100 kV du monde. Ce dernier, installé à proximité de la ville de Jingmen (Chine centrale), acheminera vers le nord du pays une partie de l'électricité produite par la centrale des Trois Gorges.



Les essais de type des matériels isolés au gaz ont été menés simultanément dans des laboratoires chinois, suédois et suisses. Cette réalisation marque le début d'une nouvelle ère dans le transport THT et démontre avec force le génie créatif de l'union des

leaders mondiaux de l'électrotechnique.

Pour en savoir plus, lire « Poste de garde », p. 20.

## Mieux vaut prévenir...

Le réseau électrique qui nous dessert en énergie de grande qualité constitue un impressionnant maillage de milliers de kilomètres de lignes aériennes et de câbles enterrés, reliant des centaines de centrales à des millions de consommateurs. Or cette chaîne est très vulnérable aux perturbations même infimes du réseau, dont les conséquences sont multiples, de la micro-baisse de tension à la panne généralisée.

Plus tôt le gestionnaire de réseau de transport (GRT) est averti de ces menaces, meilleures sont ses parades préventives. Les GRT des grands réseaux de transport sont donc à l'affût de ces « préalarmes » les avisant, par exemple, d'une chute de fréquence en Espagne risquant de déclencher une centrale en Suède. Une information que n'anticipent pas les superviseurs SCADA dont ils sont habituellement équipés! Aujourd'hui, la solution *Network Manager*<sup>TM</sup> d'ABB, intégrée aux systèmes SCADA et de gestion d'énergie EMS, propose de nouveaux outils pour surveiller et maîtriser le réseau sur des milliers de km: une poignée d'appareils de mesure de phaseurs « PMU », installés en des points stratégiques du réseau,



suffit à faire le point, en temps réel, sur la stabilité de l'ensemble du système électrique.

Pour en savoir plus, lire « Parcours sans faute », p. 34.



## Nouvelle plateforme de mesure en ligne pour l'industrie papetière

La nouvelle *Network Platform* d'ABB, pilier de son système de contrôle qualité du papier, contribue à réduire les coûts et aide le Groupe à conserver sa place de numéro un mondial sur ce créneau.

Les usines papetières modernes sont des merveilles de technologie dont la plateforme de balayage du papier est le summum. Ses capteurs mesurent en ligne les propriétés du papier (humidité, orientation des fibres, ...); les données brutes collectées sont regroupées et transmises à des algorithmes de régulation complexes qui génèrent les commandes de la machine à papier.

La *Network Platform* intègre le *nec plus ultra* de la technologie, respecte totalement les standards modernes et est un formidable levier de progrès pour l'industrie papetière.

De nouveaux outils de diagnostic et affichages améliorent l'accès de l'industriel aux données de production. S'ajoutant à la simplicité et à la flexibilité globales du système, ces atouts réduisent les besoins de formation du personnel et facilitent la configuration sur site et en phase de livraison d'un projet.

Deux à quatre heures suffisent pour créer, installer et tester le code objet en cas de modification du source. De plus, l'utilisation du langage C++, standard de facto, pour la plateforme de balayage maximise la portabilité et la pérennité.



Pour en savoir plus, lire « Intelligence productive », p. 25.

## Avis de coup de vent en mer du Nord

Face à la hausse de la demande mondiale en énergies renouvelables, l'éolien se développe à la vitesse grand V. C'est ainsi que se profilent, au large des côtes des mers du Nord et Baltique, des projets éoliens totalisant plus de 15 000 MW, le premier d'entre eux étant en cours de réalisation. L'Allemagne, pionnière de la filière, s'est lancée dans la construction du plus grand parc éolien au monde, en mer du Nord. Lorsque s'achèveront les projets de la région, ce réseau avoisinera une puissance de 6 300 MW.

Pour cela, l'électricité transite sur des liaisons câblées CCHT de plus de 100 km. En achevant la liaison Est-link entre la Finlande et l'Estonie en moins de 20 mois (record mondial!), ABB vient de prouver l'adéquation de sa technologie *HVDC Light*® au transport de l'énergie éolienne sur de longues distances.

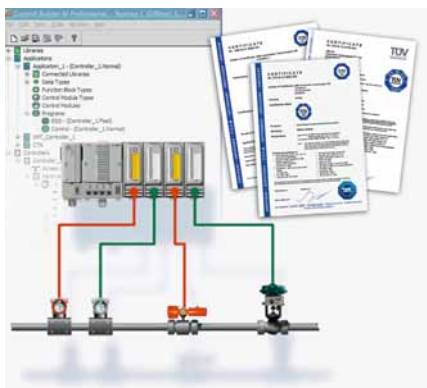


Prochaine étape: la livraison des premiers raccordements au réseau éolien de la mer du Nord, avec un système HVDC Light de 400 MW. Un câble sous-marin de 128 km et un câble souterrain de 75 km relieront cette première jonction de plusieurs parcs éoliens pour les coupler au réseau de transport terrestre, au niveau du poste de transformation de la côte allemande.

Pour en savoir plus, lire « Plongée sous-marine », p. 40.

## Commande et sécurité enfin réunies

Au domicile comme au travail, le non-respect de la sécurité est la porte ouverte à l'accident. Dans les usines de transformation, le contrôle sécuritaire repose sur des systèmes sophistiqués prenant le relais de la vigilance



humaine. Jusqu'à présent, ces derniers étaient habituellement de simples ajouts fonctionnant à l'écart du système de contrôle-commande ; or la complexité des unités de production allant croissant, ce cloisonnement commande/sécurité pèche de plus en plus par sa rigidité et son coût. Pour y remédier, ABB propose une plate-forme à haute intégrité qui peut pleinement s'insérer à sa solution d'automatisation étendue 800xA.

Partie intégrante du contrôle-commande 800xA d'ABB, *800xA High Integrity* accède à toutes les données utiles du procédé et fournit à l'opérateur la totalité des informations ayant trait à la sécurité du site. Aidé de fonctions courantes de consignation d'événements et de traitement d'alarmes, l'opérateur est alors à même d'analyser les dangers au fur et à mesure de leur apparition et de prendre les décisions cruciales permettant

de les prévenir ou d'en atténuer les effets.

La grande similitude des matériels et logiciels de contrôle-commande et de sécurité en place réduit d'autant les besoins de formation, renforce la compréhension du process et en élimine la complexité.

Depuis cette année, 800xA High Integrity est certifié SIL3<sup>1)</sup>.

Pour en savoir plus, lire « Protection obligatoire », p. 44.

### Note

<sup>1)</sup> Niveau relatif de réduction des risques, SIL3 étant le plus haut niveau rencontré dans l'industrie des procédés.

## FlexPicker™ de deuxième génération

Le robot FlexPicker™ de deuxième génération va permettre à ABB de rester à la pointe des solutions robotisées de prise/dépose à la volée et de conditionnement, et de répondre à la demande croissante d'outils de productivité par les industriels.

Le nouvel IRB 360 FlexPicker capitalise sur les atouts de son prédécesseur l'IRB 340 avec des performances supérieures en termes de capacité de charge, d'encombrement, de maintenance et de flexibilité opérationnelle. La structure de base d'un robot delta à trois bras articulés à cinématique parallèle et reliés entre eux au niveau de l'interface d'outil reste inchangée. Les lourds actionneurs sont

toujours intégrés dans l'embase permettant aux bras de se déplacer avec rapidité et précision.

La nouvelle version compacte réduit au minimum l'emprise au sol pour une productivité en hausse. Les fonctions *QuickMove™* et *TrueMove™* de pilotage des axes ont été améliorées pour des temps de cycle encore plus courts et un même niveau de productivité avec moins de robots et donc un gain de place supplémentaire. Ces fonctions avancées de commande et d'asservissement d'axes, intégrées à tous les robots IRB 360 FlexPicker, ont permis d'accroître la capacité de charge, de réduire les risques de collision et leurs conséquences en détectant tout dysfonctionnement et en immobilisant immédiatement le robot.

La forte demande de l'industrie agro-alimentaire a débouché sur une version lavable à l'eau chaude sous haute pression et à faible distance. Enfin, le choix de matériaux très résistants ac-



croît la robustesse du FlexPicker qui nécessite moins de maintenance.

Pour en savoir plus, lire « En prise directe », p. 29.

# Cadre de vie

L'automatisation de l'habitat entre dans une nouvelle dimension

Bernhard Dörstel

Nous vivons dans une société où l'accès en ligne à toutes sortes d'informations est devenu la norme. Le téléphone mobile, par exemple, s'enrichit d'innombrables fonctionnalités : au-delà du simple coup de fil, il permet de prendre des photos, de tourner des séquences vidéo, d'écouter de la musique ou encore de surfer sur l'Internet et d'envoyer des courriels. Pareille polyvalence est aujourd'hui envisageable dans un domaine tout aussi crucial : l'automatisation du bâtiment. Avec le concept *Living Space*® de Busch-Jaeger, ABB étrenne une nouvelle génération de solutions domotiques très souples d'emploi, mariant confort, efficacité énergétique et sécurité. Et *Living Space*® ne se contente pas d'informer l'occupant sur toutes les composantes de son espace de vie : il optimise sa consommation d'énergie.



## Produits

Les technologies du bâtiment moderne jouent un rôle prépondérant dans la réduction de la consommation énergétique de l'habitat. Si l'on en croit des études en cours, les solutions domotiques globales de commande de l'éclairage et du confort thermique d'un bâtiment allégeraient la note d'électricité de près de 60%!

Pourtant, même si les gisements d'économies sont identifiés et appellent d'urgence des mesures concrètes, ces techniques sont encore loin d'être universelles. Comment l'expliquer? Même dans les grands pays industrialisés, bien des gens rechignent à utiliser une technologie aux allures «d'usine à gaz». Qui n'a pas été excédé de devoir éplucher les modes d'emploi d'un magnétoscope, téléviseur ou ordinateur récalcitrant avant de pouvoir en faire bon usage? Devant cette réticence, force est aux industriels de mettre au point des commandes «infaillibles» pour piloter des équipements complexes.

Le déploiement des systèmes d'économie d'énergie du bâtiment passe par des interfaces intuitives présentant à l'utilisateur toutes les possibilités techniques d'un appareil.

De même, un design abouti est capital pour séduire le plus grand nombre. La convivialité de l'interface n'étant que la face visible de la complexité technique sous-jacente, il est fondamental pour l'utilisateur que son souci de respect de l'environnement soit conforté par le style et l'élégance des équipements.

**Les solutions domotiques globales de commande de l'éclairage et du confort thermique d'un bâtiment allégeraient la note d'électricité de près de 60%.**

L'opinion publique est majoritairement favorable à ce mariage de l'intelligence technologique et de l'esthétique dans le bâtiment, considéré comme le sésame de l'innovation.

ABB l'a bien compris; ses produits et systèmes domotiques rivalisent de convivialité et d'élégance. Les nouvelles solutions Busch-*priOn*<sup>®</sup> et Busch-*ComfortTouch*<sup>®</sup> de Busch-Jaeger préfigurent l'essor de la performance énergétique et de la sécurité dans tous les types de bâtiment.

Cette offre se distingue par de petits détails qui font toute la différence. Citons, par exemple, la cohérence des couleurs identifiant des fonctions comme l'éclairage, l'ombrage (volets et stores roulants), le chauffage et la scénarisation d'ambiance: ainsi, tout ce qui a trait à l'éclairage est en jaune (symbole du soleil et de la lumière), au chauffage en orange (chaleur et confort) et à la commande des volets/stores en bleu (fraîcheur et couleur du ciel), tandis que le magenta, festif par excellence, est réservé aux mises en scène d'éclairage **1**. Ces codes sont compris dans toutes les langues et tous les pays.

L'ergonomie des commandes est au cœur de la nouvelle offre Busch-Jaeger qui se décline en plusieurs solutions d'automatisation moderne du bâtiment, de l'intelligence déportée dans chaque unité à la centrale multi-média.

**Le mariage de l'intelligence technologique et de l'esthétique dans le bâtiment est très apprécié du public.**

#### Fée du logis

La nouvelle commande déportée Busch-*priOn* est à la croisée du programme de commutation classique et du panneau électronique moderne; elle assure une conduite claire et intuitive de tous les postes techniques du bâtiment (éclairage, chauffage/climatisation, motorisation des stores). Son confort d'exploitation se retrouve dans le choix des couleurs représentant chaque tâche, tout comme sa modularité permet une adaptation personnalisée aux besoins de l'utilisateur **2**.

La variété des fonctions proposées laisse libre cours à votre créativité. Lampes, stores et appareils électroniques peuvent être commandés un à un ou intégrés dans un «scénario de vie» reflétant les habitudes et rythmes de chacun. Le simple effleurement d'un bouton suffit pour créer des ambiances au gré des envies: lumières tamisées, stores baissés, musique...

**1** Exemple de scénario lumineux commuté par simple appui sur un bouton



Le développement de Busch-*priOn* s'est axé sur la facilité d'emploi : l'appareil est commandé par des touches tactiles et un bouton rotatif, complétés d'un afficheur graphique TFT. Le bouton de réglage, très sensible au toucher, bénéficie d'un rétroéclairage de couleur tandis que l'affichage clairement structuré se prête à une commande sûre et pratique de tout l'habitat **3**.

Chaque fonction peut être sélectionnée et actionnée rapidement, en toute facilité. Régulation et variation de l'éclairage peuvent être directes. Le bouton pilote également les stores et volets, tandis que l'ambiance thermique est modulable dans chaque pièce, grâce à la fonction de régulation individualisée de la température.

Par son design et son esthétique, ce bouton sera familier à bien des utilisateurs d'autres applications (de l'automobile, par exemple) ou aux adeptes de l'iPod.

Il peut en outre se combiner à différents modules. Tous ces éléments de commande, afficheur compris, sont équipés d'un éclairage commutable jour/nuit afin d'adapter le niveau de luminosité.

Un supplément de confort et de performance énergétique est apporté par un récepteur infrarouge et un détecteur de proximité (en option), en partie haute du Busch-*priOn*, conciliant habilement esthétique et commodité. L'approche d'une personne, par exemple, enclenche automatiquement le rétroéclairage de l'unité. De même,

une sonde thermique et un thermostat d'ambiance peuvent se loger en partie basse.

#### Fenêtre sur le monde

Le nouvel écran tactile Busch-*Comfort-Touch* étoffe et renouvelle la gamme de commandes Busch-Jaeger. Outre l'originalité de son design et le choix des matériaux hérités des panneaux de commande qui ont fait la réussite de Busch-Jaeger, Busch-*ComfortTouch* s'enrichit de nombreuses fonctionnalités et d'un écran plus grand, fédérant ainsi les mondes de la GTB, des loisirs à domicile et de la communication sur IP.

Tous les éléments de commande, afficheur TFT compris, sont équipés d'un éclairage commutable jour/nuit pour adapter le niveau de luminosité.

La possibilité d'afficher et de piloter de chez soi des applications de communication sur Internet, réseau local ou réseau étendu, grande première en domotique, fait de Busch-*Comfort-Touch* le compagnon intelligent de votre ordinateur personnel et de son navigateur web, qu'il va même jusqu'à partiellement remplacer **4**. Busch-*ComfortTouch* ne procure pas seulement à l'occupant une commande centralisée pour toutes les fonctions techniques du bâtiment mais aussi un central de communication, très facile à manier. Jeter un œil sur la

météo du jour ou la Bourse, recevoir des courriels, écouter de la musique, visionner des clips sur Internet... tout est possible avec Busch-*Comfort-Touch*.

Par son design et son esthétique, le bouton rappelle les commandes d'autres applications (l'automobile, par exemple) ou celles de l'iPod.

Il va sans dire que ce nouvel écran offre toutes les possibilités de commande domotisée des équipements techniques du logement, à l'aide de vues clairement structurées des différentes fonctions de commutation et de manœuvre. Chacune est paramétrable pour couvrir tous les besoins de l'habitat intelligent, du chauffage/rafraîchissement aux messages d'état et d'alarme, en passant par l'éclairage et la protection solaire. Même les signaux vidéo transmis par des camé-

**3** Busch-*priOn* à triple commande, en finition « verre fumé »

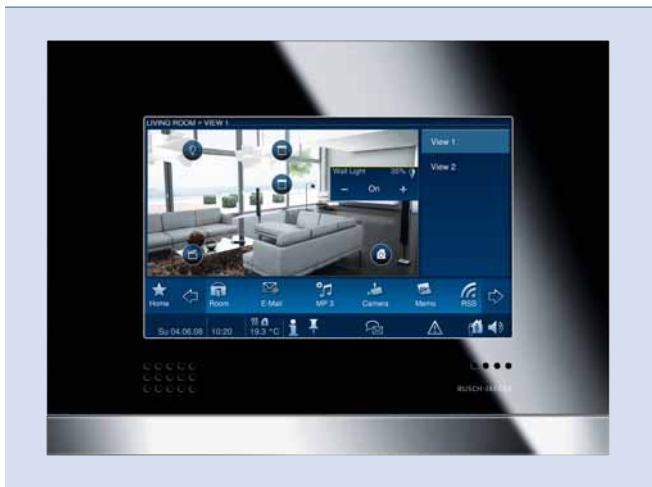


**2** Commande simple **a** et triple **b** avec codage couleur et symboles intuitifs

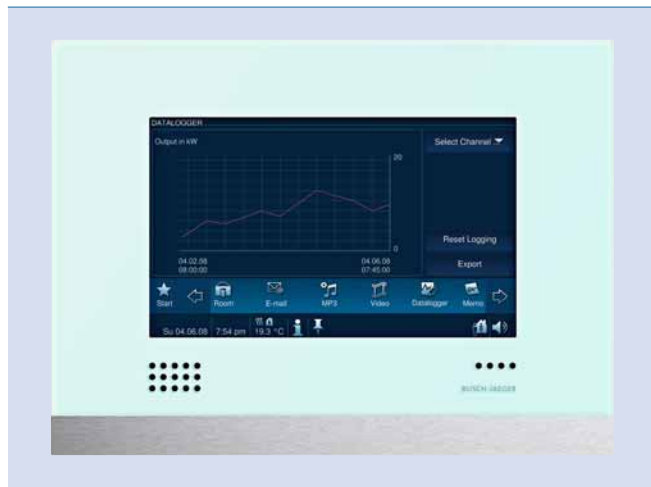


Produits

4 L'écran Busch-ComfortTouch fédère les fonctions de GTB, de communication sur IP et du divertissement à domicile.



5 Graphique de consommation énergétique sur Busch-ComfortTouch



ras de surveillance extérieures, par exemple, sont consultables à l'écran.

Ces applications s'affichent sur un écran couleur de haute résolution, au format 16:9: on peut notamment y voir l'agencement de l'habitation, avec plans, photos des pièces et représentation des commandes intégrées ou boutons classiques. Tous ces éléments intuitifs permettent à l'utilisateur de s'orienter immédiatement dans n'importe quel environnement.

**Surveiller pour économiser**

Il existe bien des façons d'optimiser la consommation énergétique d'un bâtiment et d'alléger sa facture tout en respectant l'environnement. Pour autant, cette optimisation ne va pas

sans une mesure fine de la consommation effective afin d'évaluer la réussite des actions entreprises. L'écran Busch-ComfortTouch remplit cette fonction en affichant, par exemple, un véritable tableau de bord des consommations de courant, sur des graphiques facilement interprétables 5.

C'est dire combien ces innovations ABB Busch-Jaeger favorisent la protection de l'environnement et la baisse des coûts d'énergie dans tous les logements qui en sont équipés. Ces nouveautés ABB maximisent l'efficacité énergétique du bâtiment sans rien sacrifier à son confort.

(Commercialisation de Busch-priOn et Busch-ComfortTouch: janvier 2009)



**Bernhard Dörstel**  
 Busch-Jaeger Elektro GmbH  
 Société du Groupe ABB  
 Lüdenscheid (Allemagne)  
 bernhard.doerstel@de.abb.com

# Tolérance zéro

ABB innove dans le développement des relais intelligents d'entrée de gamme pour les réseaux de distribution

Bernhard Deck, Vijay Shah, Kornel Scherrer, Gerhard Salge

La demande de dispositifs électroniques intelligents (IED) d'entrée de gamme est en progression. Pour y répondre, ABB a lancé, fin 2005, son programme RE\_60\_ avec, pour objectif immédiat, le développement des relais de protection triphasés à maximum de courant et de mise à la terre REJ601, REF601 et REJ603.

Les deux premiers sont des relais alimentés par source auxiliaire avec interfaces pour capteurs de courant (bobine de Rogowski), tandis que le troisième est un relais auto-alimenté avec interface personnalisée pour transformateur de courant (TC). Le REJ603 vient d'être lancé sur le marché; il sera bientôt rejoint par le REF601.



## Produits

La compétitivité d'un produit d'entrée de gamme dépend de plusieurs facteurs importants : coût global minimal (conception et développement inclus), richesse fonctionnelle et rapidité de mise sur le marché. Pour développer ses nouveaux relais, ABB a adopté le principe du « bon produit du premier coup » qui consiste à créer un seul prototype et à éviter les multiples retouches ou modifications.

Le cahier des charges ne devait comporter aucune ambiguïté dès le début. Il était également important d'étudier dans le détail tant les aspects mécaniques et électriques en termes de fonctionnalités, d'environnement (CEM<sup>1</sup>, température, vibrations) que les éléments de coût. Les conceptions initiales furent passées au crible des équipes ABB afin d'anticiper et d'éliminer le plus grand nombre possible de points faibles avant de passer au prototype. Des études préliminaires

furent également menées sur certains détails afin de valider complètement les fonctionnalités et les exigences.

L'application rigoureuse de la méthodologie *Gate Model* d'ABB de développement des produits et de pilotage des projets de R&D **Encadré 1** tout au long des étapes de conception et les très nombreux essais de type réalisés sur le relais REJ603 lui ont permis de passer du bureau d'études aux lignes de production. Il est le premier membre d'une famille complète de relais d'entrée de gamme.

Pour développer ses nouveaux relais, ABB a adopté le principe du « bon produit du premier coup » qui consiste à créer un seul prototype et à éviter les multiples retouches ou modifications.

#### Définition des spécifications

Pour développer le bon produit du premier coup, il est impératif de clairement définir les besoins et spécifications.

Pour ce faire, ABB a utilisé un outil pointu de gestion des spécifications qui a servi à cerner les besoins

initiaux du marché à partir d'informations collectées auprès de différents utilisateurs à travers le monde par les chefs de produits qui ont pris une part active au projet. Ces besoins furent analysés dans le détail sur une période de trois mois tandis que des études préliminaires étaient menées pour déterminer la meilleure approche pour gérer les aspects les plus délicats du projet. Une fois les besoins du marché figés, les spécifications des produits furent élaborées pour décider des méthodes de mise en œuvre. Un dialogue poussé entre les équipes de gestion de produits et celles de recherche-développement (R&D) permit, à ce stade, de finaliser les spécifications.

#### Conception des produits

Pour être efficace, un projet de développement de produits nécessite l'intégration et la coordination de multiples domaines fonctionnels **1**.

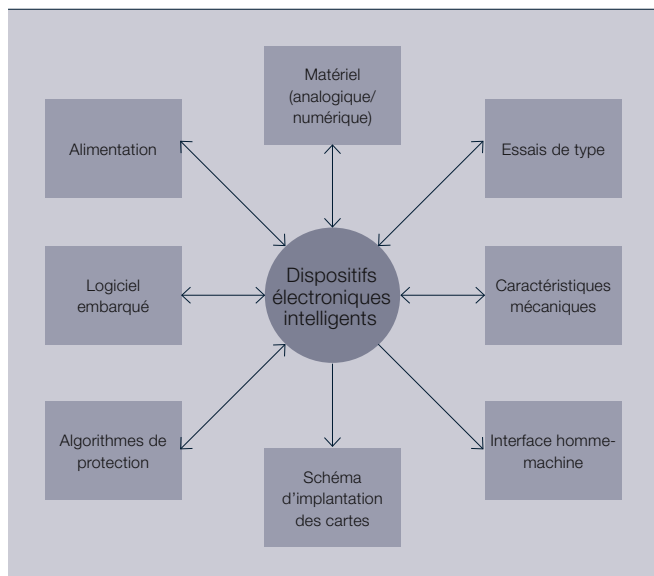
Afin de prendre le bon cap dès le départ, le développement de prototypes fit largement appel à la simulation tout en étudiant à la loupe les caractéristiques électriques en termes de fonctionnalités, d'impact environnemental et de coût **2**.

Une fois les spécifications des appareils passées au crible des ingénieurs ABB, les schémas fonctionnels furent créés. La standardisation des compo-

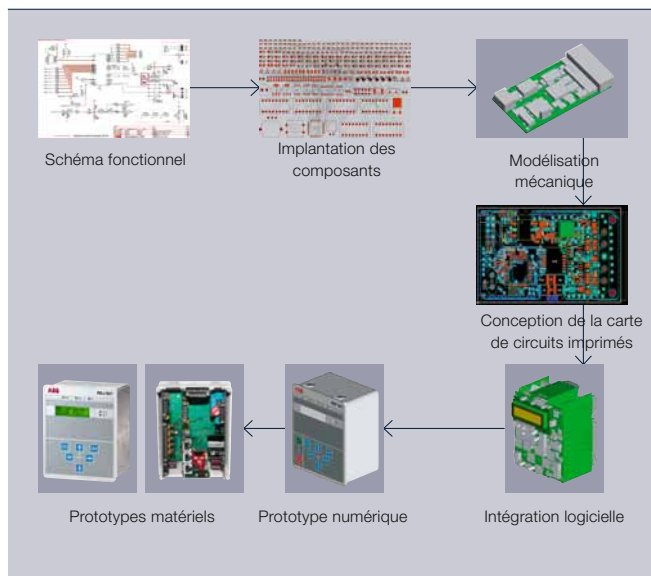
#### Encadré 1 Gate Model d'ABB

*Gate Model* est une méthodologie d'aide à la décision pour la gestion de projets et d'activités. Elle décompose un projet en 7 étapes (*gate* en anglais) qui sont autant de jalons pour évaluer les progrès réalisés et décider des actions futures.

**1** Le développement efficace de produits exige d'intégrer et de coordonner de multiples domaines fonctionnels.



**2** Du schéma au prototype, la création d'un dispositif électronique intelligent





sants autorise un approvisionnement multisource et garantit leur conformité aux exigences générales d'ABB, facilitant les économies d'échelle pour les composants utilisés dans d'autres produits de sa division *Distribution Automation*.

## Le développement de prototypes fit largement appel à la simulation.

Le choix du microcontrôleur, au cœur du traitement numérique, prit en compte les besoins de flexibilité de l'architecture indispensable à l'évolution à court et à long termes du produit (évolutivité graduelle et réutilisabilité du code).

Les schémas fonctionnels furent ensuite traduits en schémas d'implantation des cartes de circuits intégrés en utilisant les bibliothèques standard de composants et de calques, et en respectant les règles courantes de spécification d'assemblage des cartes afin de réduire les temps de cycle de fabrication. Les schémas d'implantation furent également validés pour leur immunité aux perturbations électromagnétiques.

Le code embarqué, qui allait devenir partie intégrante du produit, fut écrit dans un langage évolué autorisant une réutilisation maximale des modules. L'implémentation du code en environnement simulé simplifia également le calcul des performances temps réel des modules les plus importants, réduisant les efforts d'intégration ultérieurs.

Le développement d'un code spécialisé de test des cartes permet de contrôler l'adéquation du matériel dès sa réception.

Les aspects mécaniques furent étudiés en parallèle avec la prise en compte

des modèles 3D d'assemblage des cartes. Des modèles numériques du produit complet aidèrent à optimiser son agencement interne par une utilisation efficace du volume disponible et à s'affranchir des problèmes physiques de conflit entre cartes et d'assemblage mécanique. Cette approche minimisa les processus itératifs et les conflits inhérents aux cycles de développement classiques.

Après cette modélisation, les critères de conception pour l'assemblage et de conception pour la fabrication furent appliqués aux prototypes numériques intégrés. Ainsi, les aspects critiques furent résolus par la revue de conception et les cycles de fabrication raccourcis.

ABB conçut également un système de test automatisé réduisant les cycles d'essai des produits en fabrication. Ce système réalise les tests fonctionnels de qualité sur chaque échantillon et constitue une plate-forme de tests commune à tous les IED utilisés dans les produits de la division *Distribution Automation*.

## L'implémentation du code en environnement simulé simplifia également le calcul des performances temps réel des modules les plus importants, réduisant les efforts d'intégration ultérieurs.

### Relais de protection REJ603

Le REJ603 <sup>3</sup> est un relais triphasé à maximum de courant et de mise à la terre ; il est auto-alimenté, réalise la protection non directionnelle et fonctionne à temps indépendant<sup>2)</sup> et dépendant<sup>3)</sup>.

**3** Relais de protection de ligne autonome REJ603 pour réseaux de distribution secondaire



**Encadré 2** Spécificités supplémentaires du relais REJ603

- 2 modes de mesure des défauts de terre : calcul interne ou par transformateur de courant à entrée symétrique ;
- Courbes de déclenchement à temps dépendant (normalisées CEI et autres) dans un seul produit pour répondre aux besoins de coordination temporelle de la protection de la distribution secondaire ;
- Sortie à impulsions de décharge des condensateurs pour bobine de déclenchement basse énergie ;
- Indicateur électromécanique de réarmement manuel après déclenchement ;
- Réglage simple par micro-interrupteurs sous capot transparent ;
- Compacité et mode de montage adaptés aux applications de réseau en boucle ;
- Fonctions d'autotest de l'ensemble (TC primaire, relais et bobine de déclenchement inclus) ;
- Entrée binaire externe activée par un signal de tension pouvant servir à déclencher et réarmer le disjoncteur à distance.

### Notes

<sup>1)</sup> Compatibilité électromagnétique

<sup>2)</sup> Le temps de déclenchement d'un relais à temps indépendant est quasiment constant sur toute sa plage de courant de service.

<sup>3)</sup> Le temps de déclenchement d'un relais à temps dépendant est inverse au courant sur une partie de sa plage de fonctionnement.

<sup>4)</sup> Les relais REF conjuguent à la fois la protection et la commande des lignes tandis que les relais REJ n'en assurent que la protection.

## Produits

Insensible au courant maximum de magnétisation du transformateur, il offre une protection à deux seuils de réglage contre les courts-circuits et les surintensités temporisées en cas de défaut entre phases ou de terre. Il dispose de nombreux autotests et d'une fonction de sécurité intrinsèque qui provoque l'ouverture du disjoncteur si le courant de phase est plus de 20 fois supérieur au courant  $I_{smax}$  du TC d'interface et en cas de défaillance critique du relais interne.

L'Encadré 2 présente les spécificités supplémentaires du REJ603.

#### Domaine d'application

Le REJ603 assure la protection sélective contre les courts-circuits et les défauts de terre survenant dans les lignes des réseaux de distribution secondaire et dans les transformateurs des réseaux publics et industriels. Rappels qu'il s'agit d'un relais numérique autonome, donc idéal pour les sites isolés. Il est principalement destiné aux réseaux de distribution en boucle, où il puise son énergie des transformateurs de courant primaire [5].

Le REJ603 est aujourd'hui disponible sur le marché.

#### Encadré 3 Spécificités supplémentaires des relais RE\_601

- Courbes de déclenchement à temps dépendant (normalisées CEI et autres) intégrées dans un seul produit ;
- Interface universelle pour capteurs (nul besoin de plusieurs TC aux caractéristiques assignées différentes) ;
- 4 plages de courant réglables ;
- Voyants LED Prêt, Défaut interne, Démarrage protection et Déclenchement ;
- Voyants LED de surintensité de phase et de défaut de terre ;
- Alimentation universelle (tous niveaux de tension) ;
- Entrée externe pour déclenchement et réarmement à distance ;
- Commande locale et distante du disjoncteur (uniquement REF601) ;
- Transmission série (option) sous protocole Modbus/RTU ;
- Autotests du matériel.

#### Relais REJ601/REF601

Les REJ601/REF601<sup>1)</sup>, alimentés par source auxiliaire, sont des relais triphasés à maximum de courant et de mise à la terre qui réalisent la protection non directionnelle et fonctionnent à temps indépendant et dépendant. La mesure des courants de phase met en œuvre des bobines de Rogowski.

La compacité et les performances techniques inégalées du RE\_601 en font la solution idéale pour les projets de modernisation et les espaces exigus.

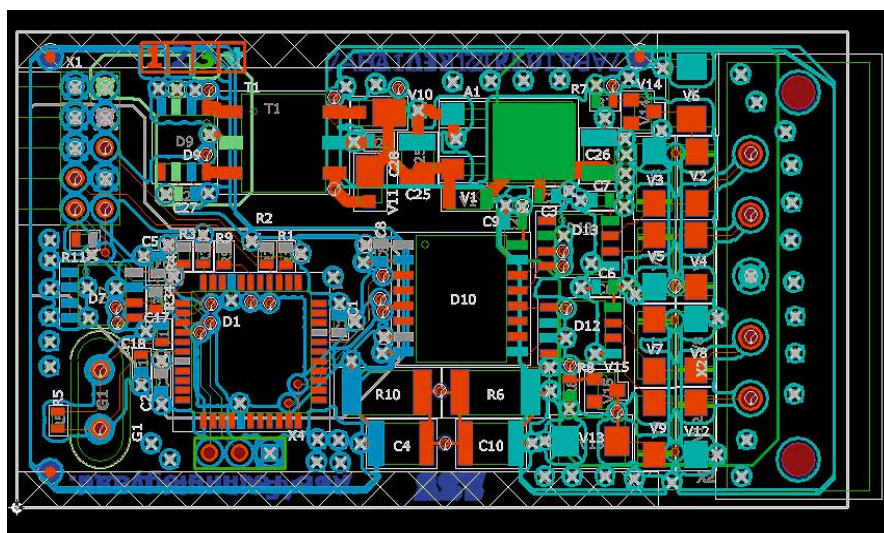
Egalement insensibles au courant maximum de magnétisation du transformateur, ils offrent une protection à triple seuil contre les surintensités temporisées et les courts-circuits en

cas de défaut entre phases et une protection à double seuil en cas de défaut de terre. Ils disposent de nombreux autotests. Leur protection intégrée et les avantages procurés par les capteurs de courant modernes, renforcent la disponibilité, la compacité et la sécurité de l'appareillage moyenne tension (MT).

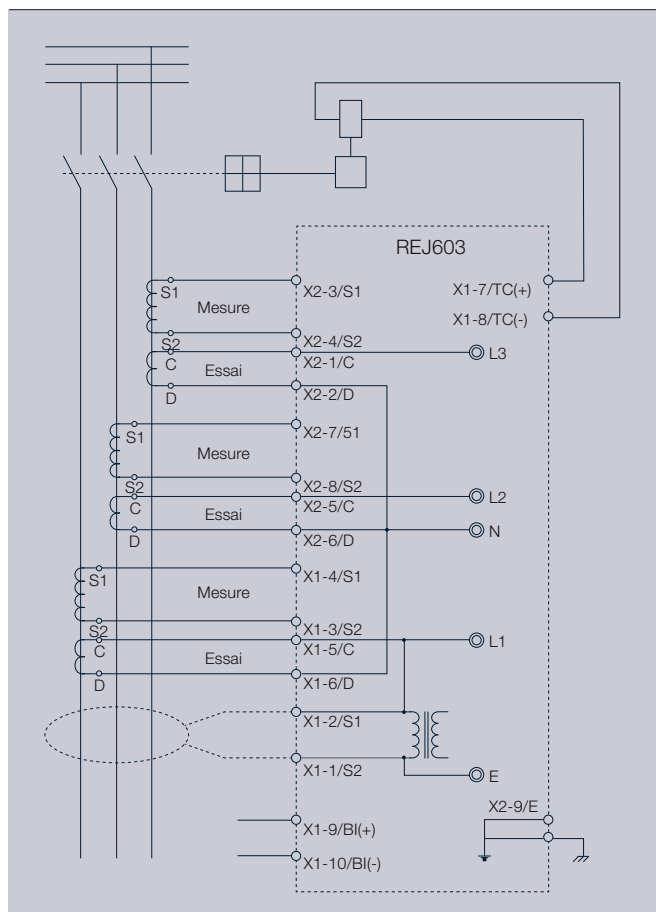
Le relais RE\_601 est particulièrement simple à utiliser. Les entrées/sorties pré-réglées et l'alimentation universelle permettent à chaque utilisateur de l'adapter facilement à ses besoins. De plus, l'afficheur à cristaux liquides et les cinq voyants à LED indiquent clairement les mesures en ligne et les défauts ; la consignation des événements et des défauts autorise une analyse et une intervention rapides.

Des options de communication permettent de télécommander et de télésurveiller le relais sur une liaison série.

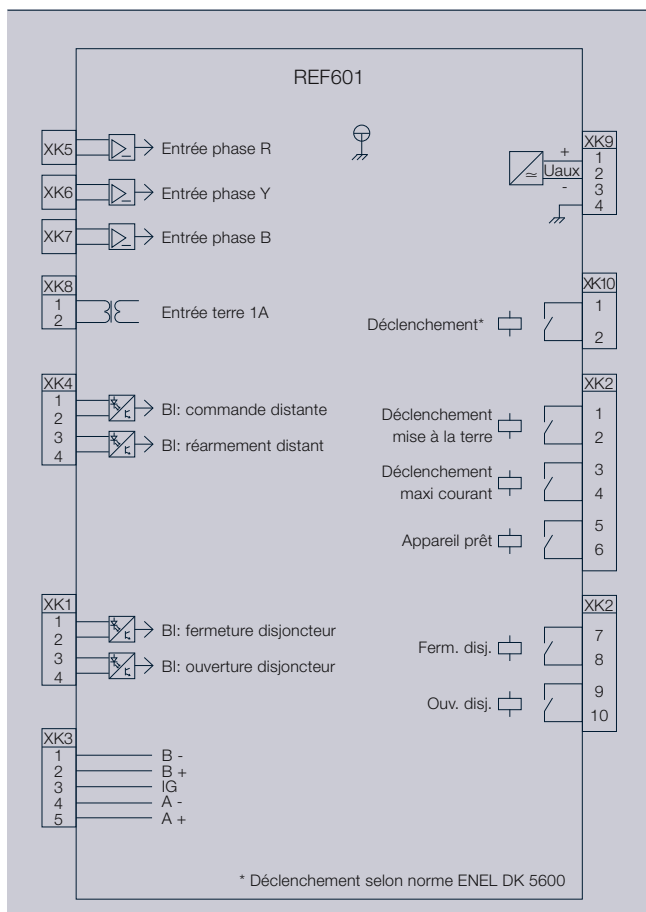
4 Relais REF601 a et REJ601 b d'ABB



5 Schéma de raccordement du relais de protection de ligne auto-alimenté REJ603



6 Schéma de raccordement du relais à maximum de courant et de mise à la terre REF 601



L'Encadré 3 énumère d'autres spécificités de la gamme RE\_601 4.

**Domaine d'application**

Le RE\_601 est un relais numérique de protection des lignes 6 destiné à protéger et à commander le matériel électrique des réseaux de distribution pri-

maire et secondaire des sociétés d'électricité et des industriels. Il est principalement associé aux disjoncteurs VD4/R et HD4/R d'ABB. Sa compacité et ses performances techniques inégalées en font la solution idéale pour les projets de modernisation et les espaces exigus. Sans pièces mobiles et peu

profond, il se monte facilement et rapidement sur les disjoncteurs, notamment VD4/R et HD4/R.

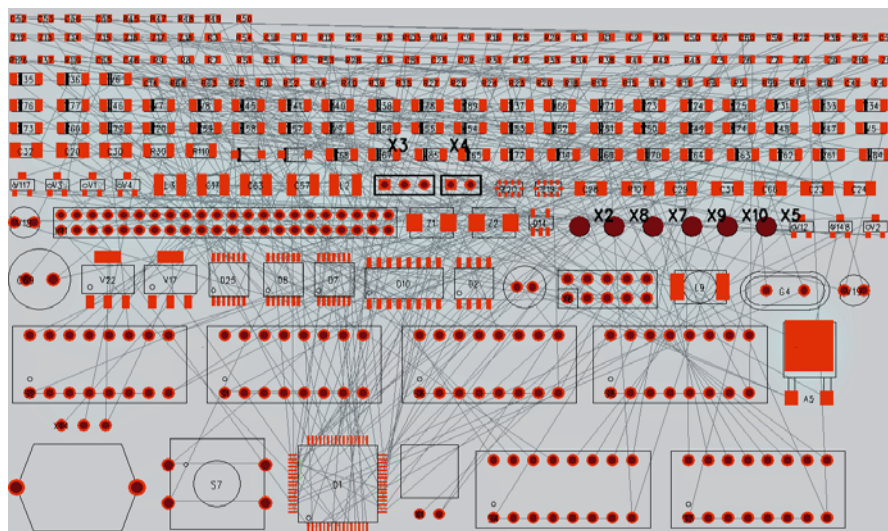
Sa commercialisation est prévue pour le quatrième trimestre 2008.

**Bernhard Deck**  
 ABB Medium Voltage Products  
 Baden (Suisse)  
 bernhard.deck@ch.abb.com

**Vijay Shah**  
 ABB Medium Voltage Products  
 Gujarat (Inde)  
 vijay.shah@in.abb.com

**Kornel Scherrer**  
 ABB Power Products  
 Zurich (Suisse)  
 kornel.scherrer@ch.abb.com

**Gerhard Salge**  
 ABB Medium Voltage Products  
 Ratingen (Allemagne)  
 gerhard.salge@de.abb.com



# Poste de garde

Un appareillage d'interruption à très haute tension protège la Chine

Walter Halaus, Fredi Stucki

La Chine a un fort appétit d'énergie électrique. Des centrales géantes surgissent dans tout le pays à proximité des sources d'énergie, parfois à des milliers de kilomètres des grands centres de consommation, vers lesquels il faut acheminer cette électricité.

A cette échelle, les pertes en ligne ne sont pas négligeables. L'entreprise d'Etat chargée du réseau a donc décidé de bâtir un réseau électrique d'un nouveau genre avec une tension de 1 100 kV CA pour transporter l'électricité en minimisant les pertes.

ABB, avec ses partenaires et fournisseurs, a développé le point névralgique de ce réseau : un appareillage d'interruption à isolation gazeuse, conçu selon une technologie révolutionnaire pour résister à toutes les contraintes.



# 1100

La fiabilité et la sécurité de la fourniture énergétique, vitale pour nos économies modernes, dépend en grande partie de l'appareillage d'interruption haute tension (HT) des postes qui sont au cœur du système électrique. Le disjoncteur HT de cet appareillage constitue souvent le dernier rempart face aux courts-circuits.

Les postes HT du réseau électrique étant souvent isolés dans l'air, une distance d'isolation de plusieurs dizaines de mètres doit protéger les hommes et le sol des niveaux de tension très élevés.

Si l'on souhaite un appareillage plus compact, il faut recourir à l'isolation gazeuse **Encadré 1**.

## L'introduction de la technologie à isolation gazeuse remonte à 1966 avec la livraison du premier poste enterré de 170 kV installé dans le centre-ville de Zurich.

L'introduction de cette technologie remonte à 1966 avec la livraison du premier poste enterré à isolation gazeuse de 170 kV installé dans le centre-ville de Zurich **1**. En 1976, ABB fournissait le premier poste isolé au gaz de 500 kV, à Claireville (Canada). Dix ans plus tard, le Groupe confirmait son avance technologique, y compris dans le domaine de la très haute tension (THT) **Encadré 2**, en installant le premier poste à isolation gazeuse de 800 kV, à Alpha (Afrique du Sud). Ce poste n'a connu ni défaillance ni arrêt intempestif en plus de 20 ans. Le plus gros appareillage à isolation gazeuse au monde reste celui d'Itaipu, au Brésil (500 kV), qui sera bientôt supplanté par celui du barrage des Trois-Gorges en Chine.

### Technologie innovante pour la Chine

La production d'électricité, sur le territoire immense de la Chine, est principalement localisée à l'ouest du pays, tandis que les centres de consommation se concentrent le long de la côte, à des milliers de kilomètres. La croissance de la demande d'électricité et le

renforcement du système de transport existant nécessitent la construction de réseaux THT en courant alternatif (CA) et continu (CC) [1,2].

Il y a quelques années, l'entreprise d'Etat chargée du réseau électrique SGCC (*State Grid Corporation of*

*China*), un des plus importants clients d'ABB, a lancé un projet de réseau CA d'une tension assignée de 1 100 kV [3], à l'origine d'importants travaux de recherche-développement à la fois dans les laboratoires et chez les fabricants de matériels électriques [4]. Afin d'en évaluer la faisabilité technique,

#### Encadré 1 Appareillage d'interruption à isolation gazeuse

L'appareillage à isolation gazeuse est très répandu dans les réseaux de transport et de distribution à haute tension (HT). ABB, leader mondial du marché pour les réseaux de transport, fabrique des produits pour des tensions de 72 à 800 kV, des courants jusqu'à 4 000 A et un pouvoir de coupure en court-circuit de 63 000 A maxi. Les postes à isolation gazeuse intérieurs ou extérieurs assurent des fonctions de commutation, coupure, mise à la terre et mesure. Comportant de nombreux éléments, chaque

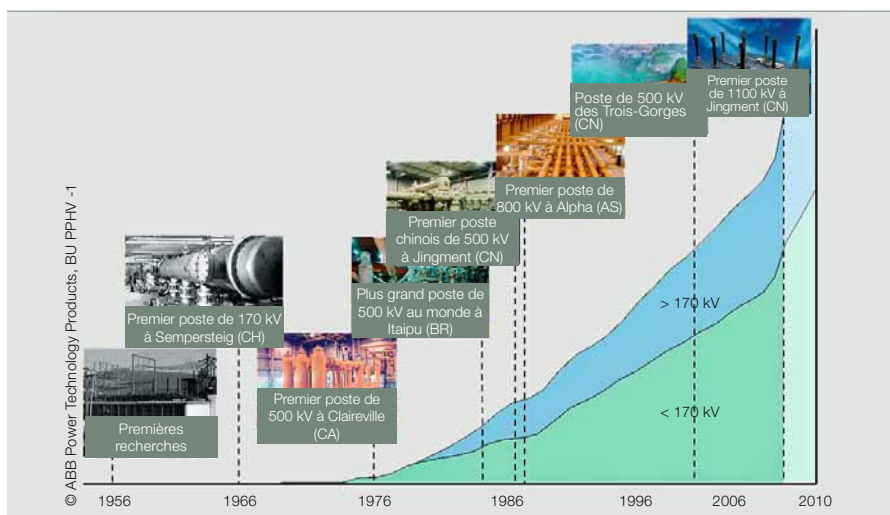
poste est optimisé pour chaque application. De forme coaxiale avec conducteur interne et externe, chaque constituant élémentaire est rempli d'hexafluorure de soufre ( $SF_6$ ) dont la pression atteint plusieurs centaines de kPa. Les composants sont assemblés par brides boulonnées, ce qui donne au poste un air d'oléoduc. On parle de poste hybride si certains constituants (ex., jeux de barres ou raccordements aux lignes aériennes) sont isolés dans l'air.

#### Encadré 2 Très haute tension (THT)

Les systèmes électriques fonctionnent à différents niveaux de tension pour optimiser le rendement du transport, minimiser les pertes électriques et l'usure des matériaux, et garantir une sécurité maximale. Les normes CEI spécifient des niveaux de tension jusqu'à 800 kV. Les systèmes fonctionnant à des tensions supérieures à 550 kV sont dits « à très haute tension » et servent à

acheminer des milliers de MW d'électricité sur plusieurs centaines de km. Les pertes en ligne diminuant avec la tension, elles sont 4 fois moins importantes à 1 100 kV qu'à 550 kV. Les systèmes THT conviennent donc particulièrement bien au transport massif d'énergie sur de longues distances.

#### 1 ABB et la technologie à isolation gazeuse : des premières recherches à la plus grande installation mondiale en 50 ans



## Produits

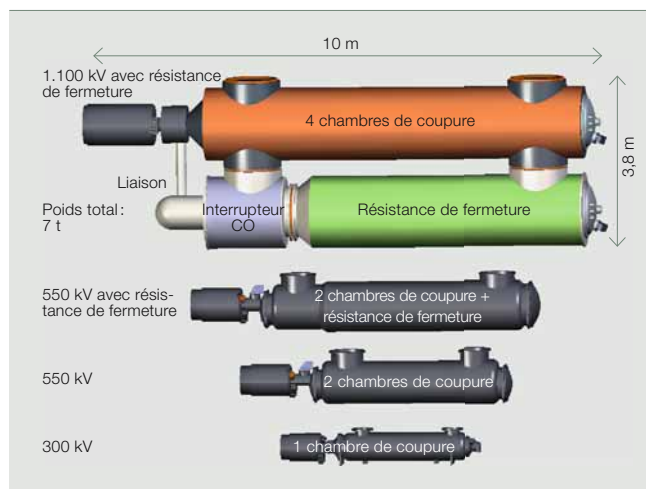
SGCC a demandé à un groupe réunissant ABB, trois fabricants chinois et deux fabricants japonais de postes à isolation gazeuse, de prendre part au développement d'un ensemble d'appareillage d'interruption à isolation gazeuse THT pour son projet de démonstration en CA. Implanté en 2008 en Chine centrale, ce projet comprend presque 600 km de lignes HT et 3 postes électriques (Jingmen, Nanjang et Jing Don Nan).

Le projet de démonstration chinois d'un réseau THT CA comprend presque 600 km de lignes HT et 3 postes électriques (Jingmen, Nanjang et Jing Don Nan).

### Projet ELK-5

Xian Shiky, premier fournisseur chinois d'appareils à isolation gazeuse, et ABB se sont associés au sein du projet de co-développement « ELK-5 » (ELK désignant les systèmes à isolation gazeuse d'ABB et 5 le nouveau niveau de performance) pour concevoir et installer le poste à isolation gazeuse de 1 100 kV. ABB était chargé de la conception globale du matériel hybride à isolation gazeuse ainsi que de la production et de l'acheminement des composants de base. Shiky, pour sa part, assurait la fabrication des autres composants, la réalisation des essais de type (supervisés par des experts de

2 Dimensions des disjoncteurs ABB de 300 à 1 100 kV



SGCC et de KEMA), l'assemblage et l'installation de l'appareillage au poste de Jingmen. SGCC fixa un calendrier très serré, car le poste de Jingmen, dont l'installation avait démarré en novembre 2006, devait être mis sous tension fin 2008. Un record mondial puisqu'en à peine 2 ans la tension du poste devait être portée à un niveau très élevé tout en assurant, dans l'intervalle, le développement, les essais de type, la fabrication et l'installation. Pour respecter le délai, ABB réunit une équipe de projet de 20 spécialistes qui disposaient d'un accès prioritaire aux moyens d'essai et à d'autres experts.

### Faites monter la tension!

La tenue diélectrique d'un appareillage à isolation gazeuse dépend de nombreux paramètres : pression du gaz, géométrie des électrodes, forme de l'impulsion de tension appliquée, polarité ou pureté du gaz SF<sub>6</sub>, etc. Même si la plupart de ces paramètres a été étudiée en termes de rigidité électrique, des phénomènes très diffé-

rents peuvent se produire selon le niveau de tension. En effet, il faut bien comprendre les phénomènes physiques qui varient selon le niveau de tension et qui affectent les propriétés diélectriques de l'isolant. Des règles de mise à l'échelle spécifiques s'appliquent à chaque composant, puis à l'ensemble du système. Certains effets, comme les transitoires très rapides survenant lors de la manœuvre d'un sectionneur, prennent un relief particulier à des tensions très élevées.

Définir la pression idéale du gaz à ce très haut niveau de tension pose une difficulté majeure car il faut trouver un compromis entre les paramètres de pression ayant une influence positive et négative sur l'isolation. Selon les études réalisées par ABB, une pression relativement faible du SF<sub>6</sub> est préférable pour l'appareillage THT à isolation gazeuse.

La robustesse et la disponibilité opérationnelle de l'appareillage sont deux autres éléments clés. Les règles de conception suivantes furent donc appliquées :

- Encapsulation monophasée des chambres de coupure ;
- Compartiment séparé pour les résistances de fermeture ;
- Marges de sécurité pour tous les paramètres électriques.

Le gigantisme de l'appareillage d'interruption de 1 100 kV exigea de très nombreux calculs mécaniques ; en effet, la mise à l'échelle des paramètres mécaniques (énergie de commande, vitesse des contacts, résistance à l'éclatement) est hautement non linéaire. Ce type de projet fait, en réalité, appel autant à des spécialistes du génie mécanique qu'à ceux du génie électrique.

Les caractéristiques mécaniques et électriques furent calculées avec des outils 3D et la fabrication s'est effectuée, autant que possible, avec des procédés éprouvés.

### Disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil capable

3 Disjoncteur à isolation gazeuse ABB avec sa commande en cours d'assemblage en usine



d'établir et d'interrompre des courants en toute sécurité en moins de 50 ms dans des conditions normales et anormales (défaut) de service.

Le disjoncteur 1 100 kV vient compléter l'offre existante de disjoncteurs ABB. Il se compose de deux cuves, l'une pour les chambres de coupure et l'autre pour la résistance de fermeture. Les chambres de coupure et l'interrupteur fermeture-ouverture (CO) qui insère la résistance de fermeture sont manœuvrés par une seule commande hydraulique à ressort, développée spécialement pour cette application [5, 6, 7]. La figure 2 compare les différents disjoncteurs ABB selon le niveau de tension. Les valeurs assignées de 1 100 kV/4 000 A correspondent à une puissance assignée de 7 600 MW pour les 3 phases, soit plus que la consommation moyenne de courant d'un pays comme la Suisse<sup>1)</sup>. En d'autres termes, ce disjoncteur pourrait établir et couper l'alimentation électrique de la Suisse entière.

L'optimisation du nombre de chambres de coupure et l'utilisation d'enveloppes en aluminium ont permis d'alléger ce disjoncteur THT moderne à 7,5 t 3.

**Note**

<sup>1)</sup> Cf. 5<sup>ème</sup> Rapport annuel SuisseEnergie 2005/2006, [http://www.bfe.admin.ch/energie/00556/index.html?lang=fr&dossier\\_id=01060](http://www.bfe.admin.ch/energie/00556/index.html?lang=fr&dossier_id=01060) (consulté en octobre 2008)

4 L'équipe de développement et de test à Baden Power Lab (Suisse) après le 100<sup>ème</sup> essai



S'agissant d'une première mondiale pour un disjoncteur 1 100 kV, les essais ont dû vérifier la conformité aux normes chinoises et internationales, un défi de taille pour les fournisseurs et les laboratoires de test. Les essais de type se déroulent aux laboratoires Xihari à Xian et chez ABB en Suisse 4.

**ABB était chargé de la conception globale du matériel hybride à isolation gazeuse ainsi que de la production et de l'acheminement des composants de base.**

Les essais de puissance à 1 100 kV ont été particulièrement contraignants chez Xihari pour les raisons suivantes:

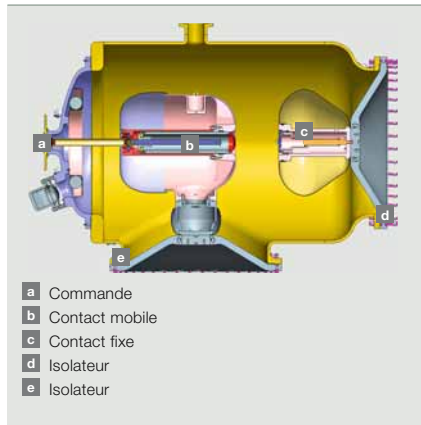
- La fabrication et les essais ont nécessité le transport intercontinental du matériel THT. Les disjoncteurs complets et d'autres équipements ont dû être expédiés par avion pour ne pas retarder le projet.
- Les essais combinés de tension nécessitaient deux traversées distantes de plus de 13 m, elles-mêmes placées à plus de 10 m des murs du laboratoire.
- Seule la moitié du disjoncteur fut testée lors des essais de commutation car aucun niveau de tension

suffisamment élevé n'était disponible pour mettre sous contrainte le disjoncteur complet. Ce type d'essai

Encadré Caractéristiques assignées du projet de démonstration de poste à isolation gazeuse à 1 100 kV

■ Tension :	1 100 kV
■ Tension de tenue aux chocs de foudre :	2 400 kV
■ Courant du matériel :	4 000 A
■ Courant des jeux de barres :	8 000 A
■ Courant de court-circuit :	50 kA

5 Coupe transversale du sectionneur THT



6 Installation d'essais de commutation du sectionneur au laboratoire STRI



## Produits

sur la moitié des pôles nécessite une enceinte spécifique et des calculs de répartition des potentiels.

Un grand soin ayant été apporté à la conception et à la fabrication, le disjoncteur fut validé dès la première série d'essais.

### Sectionneur

La fonction du sectionneur est d'isoler des parties du poste à isolation gazeuse afin d'intervenir en toute sécurité sur les éléments sectionnés et mis à la terre.

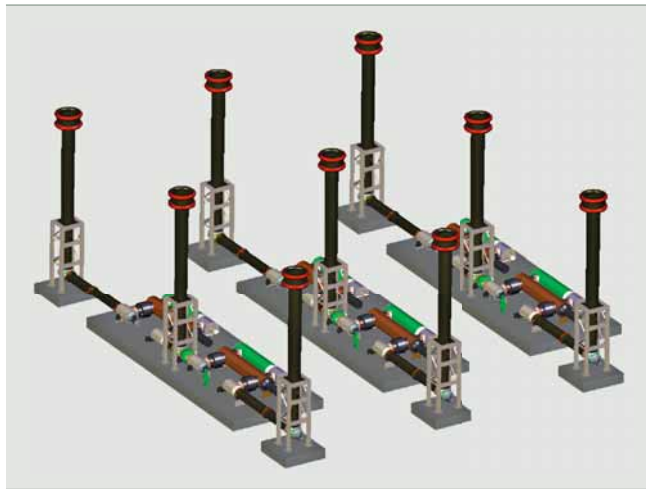
À la différence d'un disjoncteur, son temps de manœuvre peut être plus lent, de l'ordre de quelques secondes. Le sectionneur 1 100 kV d'ABB est à commande rotative (90°) avec un écartement visible du conducteur interne inférieur à 300 mm, capable de supporter plus de 3 400 kV au cours des essais diélectriques. Il s'agit d'un des points forts de l'appareillage isolé au SF<sub>6</sub>. En effet, si l'on veut soumettre à 3 400 kV des conducteurs à l'air libre, ils doivent être éloignés au minimum de 13 m pour éviter les contournements.

Les essais de type de commutation des sectionneurs furent réalisés au *Swedish Transmission Research Institute* (STRI) de Ludvika (Suède), seul laboratoire disposant des équipements *ad hoc* [5] [6]. La « relative » lenteur du sectionneur provoque des étincelles à la fermeture et à l'ouverture des contacts, qui génèrent, à leur tour, les transitoires très rapides qui se propagent dans le poste à isolation gazeuse et imposent de très fortes exigences de compatibilité électromagnétique (CEM) aux équipements testés.

### Premier poste THT de Jingmen

Une fois les essais de type réussis en 2008, ABB et Shiky entamèrent l'assemblage et l'expédition des premiers matériels du poste de Jingmen (Chine centrale) qui comprend un ensemble quasi complet d'appareils isolés dans le gaz (disjoncteurs avec résistances de fermeture, sectionneurs, sectionneurs de mise à la terre, transformateurs de courant, jeux de barres, traversées et isolateurs) [7].

7 Disposition du poste hybride à isolation gazeuse de 1 100 kV de Jingmen



Ce poste, installé en 2008 à proximité de la ville de Jingmen, acheminera une partie de l'électricité produite par la centrale des Trois-Gorges vers le nord du pays.

### ABB à la hauteur

Le projet ELK-5 fut un défi majeur à de nombreux égards : conception inédite, délais record, coopération transcontinentale entre fournisseurs et partenaires en Europe comme en Chine, et collaboration étroite d'équipes d'environnements culturels très différents.

Les études approfondies d'agencement ont conclu qu'un montage « à l'horizontale » de l'appareillage à isolation gazeuse, facilement accessible, était la solution idéale pour le poste hybride de Jingmen, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Tout l'appareillage à isolation gazeuse se trouve à proximité du sol ;
- Le montage à faible hauteur améliore la tenue sismique ;
- Toutes les commandes sont placées à moins de 1,5 m du sol, garantissant un accès aisé et sûr au personnel d'installation et de maintenance ;
- Aucune plate-forme ni échelle ne sont requises ;
- Le montage peut facilement s'étendre dans le prolongement des jeux de barres ;
- La structure de la cellule nécessite un minimum d'éléments en acier ;
- L'installation sur site est rapide et simple.

Les essais de type furent réalisés simultanément en Chine, en Suède et en Suisse. Cette réalisation marque le début d'une nouvelle ère dans le transport THT et démontre avec force le génie créatif de l'union des leaders mondiaux de l'électrotechnique.

**Walter Holaus**

**Fredi Stucki**

ABB Switzerland Ltd.

Zurich (Suisse)

walter.holaus@ch.abb.com

fredi.stucki@ch.abb.com

### Bibliographie

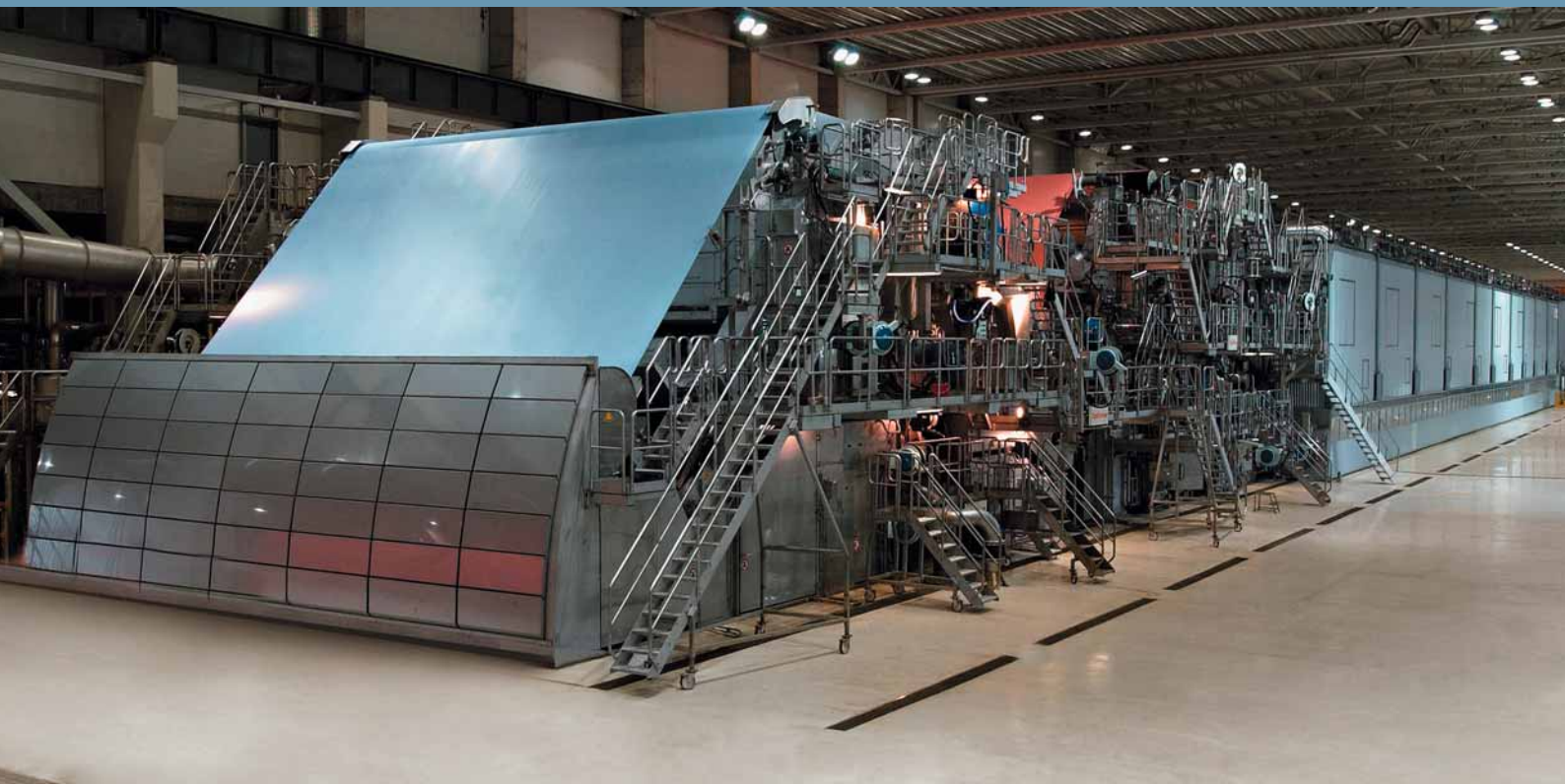
- [1] International Conference of UHV Power Transmission Technology, 2006, Beijing
- [2] Symposium CEI/CIGRE sur la très haute tension, 2007, Beijing
- [3] *1,100 UHV AC demonstration project*, <http://www.sgcc.com.cn/ztzl/zgtgy/tyzys/41249.shtml> (consulté en octobre 2008)
- [4] Sun, Y., Zhang, D., Meng, W., *The Research and Development of 1,100 kV GIS*, International Conference of UHV Power Transmission Technology, 2006, Beijing
- [5] Holaus, W., Sologuren, D., Keller, M., Kruesi, U., Riechert, U., *Entwicklung einer gasisolierten Schaltanlage für 1,100 kV*, ETG Kongress, 2007, Karlsruhe
- [6] Holaus, W., Kruesi, U., Sologuren, D., Riechert, U., Keller, M., *Testing of GIS components at 1000 kV rated voltage*, Session CIGRE 2008, SG A3-202, Paris
- [7] Riechert, U., Kruesi, U., Holaus, W., Sologuren, D., *Gasisolierte Schaltanlagen für 1,100 kV – Herausforderungen an Entwicklung und Prüfung*, Stuttgarter Hochspannungssymposium, 2008, Stuttgart
- [8] Holaus, W., Xia, W., Sologuren, D., Keller, M., Kruesi, U., Riechert, U., Xu, S., Wang, C., *Development of 1,100 kV GIS equipment: Up-rating of existing design vs. specific UHV design*, Symposium CEI/CIGRE sur la très haute tension, 2007, Beijing



# Intelligence productive

*Network Platform* : nouvelle plate-forme de mesure en continu des propriétés du papier

Robert Byrne, Anthony Byatt



Depuis une vingtaine d'années, la *Smart Platform* d'ABB a servi de socle à son système de contrôle qualité du papier et a aidé le Groupe à conserver sa place de numéro un mondial sur ce créneau. ABB introduit aujourd'hui sa nouvelle plate-forme, baptisée *Network Platform*, qui va permettre aux développeurs d'applicatifs de débrider leur créativité et d'élaborer des fonctionnalités d'une richesse inégalée.

## Produits

Le papier, inventé il y a plus de 2000 ans, est devenu un produit de grande consommation. Pour autant, si les feuilles sur lesquelles cet article est imprimé vous semblent être la chose la plus banale au monde, leur fabrication a fait appel aux technologies les plus innovantes, domaine où ABB joue un rôle clé de précurseur.

En fait, ABB est le premier fournisseur mondial de systèmes de contrôle qualité pour l'industrie du papier et il est plus que probable que ces feuilles aient été passées à la loupe par des capteurs ABB.

#### De Smart Platform...

L'arme maîtresse de l'arsenal d'un producteur de papier est sa plate-forme de mesure en ligne, à l'image de la Smart Platform d'ABB. Celle-ci se compose d'un cadre fermé en acier doté de capteurs qui balayent la feuille en cours de fabrication pour mesurer en continu les caractéristiques du papier : humidité, épaisseur,

densité, charge, couleur, orientation des fibres, etc.

La bande continue de papier<sup>1)</sup>, dont la laize (largeur) peut dépasser 10 m, défile à 90 km/h entre les capteurs distants seulement de 7 mm de part et d'autre de la surface de la feuille. Ces capteurs, qui doivent être guidés avec une précision d'au moins 0,4 mm sur toute la laize, sont montés sur des rails intégrés au cadre. Ainsi, pour donner une idée de la difficulté de la tâche, sachez que la précision du capteur d'épaisseur, par exemple, est supérieure à un millionième de mètre sur les 10 m de laize!

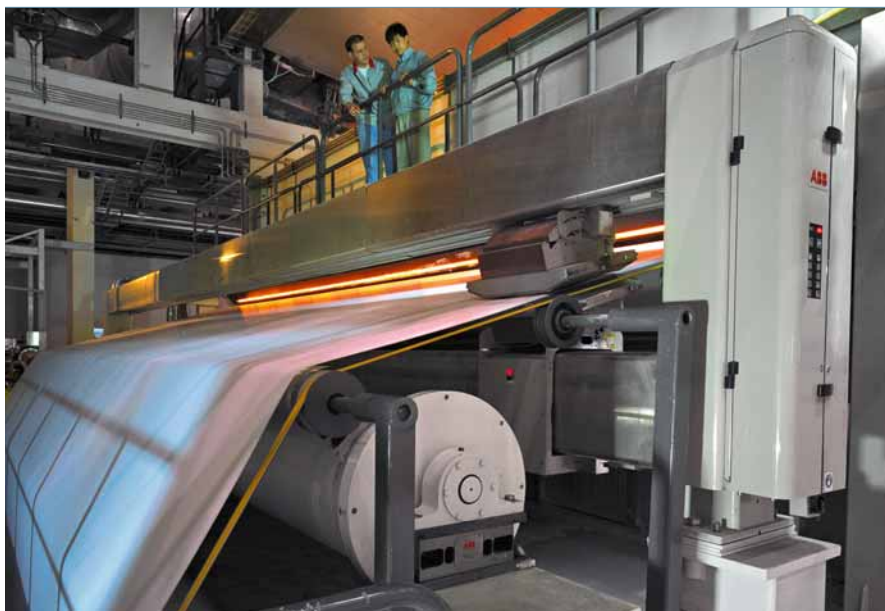
Autre preuve de l'extrême sensibilité et de la précision de la plate-forme de mesure : un capteur de grammage (masse par m<sup>2</sup>) est tellement sensible que la plus infime variation de température de l'air, donc de la masse de ce volume, prédomine complètement sur la mesure du grammage. Par conséquent, la température de l'air entre les capteurs est très précisément réglée.

L'instrumentation doit composer avec de fortes contraintes tant thermiques (à quelques millimètres de la tête de mesure, le papier est chauffé à plus de 100 °C **1**) que mécaniques (vibrations) ainsi qu'avec une humidité de 100 % et des poussières.

L'arme maîtresse de l'arsenal d'un producteur de papier est sa plate-forme de mesure en ligne qui se compose d'un cadre fermé en acier doté de capteurs qui balayent la feuille en cours de fabrication pour mesurer en continu les caractéristiques du papier.

Un même cadre peut compter jusqu'à 10 capteurs différents ; les valeurs de mesure sont regroupées et envoyées à des algorithmes de régulation très complexes qui élaborent les commandes de la machine à papier (par ex., plus d'humidité dans certaines zones, plus ou moins de pâte, plus de teinture) mises en œuvre par les actionneurs également fournis par ABB et une pléthore d'autres fournisseurs. Sur son poste, l'opérateur de la machine à papier peut afficher pratiquement toutes les données qu'il désire et intervenir directement.

**1** Balayage par Network Platform avec capot haute température



#### Note

<sup>1)</sup> La fabrication du papier est un procédé continu qui se termine par l'enroulage en bobines du produit. Lorsqu'une bobine est pleine, une lame d'air coupe la feuille et un opérateur expérimenté enfile à vive allure le papier dans une nouvelle bobine. La «feuille» désigne le produit élaboré en continu entre la caisse de tête (pâte à papier) et l'enrouleuse en sortie de la machine à papier.

**2** Gamme de plates-formes de mesure Network Platform d'ABB

**a** NP1200



**b** NP700



**c** Reflection NP



Une machine à papier moderne ne peut fonctionner sans cette technologie.

Dans n'importe quelle usine papetière de la planète, il y a de fortes chances qu'un système Smart Platform d'ABB mesure la qualité du papier au fur et à mesure qu'il est bobiné en sortie de machine. Plusieurs milliers de ces systèmes ont été installés chez les industriels.

#### Encadré 1 Avantages de Network Platform

- Visibilité et diagnostics améliorés
- Plate-forme innovante pour le développement continu de produits au cours des 10 à 15 prochaines années
- Utilisation plus simple pour les ingénieurs d'application et de maintenance (outils de développement, mises à jour logicielles, formation)
- Ajout aisé de nouveaux capteurs et auxiliaires
- Configuration sur site et livraison des projets plus rapides
- Balayage à grande vitesse de la feuille (600 mm/s actuellement, 1 000 mm/s ciblé)
- Intégration poussée au système d'optimisation des actifs de 800xA et aux fonctionnalités de télédiagnostic
- Ouverture aux nouvelles technologies
- Utilisation optimale des capacités de la RAM (25 %) et de traitement temps réel de l'unité centrale (moins de 5 %)
- Intégration rapide de nouveaux capteurs

ABB n'a cessé d'améliorer ses produits et de proposer à ses clients le meilleur de la technologie pour les aider à réduire leurs coûts et à rendre leur outil de production plus fiable et plus performant. C'est cette volonté perpétuelle de repousser les limites qui nous a incités à développer la *Network Platform* afin de maintenir notre avance technologique dans les systèmes de contrôle qualité pour l'industrie papetière 2.

Jusqu'à présent, des cartes électroniques très stylées à logique câblée étaient nécessaires pour traiter le volume énorme de données collectées par les capteurs à haut débit. Aujourd'hui, ce même travail peut être fait par les puces ultrarapides et plus simples de *Network Platform*, qui contribuent aux performances de la nouvelle plate-forme de mesure d'ABB.

#### ... à Network Platform

*Network Platform* utilise principalement de l'électronique standard, les quelques circuits « spéciaux » devant disparaître avec la prochaine mise à niveau des capteurs. La plate-forme intègre les technologies les plus récentes et respecte totalement les standards modernes, garantie de sa pérennité Encadré 1. Le processeur est un PC monocarte Intel Pentium 1,1 GHz tournant sous Windows XP Embedded. Il n'y a pas de disque dur car l'application est stockée sur une carte mémoire CompactFlash. La portabilité de l'architecture est garantie par la solution de développement *IBM Rational Rose Technical Developer*; ainsi, tout

changement de carte PC ou de système d'exploitation Windows ne pose aucun problème.

IBM Rational Rose est un outil de développement à base de modèles qui utilise le langage de modélisation UML (*Unified Modeling Language*)

Encadré 2. Cet outil permet aux développeurs de créer des machines d'état complexes en utilisant des techniques de modélisation simples qui peuvent ensuite être complétées avec un code applicable à n'importe quelle problématique. Dans le cas de *Network Plat-*

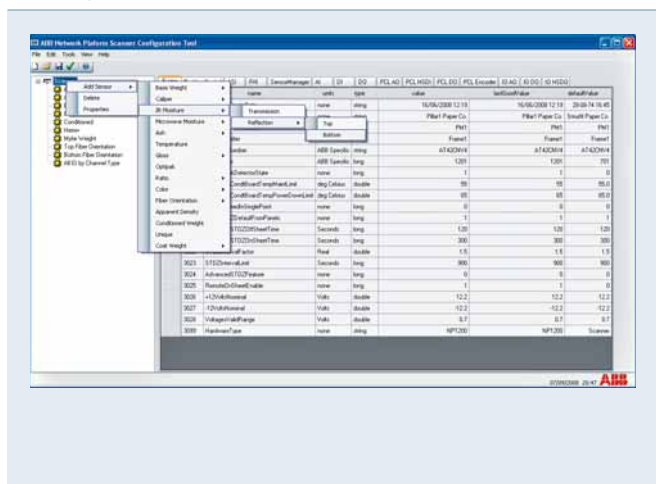
#### Encadré 2 Avantages de l'utilisation du langage UML

- Développement réparti
  - En utilisant des outils de gestion de configuration, chaque composant logiciel peut être géré indépendamment de la solution complète.
  - Utilisation de boîtes noires aux E/S définies en amont du cycle de développement pour les composants non développés.
- Portabilité de la solution
  - Le même code peut être utilisé pour des plates-formes multi-OS.
- Code auto-descriptif
  - L'interfaçage étroit du code et du modèle de conception fait que les documents de conception reflètent toujours l'état effectif du code.

#### 3 Outils de diagnostic de Network Platform



#### 4 Configurateur de Network Platform



## Produits

form, cette problématique est la mesure des propriétés du papier.

Outre Rational Rose, d'autres produits de la suite IBM ont été utilisés par l'équipe de développement Network Platform pour garantir une fusion transparente des outils, depuis l'intégration du logiciel jusqu'au déploiement de l'application : *Rational RequisitePro* pour gérer le travail en équipe, *Rational Test RealTime* pour tester les composants et analyser l'exécution du code, et *Rational TestManager* pour configurer et gérer les plans de tests. L'utilisation de cette suite intégrée simplifie la gestion des projets impliquant des équipes travaillant sur plusieurs continents (Europe, Asie et Amérique du Nord, dans ce cas précis) avec différents fuseaux horaires et environnements culturels.

Le logiciel offre une multitude de nouvelles fonctionnalités **Encadré 3**. Deux à quatre heures suffisent dorénavant pour créer, installer et tester le code objet lorsque le source est modifié. Un seul DVD regroupe toute la

**Encadré 3** Spécificités conceptuelles

- L'architecture logicielle garantit l'indépendance de la plate-forme d'exécution vis-à-vis de l'OS,
- L'utilisation d'une électronique « sur étagère » raccourcit les délais de conception,
- L'électronique embarquée est refroidie par air.

documentation. Et le langage de programmation d'application C++, standard de facto, a été choisi pour un maximum de portabilité et de support.

Par ailleurs, des outils de diagnostic et des affichages perfectionnés améliorent l'accès de l'industriel aux données de production **3**. S'ajoutant à la simplicité et à la flexibilité globales du système, ces atouts réduisent les besoins de formation du personnel et facilitent la configuration en usine et en phase de livraison du projet **4**. Ainsi, la configuration du système en fonction des types de capteurs (chaque système étant quasiment différent), tâche au préalable très complexe, est devenue un jeu d'enfant grâce à l'intégration au module d'optimisation des actifs de 800xA et aux fonctionnalités de télédiagnostic.

## Des outils de diagnostic et des affichages perfectionnés améliorent l'accès de l'industriel aux données de production.

La Network Platform d'ABB réduit également les coûts de possession du client grâce à :

- une installation et une maintenance plus aisées ;
- la prise en main à distance ;
- une procédure simplifiée d'ajout de capteurs sur site ;
- des procédures aisées de mise à niveau logicielle sur site ;

- Une meilleure prise en charge des E/S externes de sécurité.

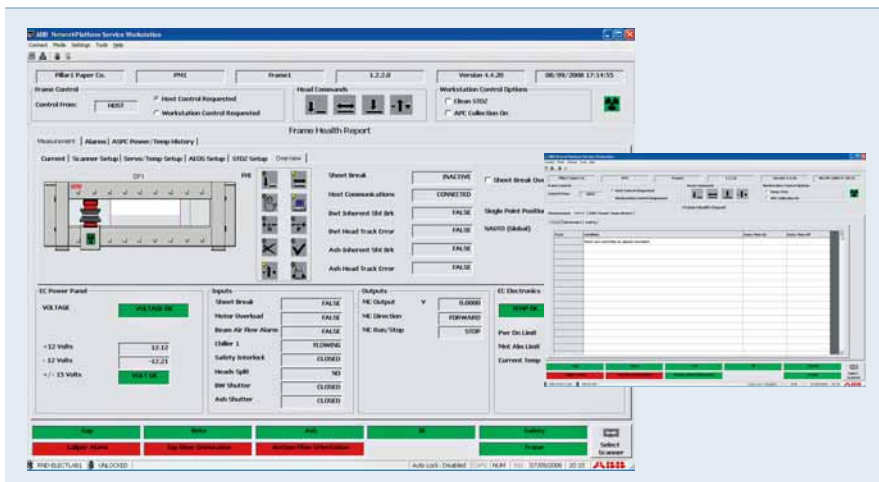
Le déroulement du projet de développement en lui-même fut un modèle de coopération internationale, avec des équipes aux Etats-Unis (Columbus, Ohio), en Inde (Bangalore) et en Irlande (Dundalk) qui ont travaillé ensemble de nombreuses heures pour mener à bien le projet. D'énormes moyens furent consacrés à la gestion des tests, le taux de zéro défaut du premier produit livré prouvant le bien-fondé de cette stratégie rigoureuse.

### Un tremplin vers l'avenir

Cette plate-forme de mesure innovante va servir de tremplin au développement ininterrompu de systèmes de contrôle qualité au cours des 10 à 15 prochaines années et sera un formidable levier de progrès technologique ouvrant la porte, notamment, aux plans de balayage « sur mesure », au sans-fil, au balayage à grande vitesse et à l'intégration de capteurs ultrarapides. Occupant seulement 25% de la mémoire RAM et ne mobilisant que 2 à 5% de la puissance de traitement temps réel de l'unité centrale, le système laisse aux développeurs une très grande marge créative !

Des essais poussés sont déjà en cours avec deux nouveaux capteurs aux performances très supérieures à celles de capteurs concurrents. Seule la nouvelle Network Platform ABB dispose de la puissance nécessaire pour traiter le foisonnement de données brutes collectées et transmises à très haut débit par ces capteurs de dernière génération et leurs fonctions très évoluées de diagnostic.

## Ecran de maintenance



Les premiers systèmes ont déjà été livrés à des clients et les performances sont au rendez-vous. Les livraisons s'accroissent et plusieurs dizaines de Network Platforms ABB seront mises en exploitation dans les usines papetières du monde entier au cours des 12 prochains mois.

**Robert Byrne**

**Anthony Byatt**

Centre d'excellence

ABB Pulp and Paper QCS

Dundalk (Irlande)

robert.byrne@ie.abb.com

anthony.byatt@ie.abb.com



# En prise directe

Robots *FlexPicker™* de deuxième génération  
Klas Bengtsson

L'industrie est friande de solutions d'automatisation innovantes, au premier chef pour les applications d'emballage et de conditionnement. De tout temps, la saisie, le tri et la manipulation des produits ont été réalisés par une main d'œuvre abondante travaillant souvent à des cadences élevées pour ranger des produits très variés dans des contenants. Ces tâches manuelles, qui exigent vivacité et dextérité, peuvent être à l'origine de goulets d'étranglement dégradant la productivité et de problèmes de santé pour le personnel qui répète inlassablement les mêmes gestes.

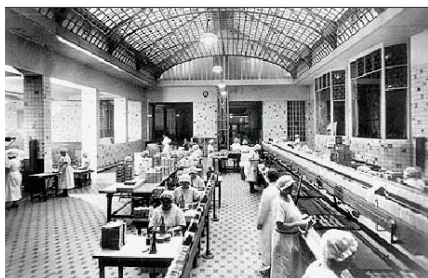
Leur automatisation présente de nombreux attraits et les solutions robotisées de prise/dépose à la volée et de conditionnement constituent un des marchés à plus forte croissance de l'industrie de l'automatisation. ABB compte déjà un parc installé de plus de 2500 robots delta<sup>1)</sup>, conçus spécifiquement pour ces applications, et s'impose comme un leader mondial de la technologie. Le *FlexPicker™* de deuxième génération confortera sa position dominante et guidera ses clients vers de nouveaux sommets de productivité.

## Produits

Pendant des décennies, l'emballage et le conditionnement de produits unitaires dans des boîtes, barquettes et plaquettes se faisaient manuellement. Citons, à titre d'exemple, le rangement de chocolats dans des ballotins, tâche répétitive effectuée à des cadences très élevées. Le travail sur lignes de conditionnement est pénible et en général mal payé ; il est donc de plus en plus difficile de trouver du personnel, a fortiori de le garder <sup>1</sup>. De surcroît, les préoccupations de plus en plus vives de sécurité alimentaire incitent les industriels à minimiser les manipulations par les opérateurs et à rechercher d'autres solutions, d'où leur intérêt marqué pour l'automatisation.

A la fin des années 1990, les robots industriels multi-axes étaient en général constitués d'articulations en série le long d'un bras unique, chacune devant supporter le poids de son actionneur. Ils étaient donc lourds et lents, incapables de rivaliser avec l'opérateur humain et ses 60 à 100 cycles par minute.

1 Ligne de saisie/tri manuelle



2 L'IRB 340, robot à cinématique parallèle



### FlexPicker d'ABB

En 1998, ABB lançait l'IRB 340 FlexPicker, robot delta conçu exclusivement pour les applications de prise/dépose à la volée et de conditionnement de petits produits (ex., chocolats). Le concept était assez simple : toutes les pièces mobiles étaient en matériaux légers (fibres de carbone, aluminium anodisé et plastique) alors que les moteurs, composants lourds, étaient regroupés dans une embase rigide et fixe. Tous les axes parallèles (3 degrés de liberté) étaient reliés entre eux par un préhenseur. Un quatrième axe (rotation), également relié au préhenseur, conférait au robot un degré de liberté supplémentaire. Cette configuration particulière valut au Flexpicker le surnom de « robot araignée » <sup>2</sup>. Si la légèreté du système de bras donne une impression de fragilité, le robot est extrêmement robuste grâce au rapport résistance mécanique/masse élevé des matériaux utilisés. Les « fines pattes » du robot peuvent accélérer jusqu'à 15 m/s<sup>2</sup> avec une répétabilité de 0,1 mm.

Les robots delta d'ABB, leader mondial du marché, bénéficient d'une réputation de fiabilité et de qualité, et répondent aux besoins de l'industrie de l'emballage et du conditionnement.

Si sa conception était simple et sa fabrication aisée, il n'en allait pas de même de sa commande. Les petits moteurs permettaient assez facilement des mouvements très rapides ; or le problème le plus épineux était le déplacement du robot à de telles vitesses sans secousse ni détérioration du préhenseur. Sur ce plan, ABB avait une longueur d'avance sur ses concurrents grâce à sa technologie de commande et d'asservissement des axes des robots standard, qui fut mise à profit pour développer le robot de prise/dépose à la volée. Le résultat : l'IRB 340, qui allait connaître un grand succès grâce à sa rapidité et à sa dextérité inégalées.

### Créer le marché

L'industrie de l'emballage et du conditionnement est à la fois colossale et morcelée. Au niveau mondial, on dénombre plus de 25 000 usines de produits alimentaires, alors que des multinationales comme KRAFT Foods et Nestlé détiennent moins de 5% de part de marché. Les entreprises qui proposent des équipements d'emballage et de conditionnement sont également nombreuses sur un marché fragmenté, compliquant la tâche d'ABB dans la recherche de circuits de commercialisation efficaces.

Dès le début, ABB préféra une stratégie « produits » plutôt que proposer des solutions ou des installations clés en main, jugeant plus efficace de vendre des produits à des intégrateurs de systèmes et des constructeurs de machines déjà actifs sur le marché de l'emballage et du conditionnement. L'objectif était de créer une demande pour l'automatisation robotisée d'ABB sur un marché qui compte de nombreuses autres solutions. Le problème n'était pas seulement de vendre des robots à des intégrateurs, mais également de sensibiliser le marché pour que le client final exige des solutions robotisées. Cette stratégie commença à porter ses fruits en 2003, soit 5 ans après son lancement ; aujourd'hui, le marché croît à un rythme annuel de 30 à 40%. ABB vend principalement son FlexPicker à des clients des secteurs de l'agro-alimentaire, de la pharmacie et des cellules solaires.

### FlexPicker de deuxième génération

Dix ans après l'introduction de l'IRB 340, ABB lance son FlexPicker de deuxième génération, l'IRB 360 <sup>3</sup>. Le moment choisi pour ce lancement était idéal car le marché était mûr pour un nouveau robot de prise/dépose à la volée. L'IRB 360 répondait à une demande tout en élargissant son champ d'action, créant de nouveaux débouchés et dynamisant les ventes.

Autre facteur important qui détermina la date de lancement : l'expiration des

#### Note

<sup>1</sup> Robot constitué de 3 bras reliés par des articulations à une interface d'outil. Les bras forment un parallélogramme qui maintient l'orientation de l'interface.

brevets d'origine qui empêchaient les concurrents d'intégrer des bras à cinématique parallèle à leurs robots. En effet, le brevet européen expirait fin 2006 et le brevet américain fin 2007. Désormais, tout le monde pouvait fabriquer un robot delta et rivaliser avec ABB. Sur un marché très concurrentiel, il était évident que d'autres entreprises se mettraient immédiatement à proposer ce type de robot. L'atout majeur d'ABB restait alors son expérience dans la fabrication de ces robots, sa réputation de qualité et sa part de marché importante que traduit son chiffre d'affaires. Pour conserver sa place de numéro un mondial dans cette technologie, ABB décida de s'appuyer sur les points forts de l'ancien FlexPicker en augmentant sa capacité de charge et en ciblant de nouveaux domaines d'application dans l'emballage et le conditionnement. Une conception améliorée et des composants plus robustes ont permis à ABB de créer un robot plus costaud et endurant, avec un minimum de maintenance.

D'autres améliorations accroissent l'adaptabilité et la polyvalence de la nouvelle génération de robots delta, notamment une version compacte au sol et une version spéciale « industrie agro-alimentaire » nettoyable en environnement certifié hygiène. Bien évidemment, le concept simple de robot delta est relativement facile à reproduire et de nombreuses entreprises ont conçu leur propre prototype. Reste à savoir si ces robots sont assez performants pour concurrencer nos produits, amputer notre part de marché et séduire nos clients ?

Un des points forts du robot delta d'ABB est sa commande d'axes avancée qui joue un rôle fondamental dans ses performances globales. S'il est simple de fabriquer un robot delta intégrant un moteur de couple élevé pour des mouvements rapides, conjuguer rapidité, précision et durée de vie ne s'improvise pas. En effet, il est impossible de compenser une commande d'axes aux piètres performances par une mécanique renforcée, donc plus lourde, qui ralentit les déplacements. Les performances découlent donc du système avancé de pilotage des axes. La boucle d'asservisse-

3 Lancement de l'IRB 360 FlexPicker à PackExpo en octobre 2007 aux Etats-Unis



ment de la commande du robot ABB anticipe le déplacement du préhenseur, tenant compte de son comportement dynamique pour réduire les contraintes mécaniques.

Les avantages des fonctions de commande avancée d'ABB, appelées *QuickMove™* et *TrueMove™*, firent nettement pencher la balance en faveur d'ABB face à ses concurrents auprès d'un producteur suisse de bretzels. Son robot delta saisit et dépose les bretzels à des cadences élevées tout en ramenant le taux de rebut de 12 à 4%. L'IRB 360 a été développé en s'appuyant sur la nouvelle génération de fonctions QuickMove et TrueMove qui raccourcissent considéra-

ment les temps de cycle. En moyenne, l'IRB 360 est 20% plus rapide que l'IRB 340, les meilleurs résultats étant obtenus avec des charges de 1,5 à 3 kg.

Inéluctablement, sur une ligne de prise/dépose à la volée, les produits peuvent arriver mal positionnés (ex., suite à un arrêt brutal du convoyeur) ou provoquer un incident (deux produits surgelés collés se détachent pendant leur saisie) entraînant des collisions. En cas de forte collision, les bras légers du FlexPicker risquent de se décrocher. Ils sont alors immobilisés par un mécanisme à ressorts qui empêche la détérioration des bras en cas de choc, même à vitesse maxi-

## Produits

male. Si cette fonction a été conçue à l'origine pour protéger le robot, les clients l'apprécient également car l'immobilisation du robot protège aussi les produits et les convoyeurs. Les nouvelles fonctions QuickMove et TrueMove peuvent à présent détecter un dysfonctionnement du système de bras et arrêter automatiquement le robot. Cette aptitude, exclusivité des robots delta d'ABB, concourt à renforcer sa position de leader sur le marché de la prise/dépose à la volée à grande vitesse.

### Un robot robuste

Un robot rapide de prise/dépose à la volée réalise en général 130 opérations à la minute. Pour une ligne de production avec 8 robots, cela équivaut à plus d'1 million de cycles par jour et 200 millions de cycles par an. Même avec un taux de défaillance très faible (une défaillance par million de cycles), la probabilité d'un dysfonctionnement est quotidienne, ce qui est inacceptable et peut uniquement être minimisé en concevant des robots extrêmement robustes. Les composants critiques que sont les articulations, les axes de rotation et les vis de fixation ont été renforcés pour durer plus longtemps et nécessiter moins de maintenance. La conception a été revue pour simplifier le remplacement des pièces même par un personnel non spécialiste; ainsi, des vis plus grandes, des repères et des dispositifs de guidage simplifient l'entretien et

la maintenance tout en évitant les erreurs de montage.

Exemple simple de modification visant à faciliter l'utilisation du robot: le bouton de débrayage du frein, précédemment situé sur la partie centrale difficile d'accès du robot, se trouve maintenant à l'extérieur, à portée directe de l'opérateur lorsqu'il doit intervenir sur le robot. Autre amélioration: le robot ne doit plus être lubrifié après nettoyage car de nouveaux roulements en plastique à faible frottement sont maintenant utilisés.

### L'agro-alimentaire en ligne de mire

L'IRB 340 de première génération était destiné à l'industrie agro-alimentaire et proposé en option avec une embase en acier inoxydable. Un grand nombre de ses composants était, toutefois, en aluminium anodisé, matériau principalement choisi pour sa légèreté. Bien que nettoyable, il ne doit être ni rayé, ni lavé avec des détergents agressifs <sup>4</sup>. Or l'industrie agro-alimentaire impose des méthodes de nettoyage spécifiques qu'accepte le nouvel IRB 360. Plus lourd, tous ses composants sont en métal inoxydable, y compris l'axe de rotation, la plaque du préhenseur et l'extrémité des bras; l'embase est en protection étanche renforcée (IP69K) qui résiste aux lavages au jet d'eau chaude à haute pression et à faible distance. Le robot n'exige ainsi aucune méthode fastidieuse de nettoyage et peut être traité

de la même manière que les autres équipements de l'usine.

### Gain de place

Les m<sup>2</sup> sont chers dans l'industrie et le secteur agro-alimentaire ne fait pas exception. Augmenter la productivité par superficie couverte est une exigence qui figure souvent au cahier des charges d'un robot. L'armoire de commande standard d'ABB est, toutefois, trop encombrante pour la plupart des applications dans l'agro-alimentaire ou la pharmacie; une version spéciale a donc été développée il y a plusieurs années avec une moindre emprise au sol par une intégration plus poussée des composants et une augmentation de la hauteur. Elle rencontra un vif succès auprès des clients, leur permettant d'économiser une place précieuse et de réduire leurs coûts car logeable dans les armoires existantes des sites des clients. Si réduire l'encombrement d'un nouveau robot n'est pas capital pour une équipe de développement, minimiser le nombre de pièces constitutives est, par contre, un objectif hautement prioritaire pour des raisons financières.

**L'IRB 360 Flexpicker de deuxième génération est plus rapide et plus compact; sa capacité de charge est plus élevée et il se nettoie plus facilement.**

<sup>4</sup> Nettoyage de l'IRB 340 FlexPicker



Les bras supérieurs de l'IRB 340 d'origine couvraient une importante surface au sol lorsqu'ils étaient déployés. En les raccourcissant et en réduisant l'enveloppe de travail, le nouvel IRB 360 occupe moins de surface au sol (-30%) avec une embase de même taille. La largeur de la cellule Flexpicker est passée de 965 mm à 810 mm et sa longueur de 980 mm à 820 mm. Le gain de place est encore plus important si l'on tient compte de la vitesse de cycle accrue de l'IRB 360. En effet, 7 nouveaux robots IRB 360 remplacent 8 anciens robots IRB 340, soit un gain de place de 40%.

### De la saisie unitaire à l'encaissage multiproduit

Le robot delta IRB 340 FlexPicker fut développé au départ pour la prise/



dépose à la volée et le conditionnement de petits objets légers, faciles à manipuler avec un préhenseur à ventouse. Après sa mise sur le marché, un grand nombre d'applications très variées de manipulation de produits unitaires furent testées.

Aujourd'hui, une application courante consiste à décharger une machine d'emballage en continu et à déposer les produits dans des boîtes. Cette tâche est en général réalisée en saisissant simultanément 8 à 12 produits avec un préhenseur multiventouse. Bien sûr, la charge manipulée augmente, ralentissant quelque peu le robot Flexpicker et, plus embêtant, modifiant l'inertie du préhenseur. Plus il est décalé du point central du robot, plus les performances du Flexpicker sont pénalisées, remettant en cause la rentabilité opérationnelle du robot, tout particulièrement si l'opérateur reconfigure mal le système. Si le robot fonctionne en dehors de ses limites assignées, sa durée de vie et ses coûts de maintenance peuvent en pâtir.

Les développeurs de l'IRB 360 avaient pour mission d'accroître la capacité de charge du robot en augmentant le couple disponible sur l'axe 4 central afin de le rendre plus polyvalent et donc d'élargir ses domaines d'application sans réduire sa durée de vie.

L'encaissage avec un Flexpicker est une application très courante ; or en faisant passer la capacité de charge de 2 à 3 kg, le nombre d'applications envisageables augmentait considérablement. Le robot IRB 360 peut saisir des produits plus lourds que l'IRB 340 (ex., des barquettes de saucisses de 2 kg avec un préhenseur d'1 kg au lieu de barquettes d'1,3 kg maximum avec un préhenseur de 0,7 kg). Ce gain de performance permet de doubler la productivité.

Pour accroître la capacité de charge, on commença par repenser le système de bras. En dédoublant le bras parallèle, par exemple, on obtiendrait un

5 IRB 340 conditionnant des paquets de café chez le Suédois Löffbergs Lila



robot plus robuste mais plus lourd. Autre inconvénient : l'augmentation du nombre de composants car les différentes charges nécessiteraient des systèmes de bras différents. Ces problèmes furent résolus, une fois encore, par la nouvelle commande d'axes dont les améliorations permirent de manipuler des charges de 3 kg sans modifier le système de bras et même en raccourcissant les temps de cycle. Des mouvements plus « fluides » et une meilleure compréhension des limitations du robot permettent à l'IRB 360 d'afficher des performances supérieures de 30 % lors de la manipulation d'une charge de 2 kg par rapport au robot IRB 340. Les cadences peuvent être augmentées de 30 à 50 % dans des applications d'encaissage 5.

#### Lancement commercial

La commercialisation de l'IRB 360 a démarré en avril 2008 alors que l'IRB 340 cessait d'être proposé en octobre de la même année. Cette transition progressive entre les deux

générations fut possible car, même si les deux robots se ressemblent beaucoup, les performances de l'IRB 360 sont supérieures à celles de l'IRB 340 dans tous les domaines. Les prévisions tablent sur une croissance des ventes liée au développement du marché de la prise/dépose à la volée, ce malgré l'arrivée récente de nouveaux concurrents. On enregistre déjà quelques belles commandes pour la variante Forte charge plus performante que les solutions robotisées standard des concurrents. L'avenir semble également très prometteur pour la version en acier inox du Flexpicker dans l'industrie de la viande. En réalité, les secteurs industriels équipés de lignes de prise/dépose à la volée importantes font montre d'un grand intérêt pour l'installation de robots fiables peu encombrants. Le marché est mûr et demandeur de solutions d'automatisation avec des robots delta ultra-rapides. Les demandes proviennent de pays connaissant

une industrialisation rapide : Turquie, Lettonie, Russie, Inde, Arabie Saoudite, etc. ABB est bien placé pour y répondre avec ses robots FlexPicker de deuxième génération et son expérience applicative.

#### Klas Bengtsson

ABB Robotics  
Västerås (Suède)  
klas.h.bengtsson@se.abb.com

# Parcours sans faute

Les progrès continus de la surveillance à grande échelle renforcent la stabilité du réseau électrique

Albert Leirbukt, Ernst Scholtz, Sergiu Paduraru

Les grandes pannes électriques des dix dernières années ont révélé l'importance capitale des systèmes de détection précoce des défauts dans les centres de conduite des réseaux de transport. Depuis 2008, la solution *Network Manager*<sup>™</sup> d'ABB, intégrée aux systèmes de supervision/téléconduite (SCADA) et de gestion d'énergie (EMS), s'arme d'un nouvel arsenal d'outils pour surveiller et maîtriser le réseau parcourant des milliers de kilomètres.

Les progrès de l'informatique et des télécoms ont donné lieu à des systèmes de conduite et de surveillance de réseau évolués dont les performances dépassent largement celles de l'opérateur le plus chevronné. Dans l'automobile, par exemple, les grands constructeurs équipent aujourd'hui leurs véhicules de systèmes de contrôle électronique de stabilité qui prennent automatiquement le pas sur les manœuvres du conducteur. L'aéronautique embarque également des outils d'aide à la navigation permettant, même à de jeunes pilotes, de poser en toute sécurité un appareil en détresse. Dans le transport électrique, la technologie «WAMS» de surveillance de réseaux à grande échelle (*Wide Area Monitoring Systems*) figure au rang des innovations de plus en plus prisées des industriels de la filière. De nos jours, les Gestionnaires de Réseaux de Transport (GRT) doivent maîtriser davantage de transits d'énergie avec moins de capacités, de planificateurs et d'opérateurs, et des ouvriers et un personnel vieillissants. Les systèmes WAMS constituent un outil fondamental pour faciliter leur tâche ; leur déploiement s'est d'ailleurs traduit par des gains de performance et des innovations fonctionnelles.

## Le système de surveillance à grande échelle reproduit l'état du réseau sur les interfaces opérateur du GRT.

### Objectifs

Dans les systèmes électriques en courant alternatif, tous les signaux temporels de tension et de courant forment dans l'idéal une sinusoïde (1a). Par contre, sur un réseau longue distance reliant des centrales très éloignées de la charge, l'amplitude et la phase des signaux de tension et de courant varient beaucoup d'un point à l'autre. Certes, des terminaux de téléconduite ou «RTU» mesurent cette amplitude, sans toutefois enregistrer l'angle de phase correspondant.

Cet angle renferme pourtant de précieuses informations sur l'état du réseau, ce que collecte le WAMS, en sus des simples valeurs de tension et de courant.

Concrètement, un WAMS se compose d'appareils de mesures de phaseurs «PMU» (*Phase Measurement Units*) dispersés, qui transmettent leurs valeurs horodatées à des concentrateurs «PDC» (*Phasor Data Concentrators*) chargés du traitement des signaux. A l'aide de données historiques, le WAMS restitue l'état présent du réseau sur les interfaces graphiques (IHM) du GRT (3).

Les PMU sont des dispositifs électroniques intelligents (IED) d'une très grande technicité. Outre la fréquence, la tension et l'intensité, la synchronisation GPS leur permet de mesurer directement les angles de phase de tension entre postes électriques équipés de PMU, afin de dresser un rapide bilan de santé de tout le système de transport. Ces appareils transmettent leurs valeurs à chaque cycle de la fréquence réseau, soit jusqu'à 60 fois par seconde dans un système à 60 Hz.

Si les PMU fournissent des valeurs échantillonnées au même instant, celles-ci n'arrivent au concentrateur que dans un ordre aléatoire, en raison du caractère non déterministe des transmissions Ethernet. C'est pourquoi le concentrateur trie les mesures horodatées entrantes avant de traiter le signal.

Ce traitement est obligatoire pour convertir la masse de données provenant des PMU en informations exploitables par le système SCADA/EMS ou directement consultables par un opérateur pour l'aider à prendre les mesures qui s'imposent. Ces différents traitements du signal sont souvent dénommés «applications WAMS» dont un aperçu est donné en [1].

Les résultats d'une application WAMS s'affichent sur une IHM procurant aux opérateurs des informations critiques et des alarmes en temps réel, soit au sein du système SCADA/EMS, soit en autonome.

Les archives WAMS fournissent des informations extrêmement utiles à l'analyse *a posteriori* d'un événement : elles reproduisent la réponse globale du réseau de transport à une perturbation, autorisent une meilleure compréhension de son comportement dynamique et facilitent l'étalonnage de ses modèles informatiques.

ABB possède le catalogue le plus fourni de solutions WAMS, adaptables sur mesure aux besoins de chaque client : PMU, systèmes autonomes et Network Manager™ SCADA/EMS intégrés.

### Un portefeuille bien garni

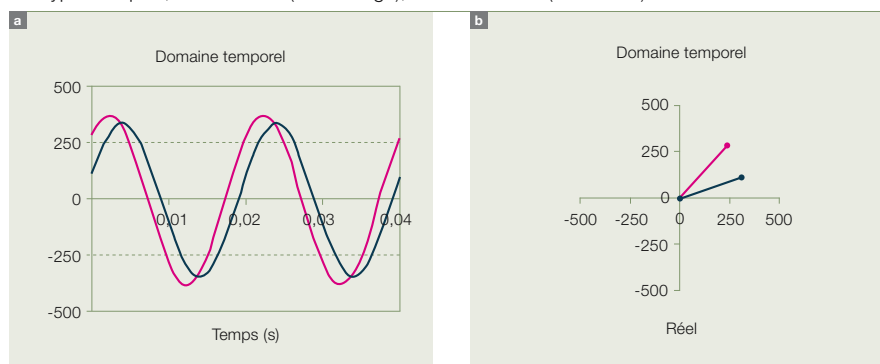
Pionnier de la surveillance de réseaux à grande échelle, ABB possède le catalogue le plus complet de solutions WAMS, adaptables sur mesure aux besoins de chaque client.

L'offre est multiple : appareils de mesures de phaseurs PMU, systèmes autonomes, systèmes Network Manager™ SCADA/EMS intégrés et applications personnalisées.

### Le top de la mesure de phaseurs

Dès 2003, ABB et son appareil de mesures de phaseurs RES 521 mar-

1 Représentation vectorielle de la forme d'onde de tension alternative en 2 endroits hypothétiques, l'un à 260 V (tracé rouge), l'autre à 240 V (tracé bleu)



## Systemes

quent la différence dans le domaine de l'acquisition des signaux de phaseurs, tant en termes de quantité que de qualité, tandis que le standard des appareils de mesure de phaseurs en est encore au stade de l'élaboration. 2007 consacre la mise en conformité du RES 521 à la norme IEEE C37.118 régissant le protocole de transmission entre synchrophaseurs. La prochaine génération des PMU d'ABB est en bonne voie. ABB fait évoluer sa plateforme d'IED de protection de distance de ligne REx 670 : ajout de fonctions PMU, accueil d'un nombre accru d'E/S analogiques et numériques, capacités de communication renforcées, notamment sous protocole CEI 61850, et fonctionnalités WAMS évoluées... dont certaines sont reprises dans les paragraphes suivants.

### PSGuard fut la première solution ABB de surveillance dynamique de réseaux au monde à utiliser des PMU.

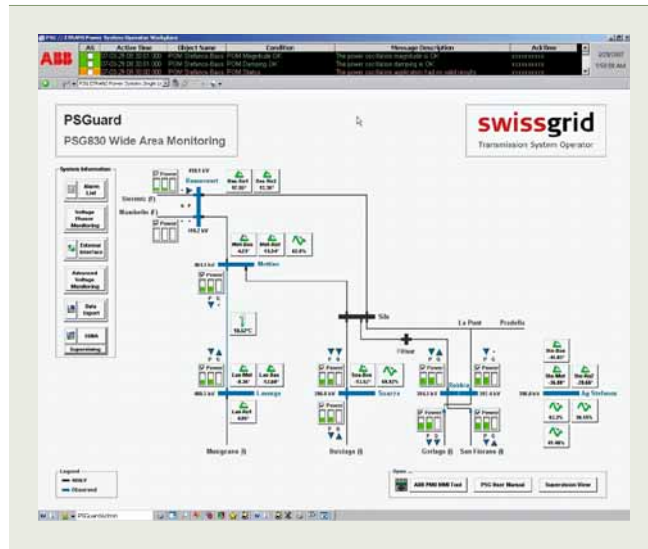
#### WAMS autonome

PSGuard fut la première solution ABB de surveillance dynamique de réseaux au monde à utiliser des mesures de phaseurs. Bâti sur le système d'automatisation étendue 800xA, PSGuard assure l'interface homme-machine, l'acquisition des données de PMU, leur stockage et exportation, de même que des fonctions d'alarmes, des applications WAMS et la connexion à des superviseurs SCADA d'autres marques. Une passerelle de communication autorise également les échanges temps réel des données PMU entre plusieurs GRT; **2** reproduit l'IHM du WAMS autonome installé chez le Suisse Swissgrid.

#### WAMS et gestion de réseau

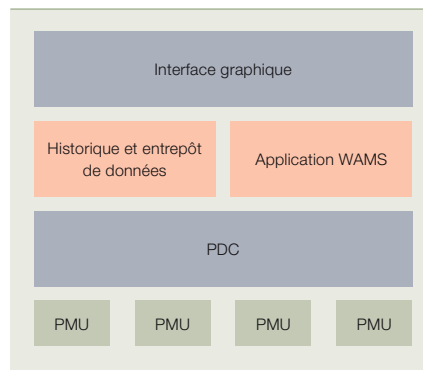
La solution Network Manager™ SCADA/EMS d'ABB remplit une panoplie de fonctions indispensables à l'exploitation des systèmes électriques : téléconduite et supervision évoluée des ouvrages de production, de transport et de distribution d'énergie. De quoi

**2** Installation WAMS autonome chez Swissgrid

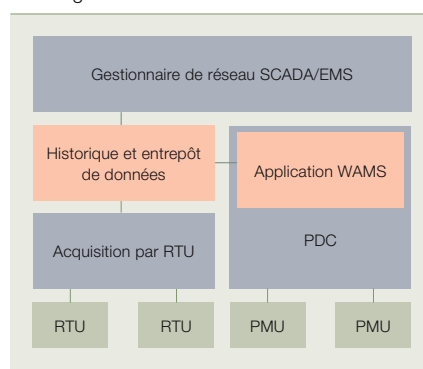


permettre aux énergéticiens de collecter, de stocker et d'analyser les données rapatriées de centaines de milliers de points disséminés dans les réseaux nationaux et régionaux. Network Manager intègre également la surveillance de réseaux WAMS. A présent, les mesures SCADA associées à la fois des informations WAMS et RTU traditionnelles,

**3** Configuration WAMS type



**4** Solution Network Manager™ et WAMS intégrés



ainsi que les alarmes et signalisations WAMS correspondantes figurant dans la liste des alarmes SCADA/EMS. Qui plus est, le système de gestion d'énergie EMS peut faire usage du WAMS dans son estimation d'état pour en améliorer la précision.

Le frontal PCU 400 d'ABB s'est également enrichi d'une fonction de concentrateur de phaseurs PDC de façon à recevoir et à synchroniser les mesures PMU, et à exécuter les applications WAMS. Pour faciliter les applications futures de conduite de réseaux à grande échelle, PCU 400 peut aussi dialoguer avec le système

de contrôle-commande MACH 2™ d'ABB pour piloter les dispositifs FACTS et les liaisons CCHT **4**.

#### Applications WAMS

Grâce à leur modularité, les applications WAMS peuvent être exécutées, à votre convenance, dans l'appareil de mesures de phaseurs PMU, dans le concentrateur PDC, ou encore au centre de conduite. Cette liberté de choix garantit une surveillance de réseaux à grande échelle optimisée sur le plan de la communication et de la charge de traitement informatique. Les applications WAMS sont à l'heure actuelle au nombre de six :

- Surveillance de l'angle de phase « PAM » (*Phase Angle Monitoring*) : les perturbations du réseau sont détectées en surveillant les rapports d'angle de phase entre des postes électriques judicieusement choisis, même en dehors du périmètre d'action du GRT.
- Surveillance de température de ligne « LTM » (*Line Thermal Monitoring*) : son but est de calculer la température moyenne des conducteurs à partir des mesures de phaseurs effectuées à chaque extrémité de la ligne de transport. Installée chez Swissgrid et l'électricien autrichien Verbund-Austrian Power Grid (APG), elle est approfondie en [2].
- Surveillance de la stabilité de tension « VSM » (*Voltage Stability Monitoring*) : cette application, qui équipe la société d'électricité croate Hrvatska Elektroprivreda (HEP),

évalue en temps réel la stabilité de la tension sur un important couloir de transit, uniquement à l'aide des mesures de phaseurs prises aux deux extrémités de l'axe.

- Archivage de données événementielles « EDDA » (*Event Driven Data Archiving*): EDDA détecte les perturbations réseau et enregistre les réponses WAMS dans l'ensemble du système sur une période donnée, avant, pendant et après l'événement.
- Surveillance des oscillations de puissance « POM » (*Power Oscillation Monitoring*): elle avise les GRT de l'apparition d'oscillations de puissance pénalisant leur réseau de transport.
- Estimation d'état à partir de mesures de phaseurs « PMUinSE » (*PMU Assisted State Estimator*): l'estimateur d'état de Network Manager peut se servir des données PMU pour améliorer sa précision.

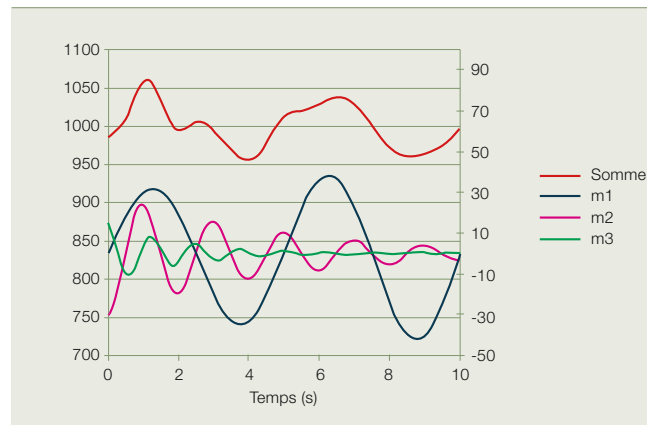
Notons que POM et PMUinSE sont parmi les dernières applications WAMS en date [3].

La solution Network Manager SCADA/EMS d'ABB remplit une panoplie de fonctions indispensables à l'exploitation des systèmes électriques: téléconduite et supervision évoluée des ouvrages de production, de transport et de distribution d'énergie.

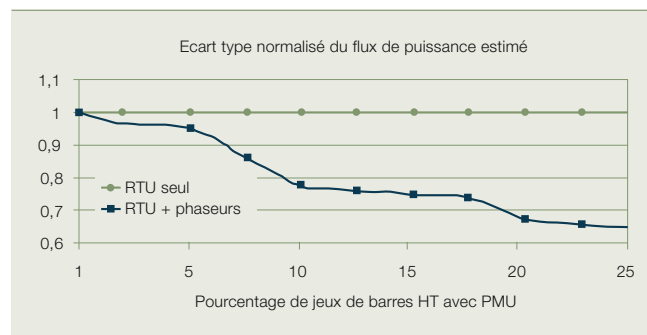
#### POM

Les oscillations de puissance sont des phénomènes redoutés des réseaux électriques: elles sont dues à l'interaction des alternateurs, centrales ou groupes de production qui jalonnent le système de transport.

5 Oscillations de puissance multimodes : la courbe rouge représente les oscillations mesurées (échelle de gauche) et m1, m2 et m3, les modes oscillatoires du signal mesuré (échelle de droite)



6 Amélioration de l'estimation d'état avec le nombre de mesures PMU (expériences menées sur un système à 39 jeux de barres)



Les multiples possibilités d'interaction de ces ouvrages font d'ordinaire que les oscillations de puissance surviennent dans plusieurs modes ayant chacun sa fréquence. Les réseaux constitués de longues lignes radiales, avec une production éloignée des centres de consommation, sont le siège privilégié de ces oscillations qui restent toutefois anodines tant qu'elles sont faibles et s'amenuisent rapidement. A l'inverse, des oscillations soutenues ou croissantes exigent l'intervention immédiate de l'exploitant.

Les superviseurs actuels n'ont pas la résolution temporelle permettant d'afficher ces oscillations en temps réel; par contre, la haute résolution des mesures WAMS peut parfaitement les discerner, avec le traitement de signal approprié.

POM est une application brevetée qui détecte et repère les oscillations de puissance; elle peut isoler les modes dominants présents dans une oscilla-

tion et ne cibler que ceux qui posent problème. Voyons, par exemple, l'oscillation de puissance hypothétique du graphique 5 (tracé rouge): à elle seule, cette information ne permet pas de dire si la situation est inquiétante ou non. Par contre, l'application POM est capable d'identifier les différents modes oscillatoires en présence; en l'occurrence, trois sont ici actifs, à savoir m1, m2 et m3. De plus, m1 augmente d'amplitude et requiert donc l'attention de l'opérateur. C'est cette faculté d'acquisition et d'affichage de l'information en temps réel qui constitue une réelle percée dans la surveillance de la stabilité d'un système électrique. POM équipe plusieurs réseaux dans le monde, dont le Thaïlandais EGAT (*Electricity Generating Authority of Thailand*), le Finnois Fingrid, le Croate Hrvatska Elektroprivreda, le Suisse Swissgrid et le Norvégien Statnett (pour le détail, cf. [4] et [5]).

#### PMUinSE

Les mesures de tension et d'intensité effectuées par un superviseur procurent au GRT un instantané statique de l'état d'un réseau. Or elles sont souvent entachées d'erreurs (dérives, télémesures incorrectes). Les estimateurs d'état sont alors utilisés pour trouver la meilleure adéquation statistique des tensions de jeux de barres aux mesures de la supervision et au modèle du réseau. L'estimateur d'état étant la pièce maîtresse du système EMS, chacune de ses améliorations lui seront en tous points bénéfiques (analyses d'incidents et opérations de marché, par exemple). L'intégration des mesures précises des PMU dans Network Manager, en augmentant la base de données temps réel pour prendre en compte les phaseurs de tension et de courant, permet à ABB d'affiner l'estimation d'état (pour le détail technique de cette extension, cf. [6]).

6 montre bien que la précision de l'estimateur d'état augmente à mesure que le réseau s'équipe de PMU. Certes, le taux de pénétration des PMU

## Systèmes

dans le transport électrique est encore très bas, mais on s'attend à ce qu'il « explose » dans les 5 à 10 ans à venir avec la modernisation des IED de mesure par l'ajout de fonctions PMU et l'installation de nouveaux appareils PMU dans le système. Il y a fort à parier que l'insertion des mesures

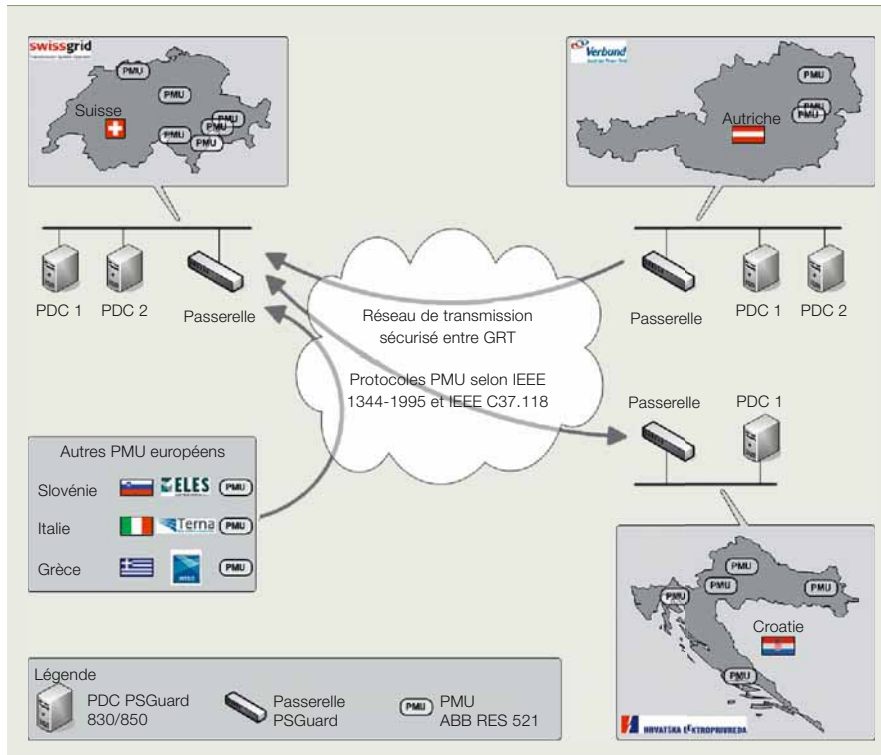
de phaseurs dans l'estimation d'état deviendra vite la norme.

### Travaux pratiques

ABB bénéficie d'une solide expérience des appareils de mesures de phaseurs et de leur mise en œuvre, avec plus de 200 RES 521 installés dans le monde

et des WAMS en Autriche (APG), Croatie (HEP), Finlande (Fingrid), Norvège (Statnett), Suisse (Swissgrid) et Thaïlande (EGAT). Les installations européennes échantent également des mesures de phaseurs sélectives, en temps réel, par le biais de passerelles **7**; ces données servent à surveiller les oscillations de puissance et les différences d'angle de phase de tension dans toute l'Europe.

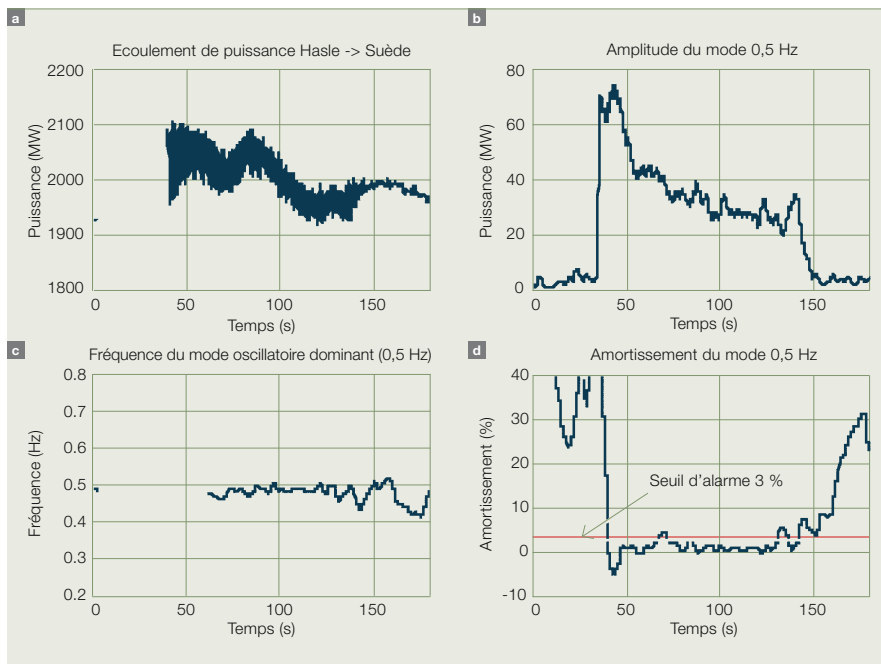
**7** Echanges de données WAMS en Europe



La première installation pilote cumulant la surveillance de réseaux à grande échelle WAMS et le gestionnaire Network Manager est opérationnelle chez le Norvégien Statnett depuis 2007, avec des PMU installés dans 4 postes électriques **9**. Les mesures provenant de Finlande sont collectées par la passerelle de Fingrid. Le concentrateur PDC de Statnett met en pratique l'analyse de l'écoulement de puissance POM sur les lignes partant du poste de Hasle pour aboutir en Suède. Grâce au logiciel LabVIEW de National Instruments, Statnett a également développé son propre applicatif d'analyse pour accéder en simultané aux données des superviseurs SCADA, des applications WAMS et des enregistreurs de transitoires, se dotant ainsi d'un très puissant outil d'analyse de défaut *a posteriori* (pour le détail, cf. [7]).

En Europe, l'initiative *SmartGrids* pose les jalons des réseaux électriques de demain pour lesquels la surveillance WAMS est l'une des solutions phares.

**8** Réponses du module de suivi des oscillations de puissance POM au 14/08/07



### Constat

L'incident survenu le 14 août 2007 sur le réseau de transport norvégien est un exemple édifiant d'oscillations de puissance enregistrées par le WAMS de Statnett. Ce jour là, l'action conjuguée d'une coupure de ligne et d'une mauvaise répartition de la production provoqua de fortes oscillations de puissance dans le système électrique. Les signaux détectés par POM sont reproduits en **8** : mesure de l'écoulement de puissance entre la Norvège et la Suède **8a** et fréquence du mode oscillatoire dominant **8c**. On constate que le mode 0,5 Hz, caractéristique

du système électrique scandinave, est excité et constitue le mode prévalent du signal, dont l'amplitude est tracée en 8b. Celle-ci augmente vertigineusement dans les 35 s suivant l'apparition des oscillations. L'amortissement du mode 0,5 Hz est représenté en 8d : il chute brutalement à une valeur négative, pour se stabiliser à un niveau très faible tant que les oscillations persistent. Les signaux de sortie POM peuvent s'associer à un superviseur pour fournir à l'opérateur des signalisations simples sur apparition des oscillations.

Autre aspect d'intérêt : même si ces oscillations de puissance ont pour origine un point situé approximativement à mi-chemin entre les postes de Fardal

et de Nedre Røssåga, donc très loin de l'interconnexion sud avec la Suède, elles sont facilement détectées par POM. On peut ainsi observer la stabilité de l'ensemble du réseau en déployant, en des endroits stratégiques, des PMU et des applications POM surveillant des postes électriques clés (pour le détail de l'incident, cf. [8]).

#### Tracer tout droit

L'industrie s'ouvre progressivement aux avantages de la surveillance de réseaux à grande échelle. Il en découle un fabuleux potentiel de développement des mesures de phaseurs synchronisées dans l'exploitation des systèmes de transport électrique. Les initiatives se multiplient pour faire progresser la technologie WAMS : en

Europe, *SmartGrids* pose les jalons des réseaux électriques de demain pour lesquels la surveillance WAMS est l'une des solutions les plus en vue ; l'institut de recherche américain EPRI (*Electric Power Research Institute*) mène le projet *IntelliGrid* visant à jeter les bases techniques du déploiement massif de ces concepts ; de même, le programme NASPI (*North American Synchrophasor Initiative*) entend accroître l'implantation des WAMS et accélérer le développement de nouvelles applications améliorant la fiabilité opérationnelle des réseaux électriques.

Précurseur du domaine, ABB ne ménage pas ses efforts de recherche-développement pour doper des technologies comme WAMS, capables de faciliter et de renforcer le suivi et la conduite des réseaux de transport électrique. Pour conforter cette ambition de longue date, ABB propose un catalogue complet de produits de surveillance de réseaux à grande échelle : PMU, PDC, WAMS/Network Manager/SCADA intégrés, systèmes autonomes et solutions associées aux SCADA d'autres marques.

#### Albert Leirbukt

ABB Power Systems  
Oslo (Norvège)  
albert.leirbukt@no.abb.com

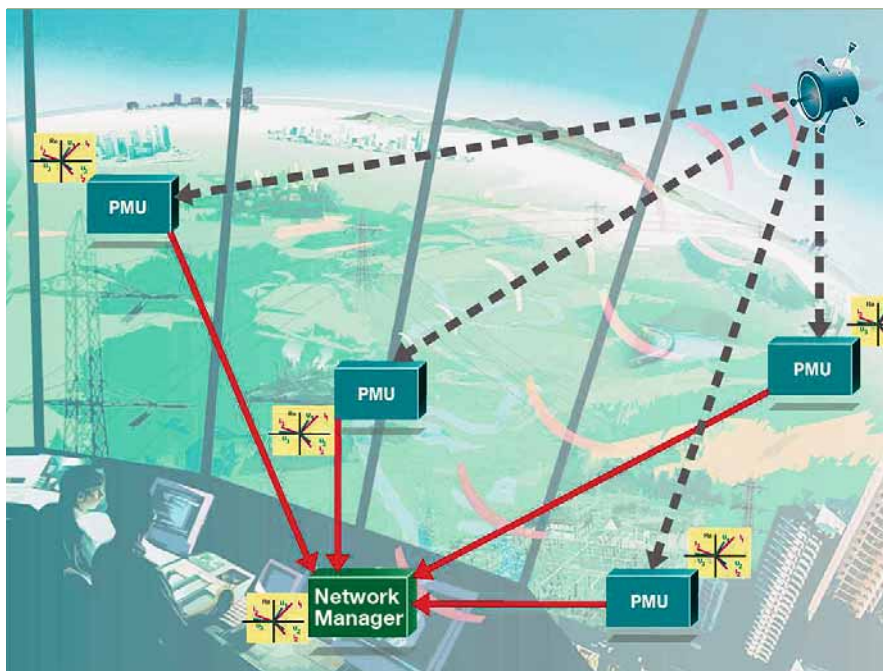
#### Ernst Scholtz

ABB Corporate Research  
Raleigh, NC (Etats-Unis)  
ernst.scholtz@us.abb.com

#### Sergiu Paduraru

ABB Power Systems  
Västerås (Suède)  
sergiu.paduraru@se.abb.com

8 Appareils de mesures de phaseurs PMU



#### Remerciements

Nous tenons à saluer Mats Larsson, Petr Korba, Reynaldo Nuqui, Neela Mayur, Michael Geiger et Hugo Meier pour leur contribution à cet article.

#### Bibliographie

- [1] Novosel, D., Madani, V., Bhargava, B., Vu, K., Cole, J., *Dawn of the Grid Synchronization*, IEEE power & energy magazine, January/February 2008
- [2] Weibel, M., Sattinger, W., Steinegger, U., Zima, M., Biedenbach, G., *Overhead Line Temperature Monitoring Pilot Project*, CIGRE Session, 2006
- [3] North American Synchro-Phasor Initiative Meeting, Bellevue, Washington, <http://www.naspi.org/meetings/workgroup/workgroup.stm>, June 11–12, 2008
- [4] Korba, P., *Real-Time Monitoring of Electromechanical Oscillations in Power Systems*, IEE Proceedings of Generation Transmission and Distribution, vol. 1, p. 80–88, 2007
- [5] Turunen, J., Larsson, M., Korba, P., Jyrinsalo, J., Haarla, L., *Experiences and Future Plans in Monitoring the Inter-area Power Oscillation Damping*, IEEE PES General Meeting, 2008
- [6] Scholtz, E., Nuqui, R. F., Finney, J. D., Larsson, M., Subramanian, M., Lin, G., *Estimation of Real-Time Power System Quantities using Time-Synchronized Measurements*, US Patent Application 11/609,393
- [7] Leirbukt, A., Bredablik, J. Ø., Gjerde, J. O., Korba, P., Naccarino, J., Uhlenand, K., Vormedal, L. K., *Deployment of a SCADA Integrated Wide Area Monitoring System*, IEEE T&D, Latin America, 2008
- [8] Uhlen, K., Warland, L., Gjerde, J. O., Bredablik, J. Ø., Uusitalo, M., Leirbukt, A., Korba, P., *Monitoring Amplitude, Frequency and Damping of Power System Oscillations with PMU Measurements*, IEEE PES General Meeting, 2008

# Plongée sous-marine

*HVDC Light*<sup>®</sup> relie à terre le plus grand parc éolien marin au monde

Jochen Kreusel

Les énergies renouvelables (EnR), non émettrices de CO<sub>2</sub>, connaissent une progression rapide dans le monde entier. L'Allemagne, grand pays industrialisé et champion de la filière, ambitionne d'accroître leur part dans son bouquet énergétique de 13 % à l'heure actuelle à 25-30 % d'ici à 2030. Reste un obstacle majeur: implanter ces EnR en haute mer! L'Allemagne table en effet sur l'éolien maritime pour assurer une bonne partie de cette production renouvelable. Dès la fin 2006, le cadre législatif et réglementaire permettant de concrétiser ces ambitions était en place, tandis que fleurissaient des projets éoliens totalisant plus de 15 000 MW au large des côtes des mers du Nord et Baltique, le premier de ces parcs étant en cours de réalisation. Mais comment faire pour que l'électricité « marine » rejoigne la terre ferme ?



Dans ce domaine, l'Allemagne avance en terre inconnue : à titre comparatif, les parcs éoliens britanniques et scandinaves sont nettement plus près du rivage que les sites allemands en mer du Nord, qui doivent s'ériger à plus de 100 km pour éviter les eaux peu profondes soumises à l'influence de la marée **1**. Or l'emploi de câbles sous-marins triphasés est, tant financièrement que techniquement, inadapté à pareilles distances. C'est pourquoi les liaisons sous-marines scandinaves, par exemple, et celles qui relient la région à l'Europe continentale, utilisent des systèmes en courant continu à haute tension (CCHT). Une solution éprouvée qu'il est hélas impossible d'adopter pour le raccordement au réseau terrestre des parcs éoliens maritimes!

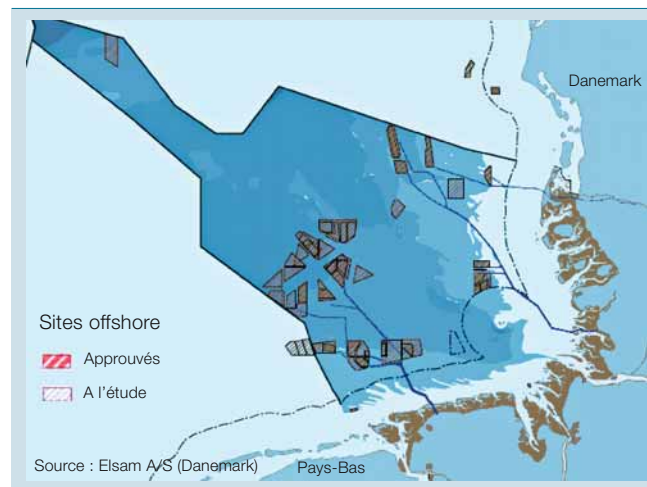
En effet, le transport CCHT classique, à base de thyristors, nécessite une puissance de court-circuit pour assurer la commutation ou « blocage » des thyristors, qui doit être fournie par les réseaux environnants. Cette contrainte est tout à fait assumée par les interconnexions Scandinavie-Europe continentale et les liaisons de grand transport en Chine et en Amérique du Sud, où abondent les applications CCHT. Mais pour un parc éolien marin qui, d'une part, n'est pas adossé à un puissant réseau, et d'autre part, doit être capable de démarrer sans être alimenté, l'inaptitude au « recouplage rapide après défaut » est un écueil majeur.

### HVDC Light® et grand éolien

L'innovation du « CCHT auto-commuté » vient à la rescousse. Bâtie sur la nouvelle génération de transistors bipolaires à grille isolée « IGBT », cette solution ABB, commercialisée dès le milieu des années 1990 sous l'appellation *HVDC Light*®, s'impose aujourd'hui dans quantité de projets à des niveaux de puissance régulièrement croissants : dernier record en date, 1 100 MW!

Les transistors de puissance IGBT utilisés dans ces applications CCHT auto-

**1** Projets de parcs éoliens allemands en mer du Nord



commutées sont, contrairement aux thyristors des systèmes classiques, capables non seulement de commuter à l'amorçage mais aussi au blocage ; ils peuvent donc servir à la modulation de largeur d'impulsions (MLI) qui, comparée au CCHT traditionnel, permet de bien mieux approcher la tension sinusoïdale et, donc, de lever bon nombre de contraintes de filtrage. Trois propriétés se conjuguent pour faire de HVDC Light la solution idéale de raccordement des parcs éoliens offshore :

#### Fourniture illimitée de puissance réactive

Les convertisseurs HVDC Light peuvent fournir n'importe quelle combinaison de puissance active/réactive, dans leurs limites assignées, rapidement et sans la gradation qui caractérise un système traditionnel **2**. Ils assurent ainsi toutes les fonctions d'un compensateur statique de puis-

sance réactive, commandable aux deux extrémités d'un système de transport. Dans le cas des liaisons de parcs éoliens, cela se traduit par la fourniture de puissance réactive au réseau offshore d'un parc et le soutien de la stabilité de tension, au point de raccordement ; les fortes puissances des parcs marins peuvent alors être injectées dans le réseau (souvent faible sur le littoral) sans affecter la compatibilité du système.

#### Reprise sur défaut

Le système de transport peut démarrer en autonome, en l'absence de vent par exemple.

#### Moins d'équipements de filtrage, plus de place

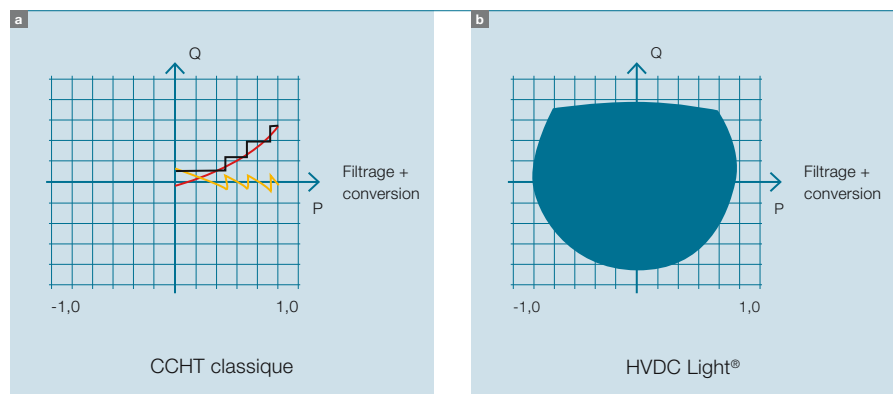
Par rapport au CCHT classique, la plate-forme offshore peut être beaucoup plus petite et nettement moins lourde.

Pour un parc éolien marin, l'inaptitude au « recouplage rapide après défaut » est un écueil majeur.

#### Record mondial

Autre avantage du CCHT auto-commuté : l'emploi de câbles en polymère simples, légers et écologiques, puisque les pointes de tension de la liaison CC, en CCHT classique, n'exis-

**2** Diagrammes P-Q des systèmes CCHT classique **a** et auto-commuté HVDC Light **b** : celui-ci peut contrôler rapidement et en continu chaque point des 4 quadrants.



## Systèmes

tent plus. De surcroît, les convertisseurs CCHT sont aujourd'hui des équipements modulaires, en grande partie préfabriqués, ce qui accélère le couplage des projets éoliens au réseau, comme en témoigne l'inauguration, fin 2006, de la liaison Estlink entre la Finlande et l'Estonie, réalisée en à peine 20 mois : un record pour le transport CCHT [1]!

Le CCHT auto-commuté, bâti sur la nouvelle génération de transistors de puissance, fut commercialisé dès le milieu des années 1990 sous l'appellation HVDC Light®.

### Feu vert dans le grand bleu

Dès l'été 2007, tous les prérequis techniques au lancement de la construction du réseau offshore en mer du Nord étaient remplis. E.ON Netz put alors lancer son appel d'offres pour la première liaison de raccordement au mégaparc commercial Borkum 2. Lorsque s'achèveront les projets éoliens de la région, le réseau avoisinera une puissance de 6 300 MW.

Les autorités allemandes ayant confié aux gestionnaires du transport électrique le rattachement au réseau de ces parcs marins<sup>1)</sup>, la liaison peut être optimisée indépendamment des sites éoliens concernés [2]: Borkum 2

bénéficiera ainsi de plusieurs « connexions marines » auxquelles se raccorderont les parcs achevés. C'est à ABB que revient la fourniture de la première de ces connexions, sur une liaison HVDC Light de 400 MW : 128 km de câble sous-marin et 75 km de câble souterrain relieront cette première jonction de parcs éoliens pour les coupler au réseau de transport terrestre, à hauteur du poste de transformation de Diele 3.

La pose des câbles souterrains de la liaison CC à ± 150 kV a débuté en juin 2008. Leur très faible diamètre (environ 8 cm, comme pour tout système HVDC Light) est manifeste 4; ils sont ensouillés à près de 90 cm de profondeur, dans des tranchées de 750 m de long, avec protection plastique.

Le couplage au réseau sera opérationnel en 2009: sa réalisation aura donc été aussi rapide que la liaison Estlink Finlande-Estonie. Il est prévu de déployer progressivement cette première liaison à mesure que le site éolien prendra de l'ampleur. Le schéma 5 illustre le principe de base de ce raccordement, exécuté par l'énergéticien E.ON, sous sa responsabilité. Chaque parc a sa propre plate-forme de transport vers laquelle convergent les câbles de 30 kV provenant des éoliennes. Une assez courte longueur de câbles triphasés haute tension relie ces plates-formes aux « connexions E.ON » où le courant alternatif est converti en continu. Dans le même temps, la station de conversion est

en mesure de couvrir les besoins de puissance réactive du réseau offshore. Plusieurs connexions E.ON et liaisons HVDC Light peuvent être reliées en mer par un jeu de barres triphasé permettant d'ajouter à l'existant d'autres systèmes de transport parallèles, au gré des extensions futures.

Lorsque s'achèveront les projets éoliens de Borkum 2 en mer du Nord, le réseau avoisinera une puissance de 6 300 MW.

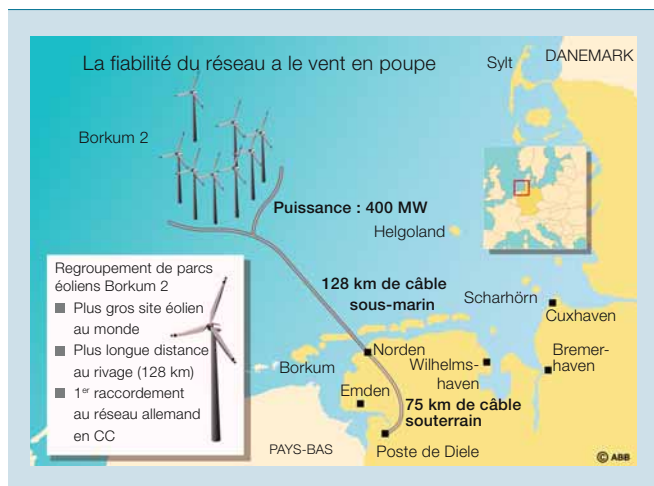
### Soutien à terre

On a donc trouvé la solution pour rapatrier l'électricité produite au large des côtes allemandes. Or les obstacles empêchant d'atteindre les objectifs de la politique énergétique du gouvernement fédéral ne sont pas pour autant levés: en effet, tous les consommateurs ne vivent pas sur le littoral du nord de l'Allemagne ni au cœur d'une des plus fortes concentrations urbaines et industrielles du monde, la Ruhr, où de nouvelles centrales thermiques sont en construction pour renforcer le parc de production, dépassant ainsi les besoins effectifs de la région. A l'inverse, le sud et le sud-ouest du pays, toujours alimentés par de nom-

### Note

<sup>1)</sup> Cf. *Infrastrukturplanungsbeschleunigungsgesetz* (loi sur l'accélération de la planification des infrastructures)

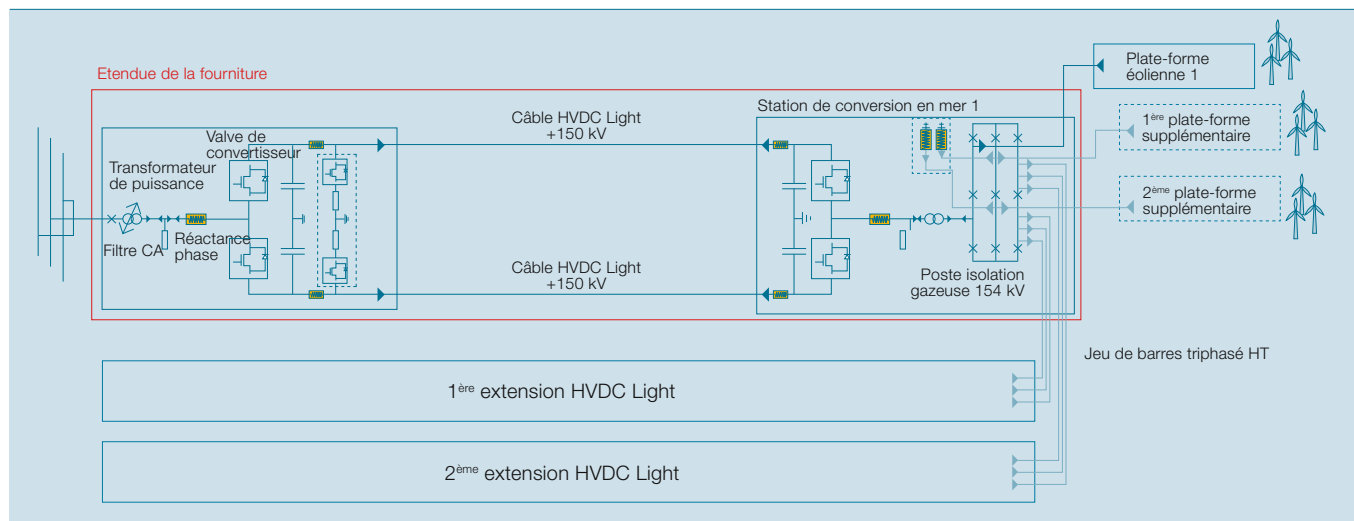
3 Raccordement au réseau terrestre allemand du mégaparc marin Borkum 2



4 Pose des premiers tronçons de câble 400 MW/150 kV dans la région d'Aurich (Basse-Saxe), en juin 2008



## 5 Principe d'extension du raccordement réseau de Borkum 2



breuses centrales nucléaires, nécessitent des capacités supplémentaires.

A l'avenir, le réseau allemand devra plus que jamais se concentrer sur le transport. Première mesure allant dans ce sens : la modernisation, d'ici à 2015, du réseau 400 kV existant, que préconise l'agence allemande de l'énergie DENA [3]. Au demeurant, l'Allemagne nécessitera également une infrastructure de transport dédiée, avec des câbles longue distance complétant le plan de modernisation. Techniquement, cette infrastructure « superposée » prendrait la forme d'un réseau triphasé à très haute tension (jusqu'à 800 kV) doublé de câbles CCHT prédestinés au transport longue distance, qui présentent l'avantage de faibles pertes en ligne, sans avoir besoin de puissance réactive.

C'est à ABB que revient la fourniture de la première « connexion sous-marine », sur une liaison HVDC Light de 400 MW.

Il semble bien que le raccordement au réseau du grand éolien Borkum 2 montre la voie à suivre : le câble CC n'échoue pas sur le littoral, dépourvu de point de raccordement approprié, mais poursuit sa course sur une distance de 75 km dans les terres pour

atteindre un poste de livraison. Ce cheminement préfigure la mise en œuvre des premiers câbles CC longue distance, dans le réseau de transport européen : une orientation partagée par le gouvernement fédéral dans son projet de loi sur l'accélération de la modernisation des réseaux THT, où les systèmes CCHT figurent en bonne place pour acheminer l'électricité vers le sud de l'Allemagne [4].

#### Jochen Kreusel

ABB AG  
Mannheim (Allemagne)  
jochen.kreusel@de.abb.com

#### Bibliographie

- [1] Ronström, L., Hoffstein M.L., Pajo, R., Lahtinen M., *The Estlink HVDC Light® Transmission System, Security and Reliability of Electric Power Systems*, Communication présentée au CIGRÉ Regional Meeting, Tallinn, juin 2007
- [2] *Bundesgesetzblatt, Gesetz zur Beschleunigung von Planungsverfahren für Infrastrukturvorhaben*, I, 2833, Berlin, 9 décembre 2006
- [3] *Deutsche Energie-Agentur, Dena grid study*, Cologne, 2004
- [4] *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Entwurf eines Gesetzes zur Beschleunigung des Ausbaus der Höchstspannungsnetze*, Berlin, 18 juin 2008



# Protection obligatoire

ABB et la sécurité intégrée 800xA

Kristian Olsson

La sécurité est un élément capital du fonctionnement d'un site industriel : à l'évidence, rien ne doit constituer une menace pour le personnel ! Cela dit, ses retombées peuvent déborder du cadre de la simple protection des biens et des personnes. Un exemple : le battage médiatique autour d'un accident est lourd de conséquences pour l'entreprise en cause... quand ce n'est pas pour toute la filière.

Avec la complexité croissante des procédés et le foisonnement des

fabricants, systèmes et équipements en jeu, garantir la sécurité globale et optimale d'un site est une gageure. Pour ABB, le système de sécurité du futur n'est plus une « pièce rapportée » conçue et fournie séparément du reste de l'installation ou du procédé : il doit totalement se fondre dans l'existant.

C'est pourquoi son système de sécurité à haute intégrité Industrial<sup>IT</sup> est indissociable de sa plate-forme d'automatisation étendue 800xA.

Selon une étude prospective d'ARC Advisory Group [1], le marché mondial de la sécurité continuera de progresser à un rythme d'environ 12,5% par an, jusqu'en 2012. Cette envolée de la demande, attisée par les secteurs du pétrole, du gaz et de la pétrochimie, est accentuée par le durcissement de la réglementation et l'adoption mondiale des normes CEI 61508 et CEI 61511 qui tiennent lieu de « meilleures pratiques » dans les domaines ne relevant pas habituellement de la sécurité process.

La sécurité ne se cantonne plus aux marchés traditionnels des systèmes de détection d'incendie, de gaz et d'arrêt d'urgence des process pétrogaziers et chimiques. Elle investit d'autres filières comme la production d'énergie, le papier, l'extraction minière et même l'industrie des semi-conducteurs, couvrant des applications classiques de

gestion des chaudières et brûleurs à la manutention des matières dangereuses et à la protection des actifs industriels.

**La sécurité est, par essence, un élément stratégique d'un système d'automatisation industrielle.**

Outre la pression réglementaire et l'adhésion croissante aux référentiels CEI 61508/61511, le déploiement massif de la sécurité n'est pas seulement motivé par la médiatisation des problématiques sécuritaires et environnementales (sources de risque pour la réputation de l'industriel); c'est aussi un moyen d'alléger les primes des compagnies d'assurance qui s'appuient sur l'arsenal normatif pour évaluer et comparer les mesures de réduction des risques d'un site.

### ABB et la sécurité

Depuis la mise en service, en 1979, de son premier système de sécurité sur la plate-forme pétrolière Statfjord B en mer du Nord, ABB a acquis près de 30 ans d'expérience dans la sécurité industrielle. C'est à sa longue et solide présence sur le plateau continental norvégien que le Groupe doit sa stature de grand fournisseur de systèmes de sécurité; cette expérience est d'ailleurs à l'origine de l'élaboration et de la mise en œuvre des premiers standards de sécurité norvégiens, bien avant qu'entre en scène la normalisation internationale.

Entre-temps, ABB a produit plusieurs générations de systèmes de sécurité, depuis l'offre *Safeguard* mise au point en Norvège, en passant par la solution *Plantguard* à triple redondance modulaire, pour aboutir récemment au système modulaire et évolutif *800xA High Integrity*.

Celui-ci appartient à la dernière génération de systèmes de sécurité qualifiés d'« intégrés » du fait de leur aptitude à s'associer étroitement à la conduite de procédé classique. Près de 25 années se sont ainsi écoulées depuis la mise en service, en 1984, d'un système de sécurité intégré sur la plate-forme Gullfaks A: une réalisation dont s'enorgueillit ABB!

La sécurité est, par essence, un élément stratégique d'un système d'automatisation industrielle; à ce titre, elle doit pouvoir à tout moment compter sur une assistance qualifiée, partout dans le monde. L'imposante présence d'ABB sur tous les continents, avec des ingénieurs spécialisés dans la sécurité, garantit aux utilisateurs un support de pointe, 24 heures sur 24, pour les aider à maximiser le taux d'engagement de leurs installations. La confiance des clients est aussi le fruit d'une démarche globale de certification par l'organisme neutre et indépendant TÜV Rheinland attestant la conformité CEI 61508/61511; 16 entités de fourniture et de support locales ABB, dans le monde entier [3], sont actuellement concernées. Les systèmes de sécurité ABB, installés dans plus de 45 pays, témoignent de la forte implantation locale du Groupe et d'une adéquate répartition de ses compétences.



## Systèmes

Fournisseur de produits de sécurité, ABB doit relever un double défi : toujours aller de l'avant pour développer son offre en adéquation avec les exigences du client et le souci de créer de la valeur ; rester très attentif à la conformité normative. Pour ABB, la sécurité prime. Des méthodes de développement en V<sup>1)</sup>, de stricts principes de codage, des équipes diversifiées et une stratégie pluridisciplinaire garantissent une démarche structurée, à tous les stades du développement.

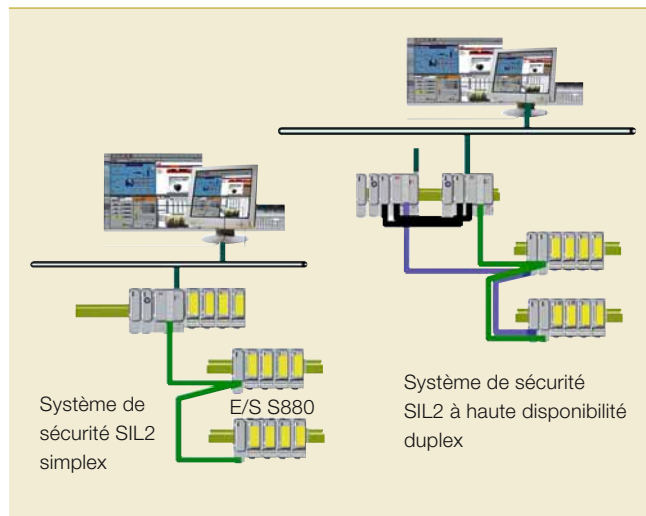
La conception des produits de sécurité permet aujourd'hui d'atteindre des niveaux de fiabilité conformes aux prescriptions normatives, sans recourir à des redondances matérielles complexes.

La surveillance continue exercée par les auditeurs TÜV renforce la confiance de l'utilisateur.

### Consensus

Avec la multiplication des systèmes de sécurité au cours des dernières années, les utilisateurs commencent à en cerner parfaitement les possibilités et limites, et à réclamer des améliorations ! La quête de réduction du coût

1 Systèmes de sécurité simplex et duplex



de possession (ou « coût global ») et de progrès des performances opérationnelles et techniques marque le passage de systèmes et pratiques traditionnellement cloisonnés à une approche intégrée, dans la mouvance des cabinets de conseil indépendants comme l'ARC [4]. Parallèlement, le poids de la normalisation internationale et les préoccupations sécuritaires grandissantes de plusieurs groupes d'intérêt incitent les fournisseurs de produits et systèmes de sécurité à tenir compte de nouvelles idées et exigences, tout en restant attentifs aux questions de conformité.

Le cadre normatif de la CEI 61508 et de la CEI 61511 procure aux fournisseurs des principes directeurs clairs et les meilleures pratiques « métier » de développement et d'optimisation de leur offre de sécurité. Il permet aussi aux utilisateurs finaux de comparer

efficacement les fonctions de réduction des risques, sans pour autant leur ôter la responsabilité de l'exploitation sûre de leur site. En demandant un système de sécurité certifié SIL2 ou SIL3<sup>2)</sup>, l'utilisateur se dote d'un niveau d'atténuation des risques clairement explicité.

De tout temps, les systèmes de sécurité étaient conçus comme des systèmes totalement autonomes, la réduction des risques étant assurée par des redondances matérielles et le cloisonnement entre contrôle-

commande du procédé et sécurité. Les progrès logiciels et matériels, de même que les techniques de fabrication actuelles, garantissent une fiabilité accrue des équipements ainsi qu'une couverture du diagnostic proche de 100 %. La conception des produits de sécurité permet aujourd'hui d'atteindre des niveaux de fiabilité conformes aux prescriptions normatives, sans recourir à des redondances matérielles complexes. D'où le développement de systèmes modulaires et évolutifs intégrant contrôle-

### Notes

<sup>1)</sup> Modèle de développement de projet informatique suivant un cycle en V avec, sur la branche gauche, les différents jalons de la conception et de la réalisation (définition, spécification...) et, sur la branche droite, les tests correspondants.

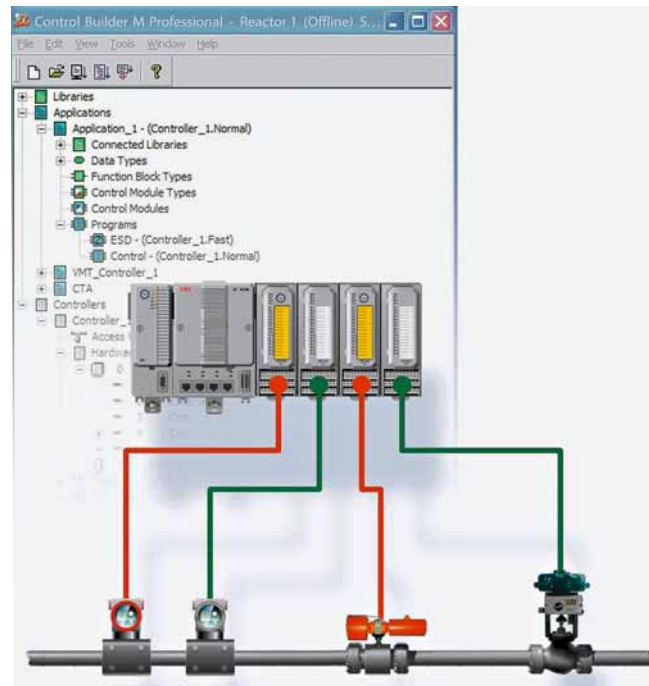
<sup>2)</sup> Niveau d'intégrité que doit avoir le système de sécurité : plus le SIL est élevé, plus la réduction du risque est importante (SIL3 étant le plus haut niveau habituellement atteint dans l'industrie des procédés).



commande et sécurité en modes simplex et duplex [5], sans compromettre la sécurité ou la continuité de service de l'outil de production [5]. Tout en demeurant 100% conformes aux normes de sécurité internationales, ces produits s'apparentent de plus en plus aux systèmes de contrôle-commande classiques et conviennent donc bien aux solutions intégrées. Résultat : les systèmes de sécurité sont de moins en moins appelés à être achetés séparément mais davantage comme des composants clés, résolument intégrés à des solutions d'automatisation complètes. L'évolution du marché opère une nette distinction entre offreurs de systèmes de sécurité intégrés et fournisseurs traditionnels de solutions de contrôle-commande et de sécurité isolées.

Malgré la montée en puissance des systèmes de commande de procédés et de sécurité, le facteur humain reste un critère indissociable du fonctionnement d'un site : opérateurs, techniciens de maintenance et ingénieurs jouent un rôle important dans la réduction globale des risques industriels [6], et les aspects opérationnels des systèmes de sécurité sont étudiés à la loupe. L'un des moteurs de cette démarche réside dans la réduction des coûts de fonctionnement sur tout le cycle de vie du système. Or ces gisements d'économies, certes considérables, occultent souvent les questions *réelles* qui animent le débat sur la sécurité. Dans une industrie confrontée à des systèmes toujours plus complexes, l'atomicité des fournisseurs et le vieillissement des compétences augmentent le risque d'erreurs fatales à la sécurité du site. Une parade évidente consiste à réduire à la fois la complexité et le nombre de systèmes employés, précisément par l'intégration des systèmes de contrôle-commande et de sécurité de même nature.

Nombreux sont les nouveaux systèmes de sécurité à renforcer intégration et évolutivité. Ils sont conçus pour faciliter et optimiser la conception des systèmes, leur développement, leur



exploitation et leur maintenance tout en permettant d'adapter leur conception et principes d'intégration à la politique de sécurité fonctionnelle du site. Une bonne intégration des systèmes de sécurité en réduit le coût global et, surtout, en sécurise l'exploitation. Un développement efficace, une meilleure compréhension du système et une assistance technique ont une incidence sur la performance du site et sa sécurité.

**Malgré la montée en puissance des systèmes de commande de procédés et de sécurité, le facteur humain reste un critère indissociable du fonctionnement d'un site.**

Bien des fournisseurs de grands systèmes de contrôle-commande de procédés proposent des systèmes de sécurité intégrés en complément de leur offre d'automatismes répartis. Il existe pourtant des distinctions subtiles mais notables dans les niveaux d'intégration assurés [7] : certaines solutions sont en effet plus intégrées que d'autres, la disparité se retrouvant dans l'importance des baisses de coût global.

### 800xA High Integrity

Le contrôleur 800xA à haute intégrité (solveur logique), qualifié SIL2, et ses E/S sont commercialisés depuis fin 2004 : plus de 1 000 ont été livrés à ce jour, dans quelque 35 pays.

Grâce aux développements réalisés en 2008, la plateforme 800xA High Integrity sera qualifiée SIL3 à la fin de l'année pour élargir son champ d'action : bien que la majorité des applications sécuritaires se contente de SIL2, il est d'usage chez les utilisateurs exploitants de stipuler « certification SIL3 » dans leur cahier des charges pour s'assurer l'évolutivité du système. 800xA High Integrity appartient précisément à cette

ultime génération de systèmes modulaires et adaptables. La récente version SIL3 est bâtie sur une configuration système baptisée « 1oo2D », le D de « diagnostic » soulignant l'importance accordée aux diagnostics internes permettant de détecter les défauts. Le système est certifié SIL3 dans une configuration simple. Les configurations doubles (redondance) ne servant qu'à accroître la disponibilité, la sécurité est garantie dans tous les cas de figure.

800xA High Integrity est certes un système de sécurité intégré, mais ce n'est là qu'une des configurations envisageables ; conçu d'emblée pour pouvoir fonctionner en autonome, son intégration dans une commande de procédés n'est en effet qu'une des possibilités offertes aux utilisateurs. Si l'on en croit l'évolution du marché, ils sont de plus en plus nombreux à opter pour des systèmes intégrés et à en tirer profit. En bénéficiant de nombreuses similitudes et d'une réelle intégration avec les segments contrôle-commande de la plate-forme d'automatisation étendue 800xA, les utilisateurs de 800xA High Integrity profitent de fortes baisses de coût global, grâce à la réduction ou à la suppression de plusieurs facteurs de coût liés à l'intégration des systèmes de sécurité.

Durée et coût d'étude sont diminués moyennant un environnement de

## Systèmes

développement commun au contrôle-commande et à la sécurité, renforçant ainsi l'efficacité des procédures de travail tout au long de la vie du système. Ces gains s'observent depuis la conception et le développement applicatif jusqu'à la mise en service et aux modifications ultérieures permettant d'affiner et d'étoffer éventuellement le système, en fonction des exigences futures.

Aidés de fonctions courantes de consigne au fil de l'eau et de traitement d'alarmes, les opérateurs sont en mesure d'analyser instantanément les événements dangereux et de prendre les décisions cruciales pour éventuellement les prévenir ou en atténuer les effets. En cas d'incident, ces mêmes fonctions et leur horodatage à la milliseconde constituent un puissant outil d'analyse *a posteriori*.

Une vaste panoplie de fonctions internes et configurables d'administration des accès et de contournement permet aux solutions sur mesure de n'importe quel site de gérer l'interaction des personnels d'exploitation et de maintenance avec le système de sécurité, sans entraver la sûreté de fonctionnement de l'usine ni provoquer de déclenchement intempestif.

La grande similitude des matériels et logiciels de contrôle-commande et de sécurité en place réduit d'autant les besoins de formation, renforce la compréhension du procédé et en élimine la complexité : de quoi bais-

ser, là encore, le coût global du système.

Autre piste de développement : la mise à profit des puissants outils et fonctions 800xA de gestion de l'information et des actifs industriels, et leur transposition dans un contexte sécuritaire. En outre, il faut savoir que la sécurité s'inscrit dans la durée de vie des automatismes et leur stratégie de mise à niveau et d'évolution visant à utiliser plus de composants 800xA. De nombreux sites sont obligés de mettre en place des mesures de réduction des risques, conformément aux normes, ou peuvent alléger la prime d'assurance en incluant des systèmes de sécurité dans leur solution d'automatisation globale. Partout où 800xA est implanté, sa solution High Integrity se greffe parfaitement aux automatismes existants.

#### Guichet unique

Si contrôleurs et E/S viennent automatiquement à l'esprit quand il est question de sécurité, il faut rappeler que bien d'autres composants interviennent dans la chaîne, du capteur à l'actionneur en passant par tous les maillons intermédiaires.

L'offre globale ABB comprend aussi bien des instruments et des commandes certifiés qu'une expertise rodée par des décennies de pratique dans les applications de sécurité.

Aussi ABB peut-il fournir une large gamme de capteurs, positionneurs de vanne et actionneurs SIL. Plusieurs solutions figurent au catalogue, du transmetteur à haute intégrité et redondance totale, conçu et certifié CEI 61508 par le TÜV, aux transmetteurs classiques offrant des capacités de diagnostic interne renforcées pour améliorer la fiabilité. Les positionneurs sont dotés d'un module d'arrêt permettant d'annuler au besoin la commande. Toutes ces possibilités s'accompagnent de calculs et mesures de performances relatives à la sécurité, effectués par des tiers, qui permettent d'évaluer la réduction des risques de la boucle.

La sécurité est au cœur des services d'ABB Global Consulting **Encadré** qui s'efforce en permanence de satisfaire

aux exigences des clients tout au long du cycle de vie d'un site et d'un procédé industriels, de la planification au démantèlement. L'offre couvre tous les stades du projet et du développement produit, ainsi que l'ensemble des problèmes de sécurité, à tous les échelons, de la direction à l'atelier.

#### Intégration totale

ABB a près de 30 ans d'expérience dans la sécurité industrielle ; son offre particulièrement concurrentielle est idéale pour répondre aux exigences et attentes des clients en matière de systèmes de sécurité intégrés de nouvelle génération. 800xA et sa sécurité à haute intégrité constituent une solution d'automatisation industrielle globale et cohérente, toutes applications confondues : un système résolument intégré équilibrant parfaitement fonctionnalités et sécurité pour permettre aux utilisateurs de minimiser le coût global de leurs installations sans compromettre leur sécurité.

#### Kristian Olsson

ABB AS, Safety Center of Excellence  
Oslo (Norvège)  
kristian.olsson@no.abb.com

**Encadré** Offre de conseil ABB Global Consulting en matière de sécurité

- Sécurité des procédés
- Analyse de risque et de fonctionnement (HAZOP)
- Analyse des dangers du procédé
- Gestion des zones dangereuses (ATEX/DSEAR)
- Facteurs humains
- Gestion d'alarmes
- Sécurité fonctionnelle
- Systèmes de gestion de la sécurité fonctionnelle (certifiés TÜV)
- Détermination et obtention du SIL
- Evolution des actifs industriels
- Mise en œuvre des systèmes instrumentés de sécurité (SIS)

#### Bibliographie

- [1] *Safety and Critical Control System Worldwide Outlook, Market Analysis and Forecast Through 2012*, ARC Advisory Group, 2008
- [2] *Complete Control And Safety For Statoil Sleipner Platform*, ABB Project Profile 3BNP000565R0001
- [3] **Nunns, S. R., Prew, R. W.**, *Safe and sound, ABB Review Special Report Process Automation Services & Capabilities*, p. 30-34, 2008
- [4] *Business Issues Driving Safety Systems Integration*, ARC White Paper, ARC Advisory Group, 2006
- [5] *Reduce Risk With A State-of-the-Art Safety Instrumented System*, ARC White Paper, ARC Advisory Group, 2004
- [6] *Out Of Control: Why Control Systems Go Wrong And How To Prevent Failure*, UK Health and Safety Executive
- [7] *Business Issues Driving Safety Systems Integration*, ARC White Paper, ARC Advisory Group, 2006



# Rien ne se perd . . .

Grâce au système 800xA d'ABB, les petites unités de production de bioéthanol restent dans la course

Marja-Liisa Parkkinen, Seppo Hakonen

Les biocarburants sont devenus incontournables : l'Union européenne (UE) impose, à l'horizon 2010, un taux d'incorporation de 5,75 % de « carburants verts » dans le secteur du transport. L'objectif final est de porter la part des carburants alternatifs à 20 % d'ici à 2020.

Ces perspectives ont inspiré la société finlandaise St1 Biofuels Oy<sup>1)</sup>, pionnière de la production d'éthanol à partir de déchets alimentaires collectés auprès d'industriels de la région. ABB a fourni les variateurs de vitesse nécessaires à ce procédé innovant ainsi que le système d'automatisation étendue Industrial<sup>IT</sup> 800xA.



Avec l'aimable autorisation de St1 Biofuels Oy

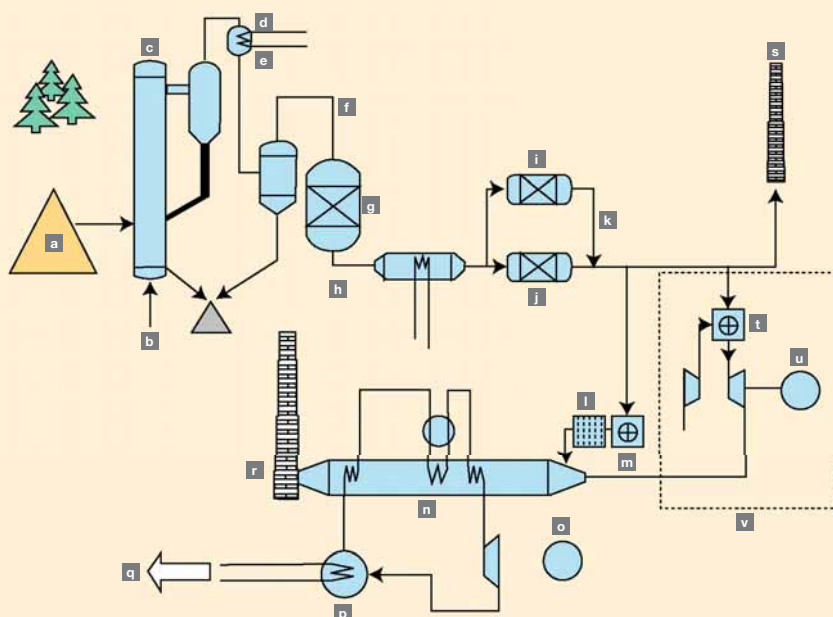
L'éthanol est obtenu par une distillation en deux étapes qui met en œuvre l'équipement le plus simple qui soit : fermentation des matières

premières, puis séparation de l'éthanol et de l'eau. Grâce à ce procédé, couronné du Prix de l'innovation 2008 de la Fédération des industries chimi-

ques de Finlande, les unités de production de petite taille peuvent être installées au plus près des sources de matières premières et donc minimiser

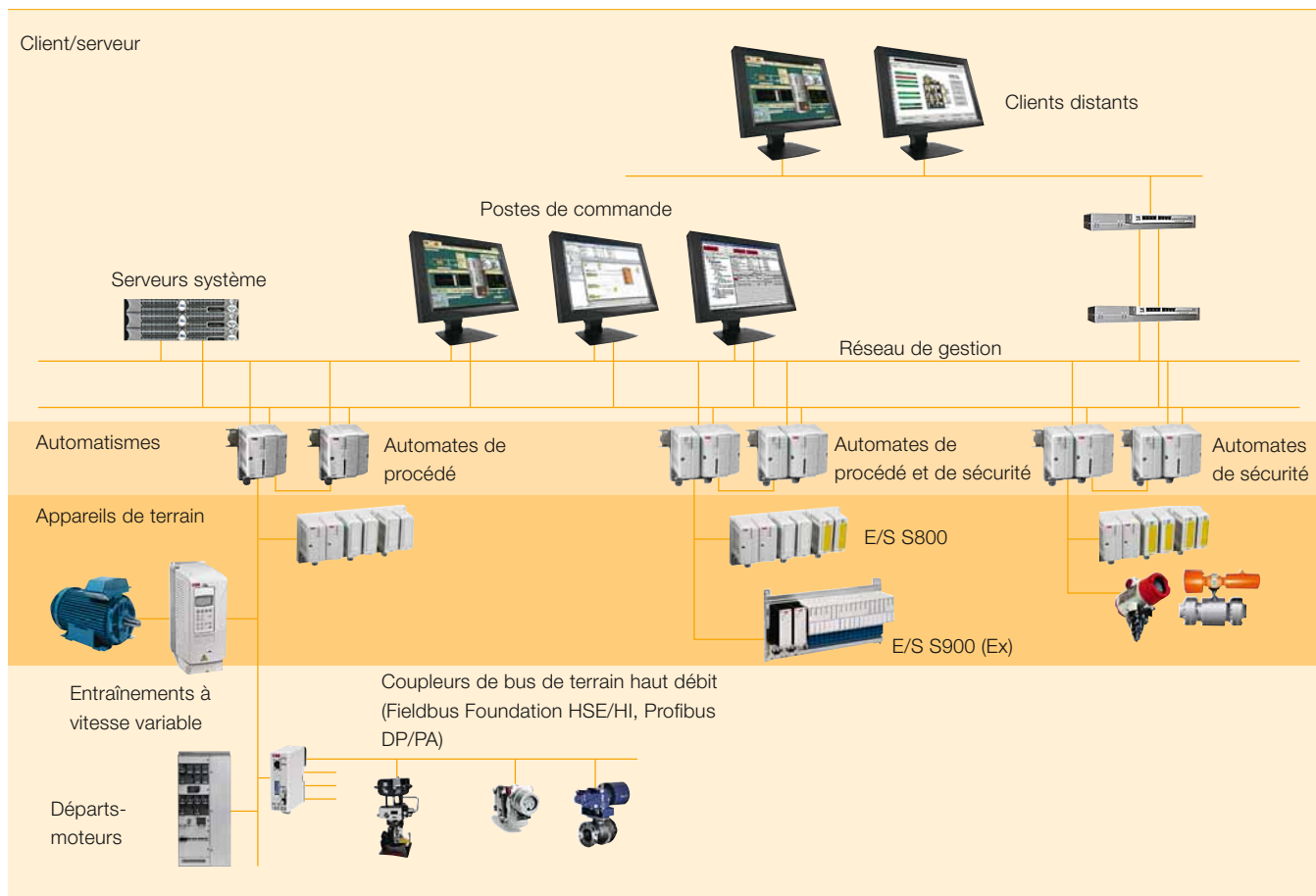
## Principes de production de l'éthanol

L'éthanol est un alcool issu de la fermentation d'un produit agricole qui transforme l'amidon en sucre (mélasse) et la mélasse en alcool. Après distillation, l'alcool obtenu est pur à 95 %.



- a biocarburant
- b vapeur + oxygène
- c gazéifieur
- d refroidisseur de gaz
- e filtre à gaz chaud
- f vapeur + oxygène
- g reformeur
- h refroidisseur de gaz
- i réaction du gaz à l'eau
- j hydrogénation
- k gaz de synthèse
- l tour de refroidissement
- m brûleur
- n chaudière de récupération de chaleur
- o turbine à vapeur
- p condenseur
- q refroidissement à l'air
- r cheminée
- s torchère
- t brûleur
- u turbine à gaz
- v procédés en dérivation

Vue d'ensemble d'une unité pilotée par système 800xA



leurs coûts d'exploitation par rapport aux grandes usines.

L'unité St1 Biofuels de Lappeenranta, qui occupe environ 500 m<sup>2</sup>, est un bâtiment entièrement automatisé et commandé à distance: aucune présence humaine n'est requise sur site.

Outre l'unité de Lappeenranta, la société possède deux autres usines en Finlande, à Närpiö et Hamina. Les trois usines utilisent diverses sources de déchets pour produire le bioéthanol: transformation de pommes de terre à Närpiö, production agroalimentaire (boulangerie, pâtisserie, etc.) pour les deux autres.

Les petites unités de production présentent plusieurs avantages sur les grandes usines, notamment moins d'équipements et d'énergie consommée par litre d'éthanol produit. Le concept, conçu pour minimiser les émissions de CO<sub>2</sub>, n'utilise aucun combustible fossile.

La simplicité du procédé et la taille réduite des installations sont des arguments décisifs en faveur de cette méthode, notamment dans les zones densément peuplées des pays industriels où les déchets alimentaires abondent.

## Les postes opérateur et de conduite de procédé du système 800xA d'ABB surveillent la production de bioéthanol.

### Le système 800xA en action

Les postes opérateur et de conduite de procédé du système 800xA d'ABB surveillent la production et les variateurs de vitesse ABB sont reliés au système par un bus de terrain Profibus DP. ABB propose également des prestations comme la mise en service et la formation du personnel. Le système 800xA simplifie également la conduite du procédé en mode local.

Lancé en 2004, le système d'automatisation étendue 800xA a été adopté par plus de 4000 clients ABB, nouveaux ou existants, dans de nombreux secteurs industriels. Ses performances, qui ne sont plus à démontrer dans les usines de grande taille, sont désormais à la portée des petites unités de production.

### Marja-Liisa Parkkinen

(anciennement chez) ABB Process Automation Helsinki (Finlande)

### Seppo Hakonen

ABB Process Automation Helsinki (Finlande)  
seppo.hakonen@fi.abb.com

### Note

<sup>1)</sup> Co-entreprise du Centre finlandais de recherche technique (VTT) et d'investisseurs privés

# Tenue correcte exigée

Evolution des matériaux isolants pour transformateurs de mesure d'extérieur  
Hoan Le

Les transformateurs de mesure réduisent les valeurs de tension ou de courant des réseaux de transport et de distribution à des valeurs compatibles avec les appareils basse tension de comptage (facturation des consommations, transactions), de protection (relais, etc.), de commande (régulation du réseau) et de surveillance (gestion des réseaux industriels). Leur conception et leur fabrication varient considérablement selon l'application : pour les fonctions de comptage, il faut une précision extrême dans la plage normale des tensions et courants de service, tandis que les fonctions de protection exigent une linéarité parfaite sur une grande échelle de valeurs.

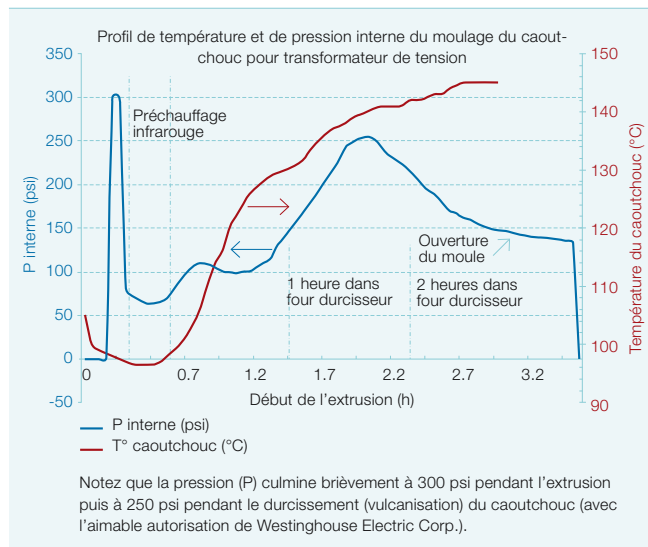
Lors d'une perturbation réseau (défaut, surtension transitoire ou tension de choc), la sortie du transformateur peut être utilisée, par l'intermédiaire d'un relais de protection, pour engager une action adéquate : ouvrir ou fermer un disjoncteur, ou encore reconfigurer le réseau pour atténuer la perturbation et protéger les autres éléments. Le transformateur de mesure est l'appareil le plus répandu et le moins coûteux pour détecter ces perturbations, quelles que soient les conditions extérieures (rayonnements ultraviolets, pollution, humidité, intempéries, variations de température ou brouillard salin). ABB cherche en permanence à améliorer les propriétés des matériaux qui protègent ses transformateurs de mesure et conditionnent leurs performances.

À la fin des années 1960, le caoutchouc butyle était le matériau isolant sec le plus utilisé pour les transformateurs de mesure moyenne tension (MT) jusqu'à  $\pm 40$  kV. Pour les applications extérieures, un caoutchouc butyle correctement formulé est un excellent isolant, certains fabricants de transformateurs utilisant encore aujourd'hui leurs propres formulations. Or les très fortes pressions (plus de 15 fois la pression atmosphérique) appliquées lors des procédés de moulage et de durcissement<sup>1)</sup> du caoutchouc ne sont pas idéales pour conserver les distances diélectriques et la géométrie de l'ensemble circuit magnétique-bobinage **1**, limitant les performances du transformateur. Les recherches se sont ainsi poursuivies pour trouver d'autres matériaux de protection des transformateurs de mesure d'extérieur.

Les résines liquides moulées se sont avérées un excellent diélectrique de substitution au caoutchouc butyle. Leurs ingrédients de base peuvent être pompés, dosés, mélangés et injectés soit sous des pressions moyennes en cas de moulage sous vide, soit sous des pressions légèrement supérieures (jusqu'à 2 fois la pression atmosphérique) avec le procédé de gélification sous pression automatisée (GPA). Le durcissement peut s'effectuer à la pression atmosphérique ou 2 à 3 fois celle-ci. Ces procédés de fabrication plus « cléments » permettent de mieux préserver les distances d'isolement et la géométrie de l'ensemble circuit magnétique-bobinage pour des produits de qualité constante.

À la fin des années 1970, la résine époxyde cycloaliphatique (CEP) fut utilisée pour la première fois pour des

**1** Températures et pressions de moulage types du caoutchouc butyle des transformateurs de mesure



isolateurs d'extérieur. Très résistante à la dégradation et à l'érosion due au cheminement, elle offrait une excellente protection à l'humidité, aux rayonnements ultraviolets (UV), à la pollution et aux agents chimiques extérieurs. Elle s'imposa donc comme isolant pour le matériel MT d'extérieur.

Au cours de la décennie suivante, les élastomères de polyuréthane (PUR) pour l'extérieur, plus économiques et principalement moulés sous vide,

**2** Formation de gouttelettes d'eau sur la surface verticale du réenclencheur à vide d'extérieur isolé à la résine HCEP de Kitty Hawk en Caroline du Nord (Etats-Unis), après 2 ans de test (avec l'aimable autorisation de Dominion Virginia Power).



prisent le relais pour protéger le matériel électrique MT. De toutes les résines liquides moulées, le PUR fait appel au procédé de fabrication le moins lourd, avec des températures de moulage plus basses et des temps de cycle plus courts. Les PUR pour l'extérieur entièrement durcis sont faciles à fabriquer, possèdent d'excellentes propriétés isolantes et offrent de bonnes performances.

### Progrès des isolants pour l'extérieur

Le caoutchouc de silicone, léger, résistant aux fortes tensions et très performant en environnement fortement pollué, est aujourd'hui considéré comme le meilleur isolant pour matériels d'extérieur, notamment en raison de ses propriétés hydrophobes.

Lorsque les matériaux isolants hydrophiles sont humides, un film continu tend à se former sur leur surface qui accumule et dissout les polluants aériens conducteurs (ex., sels, acides organiques et inorganiques), aboutissant à la formation de couches conductrices asséchées. Ces films électrolytiques provoquent directement de petits arcs électriques<sup>2)</sup>. Si l'isolant est un polymère, la chaleur extrême des arcs ( $> 1000^\circ\text{C}$ ) le dégrade et érode la surface isolante, augmentant les courants de fuite. Avec le temps, les couches asséchées s'élargissent, les arcs s'allongent et finissent par produire des contournements. Le choix de l'isolant d'encapsulation a donc une incidence notable sur les performances à long terme de l'appareil d'extérieur.

Les matériaux isolants hydrophobes empêchent la formation d'un film aqueux en surface. Les gouttelettes d'eau ruissellent sur cette surface, emportant avec elles les impuretés

### Notes

<sup>1)</sup> Procédé qui consiste à verser un matériau liquide dans un espace évidé pour qu'il s'y solidifie. Un polymère se durcit en créant des liaisons chimiques, ou « ponts de réticulation », entre les chaînes de polymères. Le durcissement du caoutchouc, appelé vulcanisation, se déroule à très haute température et nécessite l'adjonction d'agents durcisseurs comme le soufre.

<sup>2)</sup> Le vieillissement climatique (humidité, chaleur, UV, impuretés, etc.) endommage la surface du polymère qui perd son imperméabilité. Un film électrolytique, composé d'humidité et d'impuretés, se forme à sa surface. La répartition théorique de l'intensité des champs électriques est alors modifiée avec des courants de fuite. L'échauffement ohmique élève la température de surface, le film aqueux s'évapore et des couches asséchées apparaissent, à l'origine d'arcs électriques.

conductrices. Les matériaux hydrophobes auto-nettoyants diminuent la fréquence des arcs et prolongent la durée de vie du matériel; c'est pourquoi le caoutchouc de silicone est devenu le matériau privilégié pour les isolateurs haute tension (HT) d'extérieur.

Au début du XXI<sup>e</sup> siècle, l'époxyde cycloaliphatique hydrophobe (HCEP ou Hydrophobic Araldite®) fait son apparition sur le marché des résines isolantes pour matériels électriques avec, au dire de son fabricant, des propriétés hydrophobes supérieures à celles du CEP. L'hydrophobicité de la surface reste intacte après une exposition prolongée aux rudes conditions extérieures et la résine conserve ses excellentes propriétés électriques, chimiques et thermiques ainsi que sa résistance à l'érosion (propriété inhérente au CEP). Le HCEP est ainsi devenu le meilleur isolant du marché pour applications extérieures, ouvrant la voie au développement d'une nouvelle génération de réenclencheurs à vide.

Ces derniers, avec leurs chambres de coupure et leurs pôles encastrés dans une résine HCEP, sont le fruit d'importants travaux de développement d'outils logiciels de conception et de procédés de fabrication avancés de ces résines [2]. Ces pôles offrent la tenue au feu et à la fumée prescrite par la SNCF et peuvent être utilisés dans ses disjoncteurs à vide pour les

applications d'alimentation des équipements ferroviaires.

Par ailleurs, le réenclencheur à vide d'extérieur d'ABB a été certifié par l'électricien sud-africain Eskom après avoir été exposé pendant un an en extérieur au sein de la station d'essais des isolateurs de Koeberg (KIPTS) près de la ville du Cap. Celle-ci est réputée pour être l'un des environnements les plus agressifs au monde en termes de rayonnement UV, de précipitations et d'exposition à la pollution industrielle et marine.

#### Amélioration de la conception

Les excellents résultats obtenus avec les réenclencheurs isolés à la résine HCEP ont servi d'aiguillon au développement d'une nouvelle génération de transformateurs de mesure d'extérieur plus performants en environnements très pollués. S'appuyant sur des outils de conception avancée et sur le meilleur isolant du marché, ABB lança en 2003 les travaux de développe-

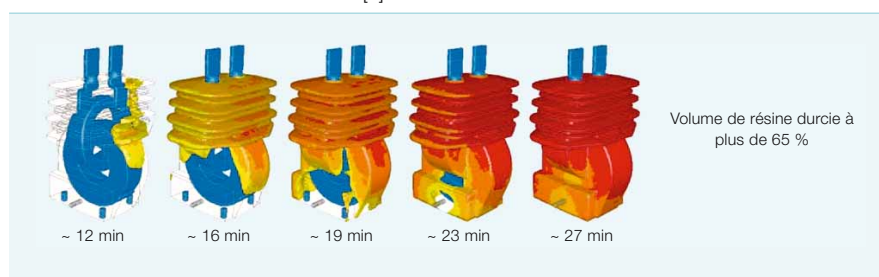
ment, tirant profit des logiciels de simulation pour optimiser la conception de l'appareil et éviter de nombreux prototypes coûteux.

Ces logiciels calculent la répartition des champs électriques à l'intérieur et à la surface de l'appareil électrique moulé. Différentes exécutions d'appareils et répartitions des champs électriques peuvent ainsi être simulées pour optimiser la géométrie et la distance diélectrique en fonction des propriétés de différents isolants.

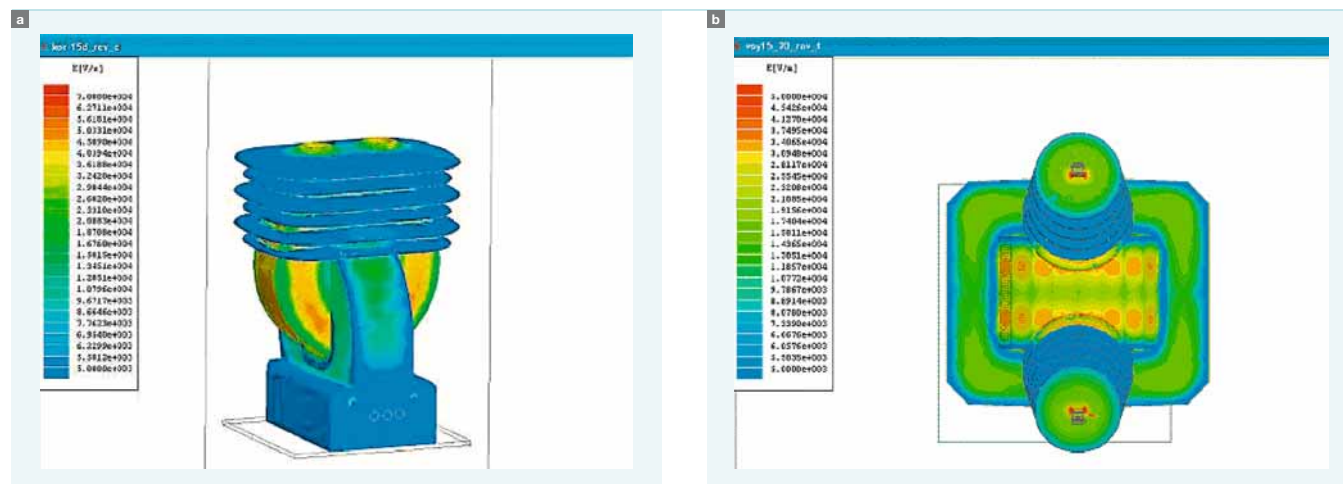
De plus, l'environnement du modèle 3D de l'appareil peut être modifié pour simuler différentes contraintes et leur incidence sur la répartition des champs électriques [3].

Cette optimisation de la conception doit s'accompagner d'une simplification du procédé de fabrication et d'une augmentation de la robustesse mécanique pour que l'appareil puisse endurer les variations extrêmes de

4 Exemple d'utilisation de RAMZES pour optimiser le durcissement du matériau isolant du transformateur de courant de 36 kV [1]



8 Résultat type de la simulation électrostatique du transformateur de courant de 36 kV et du transformateur de tension d'extérieur en environnement conducteur. L'objectif est d'optimiser la géométrie de la conception pour obtenir la plus faible valeur d'intensité des champs électriques en surface (utilisation de l'outil de simulation Ansoft).



5 Presse à gélification sous pression automatisée (GPA) dans l'usine ABB de Pinetops en Caroline du Nord (Etats-Unis)



température susceptibles de se produire en extérieur. ABB utilise son logiciel de simulation « maison » RAMZES (*reactive molding zero defects solution*) pour optimiser ces aspects. Le modèle 3D de l'appareil selon la préconfiguration du moule est analysé avec RAMZES qui optimise les paramètres du procédé : répartition de la température dans le moule, température du mélange, débit de remplissage ou profils de durcissement des cycles de remplissage, de durcissement et de refroidissement [4]. Le programme calcule ensuite les efforts et déformations mécaniques qui se produisent au sein de l'appareil moulé tout au long du cycle de refroidissement afin de les minimiser en optimisant les paramètres de moulage et de durcissement.

#### Amélioration de la fabrication

Le meilleur matériau et la meilleure conception ne suffisent pas à garantir les performances du produit. Seuls des procédés de fabrication parfaitement maîtrisés et reproductibles sont des gages de fiabilité et de performances pérennes du produit.

A l'aube de la technologie du moulage des résines, l'encapsulation sous vide était très courante car elle exigeait un renforcement mécanique minimum de l'ensemble circuit magnétique-bobinage, ce qui n'est pas le cas du moulage sous haute pression et du durcissement du caoutchouc butyle. Ce procédé a l'inconvénient d'être long avec des cycles de remplissage,

de durcissement et de démoulage de plusieurs heures.

Les années 1980 virent l'introduction du procédé de moulage par injection de résines époxydes liquides qui, par la suite, fut perfectionné et automatisé avec des contrôles stricts donnant des résultats stables. Aujourd'hui, le procédé de fabrication GPA, avec un temps de cycle total inférieur à 90 minutes, est privilégié pour les époxydes.

### Les gouttelettes d'eau ruissellent sur la surface hydrophobe, emportant avec elles les impuretés conductrices.

La maîtrise de la fabrication des transformateurs de mesure est un facteur crucial de leur fiabilité. Des équipements GPA de pointe [5] et un système automatisé de mélange et d'injection [6] sont indispensables pour mélanger et traiter « à la demande » les différents ingrédients du mélange époxyde. Ensemble, ces équipements et systèmes garantissent l'optimisation des propriétés d'écoulement pour le moulage, l'imprégnation de l'ensemble circuit magnétique-bobinage et, enfin, le durcissement pour un produit fini de qualité constante.

#### Innover pour de meilleures performances

La nouvelle génération de transformateurs de mesure d'ABB illustre la

6 Equipement de mélange de l'époxyde dans l'usine ABB de Pinetops en Caroline du Nord (Etats-Unis)



volonté du Groupe de fabriquer des produits innovants avec des procédés de haute technologie. Nous testons sans cesse les performances sur le long terme des nouveaux matériaux et produits pour l'extérieur, y compris celles des transformateurs de mesure, dans des environnements aussi contraignants que celui du KIPTS.

Les nouveaux produits isolés dans la résine HCEP qui arrivent sur le marché affichent une fiabilité supérieure dans ces environnements tout en présentant d'excellentes propriétés diélectriques et mécaniques. Ils contribuent à la longévité accrue des transformateurs de mesure, à la réduction des coûts de maintenance des clients et des risques de défaillance coûteuse d'un poste électrique.

#### Hoan D. Le

ABB Power Technologies  
Pinetops, NC (Etats-Unis)  
hoan.d.le@us.abb.com

#### Bibliographie

- [1] Kasza K., Nowak T., Sekula R., *APG process simulation of KOR15/20 ANSI current transformer cast of out-door cycloaliphatic epoxy*, PLCRC technical report, TN 04-076, 2004

# Sous haute surveillance

pour fiabiliser la fourniture électrique  
Vladimir Brandwajn, Magnus Johansson, Marina Öhrn

Les réseaux électriques modernes subissent des contraintes très différentes de celles qu'ils ont connues à leur début. Dans le passé, il était d'usage de les construire autour de vastes centrales d'énergie alimentant le réseau en continu, sans grand aléa. Malgré les fluctuations horaires de la demande, la puissance transitait dans un seul sens, de la production à la distribution via le transport, grâce à la gestion rigoureuse de chaque tronçon de réseau.

De nos jours, les réseaux se heurtent à deux nouvelles données: le négoce d'électricité, qui autorise les échanges au-delà des frontières, et l'intermittence des énergies renouvelables.

Cette imprévisibilité accrue impose de plus en plus une surveillance de haute qualité pour détecter et signaler les perturbations du réseau. Les déclenchements en cascade

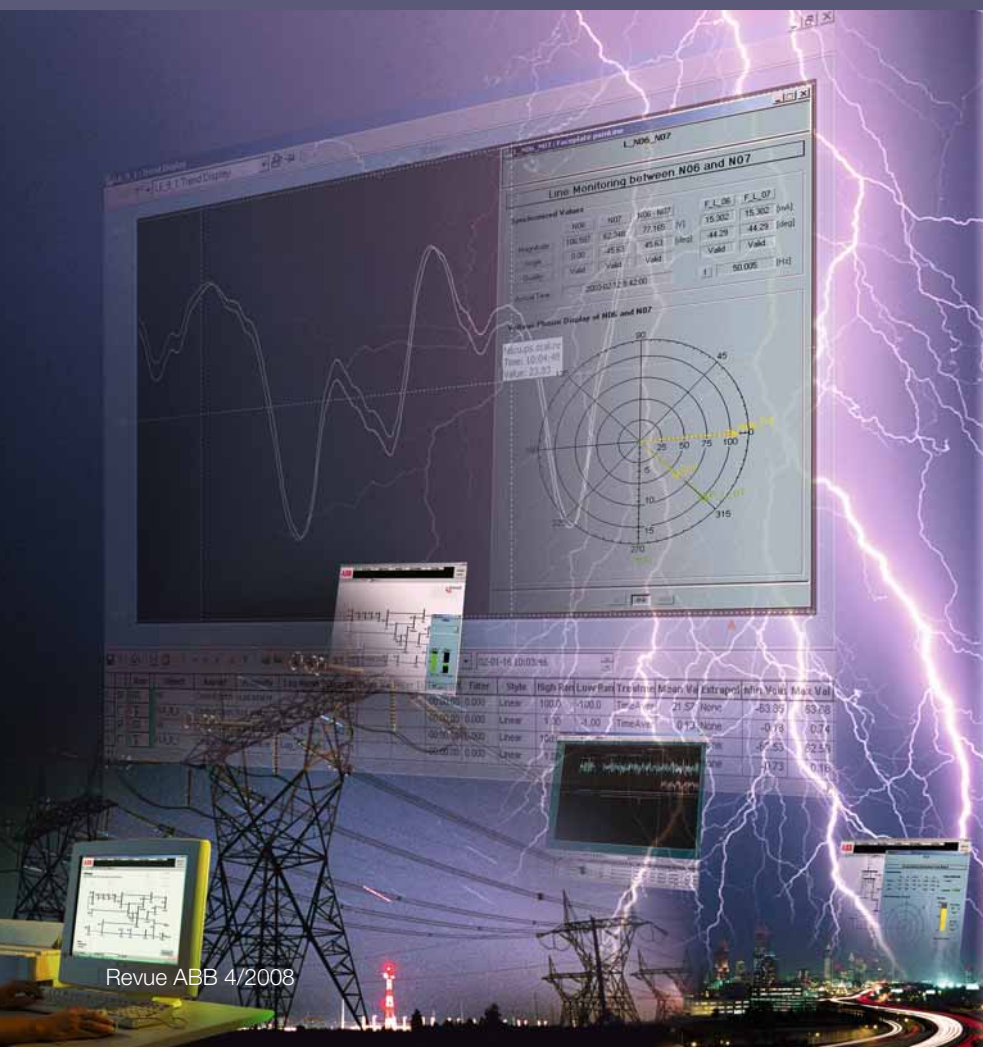
de 2003, au Canada, aux Etats-Unis et en Europe, sont en partie imputables à la piètre « observabilité » du réseau et des équipements connectés: leur propagation et leur durée furent d'autant plus graves que les exploitants du système n'ont pas toujours su en mesurer l'impact.

Les retombées économiques et sociales de ces grandes pannes réclament à l'évidence une amélioration des systèmes de surveillance pour permettre aux énergéticiens de savoir quand et comment réagir au risque d'écroulement du système. Les solutions de gestion de réseaux *Network Manager*<sup>TM</sup>, de supervision *SCADA* (*Supervisory Control And Data Acquisition*) et de gestion d'énergie *EMS* (*Energy Management System*) d'ABB sont des technologies éprouvées, capables de s'adapter à la dynamique d'évolution des réseaux d'énergie actuels.

La supervision SCADA et la gestion d'énergie EMS sont les pierres angulaires de la régulation des réseaux **1**. Concrètement, un système SCADA se compose d'unités de mesure et de collecte de données (RTU), de communications et de postes de conduite, interfacés avec la gestion d'énergie et ses fonctions d'analyse du réseau électrique. Le tandem SCADA/EMS offre aux gestionnaires de réseaux de transport (GRT) une très grande visibilité en leur permettant de recueillir, de stocker et d'analyser des centaines de milliers de données disséminées à l'échelle du territoire ou de la région, afin de modéliser et de simuler le fonctionnement du réseau, d'en isoler les défauts, de prévenir les pannes générales et de participer aux échanges d'énergie.

La gestion EMS est une suite d'opérations exécutées, en temps réel, dans un ordre prédéfini **2**, dont les deux grands jalons, pour les GRT, sont l'estimation d'état et l'analyse d'incidents.

Le premier fournit un instantané de l'état du système électrique; il se



nourrit des données de supervision et du modèle de réseau pour identifier, en entrée, les erreurs et inexactitudes éventuelles (télémesures, topologie et paramètres du réseau...) et calculer, en sortie, la meilleure estimation d'état pour l'ensemble du modèle de système électrique, flux de segments et tension de jeux de barres compris, même dans les endroits dépourvus de télémesures physiques.

**Le tandem SCADA/EMS offre aux GRT une très grande visibilité en leur permettant de modéliser et de simuler le fonctionnement du réseau, d'en isoler les défauts, de prévenir les pannes générales et de participer aux marchés concurrentiels de l'énergie.**

L'estimateur d'état est une composante clé d'EMS : il signale au GRT les problèmes potentiels et lui indique les moyens d'améliorer le fonctionnement du système. Ces données alimentent le logiciel d'analyse d'incidents qui calcule les risques potentiels afin de sécuriser l'exploitation du réseau électrique. Ce module simule un à un de nombreux scénarios de défaillance (surtout avaries de matériel) pour détecter et anticiper les éventuelles failles de sécurité et éviter ainsi les graves interruptions de fourniture.

Dans le passé, il était possible de planifier l'exploitation du réseau hors ligne, pour un ensemble limité de scénarios, afin de donner un bon aperçu de la sécurité du système. Or ce type

d'analyse ne convient pas aux réseaux électriques modernes dont l'écoulement de puissance est plus imprévisible que jamais. L'ouverture à la concurrence du marché de l'énergie électrique s'est traduite par des contrats d'achat et de vente très différents de ceux passés dans un contexte régulé. Qui plus est, l'irrégularité de certaines énergies renouvelables, dont la production est tributaire de la météo, et la dissémination des équipements de contrôle-commande (liaisons CCHT et transformateurs-déphaseurs) accentuent le caractère imprévisible du système électrique.

C'est pour parer à la fiabilité incertaine du réseau que l'institut américain EPRI (*Electric Power Research Institute*) a fixé, il y a plusieurs années, la capacité de traitement du logiciel d'analyse à 10 000 incidents sur un modèle de 20 000 jeux de barres, en moins de 20 s.

Pour atteindre cette puissance de calcul, ABB a rodé, au fil des ans, une multitude de techniques et d'algorithmes pointus (cf. méthodes [1] et [2]) qui sont à la base des logiciels d'analyse d'incidents modernes mais ne suffisent pas à une analyse d'incidents à grande échelle. Pour cela, il faut recourir aux capacités de traitement parallèle de l'informatique moderne.

ABB commença par mettre en œuvre cette analyse d'incidents complète, sur fond de traitement parallèle, sans trop toucher au logiciel. Puis ce dernier a remarquablement évolué : grâce à des serveurs à architectures Intel et AMD x86, ses performances ont été multipliées par 3 sur des modèles de réseaux très vastes [3]. Preuve que les algorithmes déployés dans le logiciel d'ABB sont par nature « généralistes » et adaptables à des configurations

aussi bien mono que multiprocesseurs.

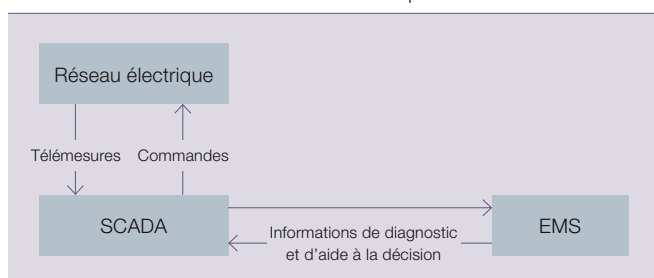
Si l'on s'en tient à un logiciel d'analyse d'incidents ABB non modifié, les vitesses de traitement prescrites par l'EPRI sont d'ores et déjà atteintes. Cela dit, on peut s'attendre à d'autres améliorations évolutives lorsque les algorithmes seront affinés pour tirer parti du traitement parallèle et du dernier cri de l'innovation informatique.

**ABB fut le précurseur d'une multitude de techniques et d'algorithmes pointus pour traiter rapidement des milliers d'incidents.**

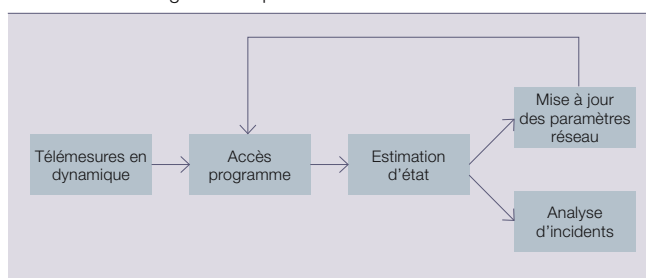
#### Bilan de santé

Les données injectées dans l'estimateur d'état (au premier chef, télémesures et paramètres du modèle électrique...) s'accompagneront toujours d'erreurs ou d'inexactitudes dont certaines compliquent la tâche de l'estimateur dans son diagnostic précis de l'état présent du système électrique. Cet écart entre estimation et réalité est toutefois sans grande conséquence si la disponibilité de l'estimateur lui-même n'est pas en cause [3]. Si sa précision reste un critère important, elle passe au second plan quand il est question de disponibilité. Lors de la panne du 14 août 2003 qui a paralysé le nord-est des Etats-Unis, la situation, déjà délicate en soi, s'est empirée lorsque l'estimateur d'état n'a pas donné de résultats [4]. C'est dire combien les algorithmes mathématiques déployés pour évaluer l'état du réseau doivent être robustes et « implémentés » (c'est-à-dire programmés) efficacement.

1 Interaction SCADA/EMS et réseau électrique

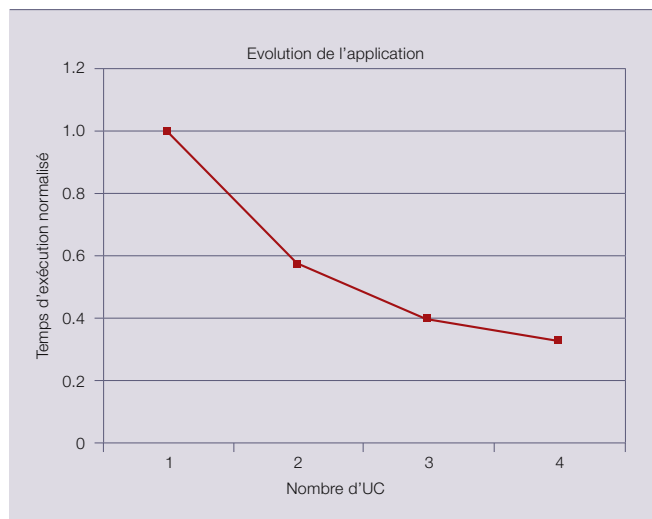


2 Gestion d'énergie en temps réel

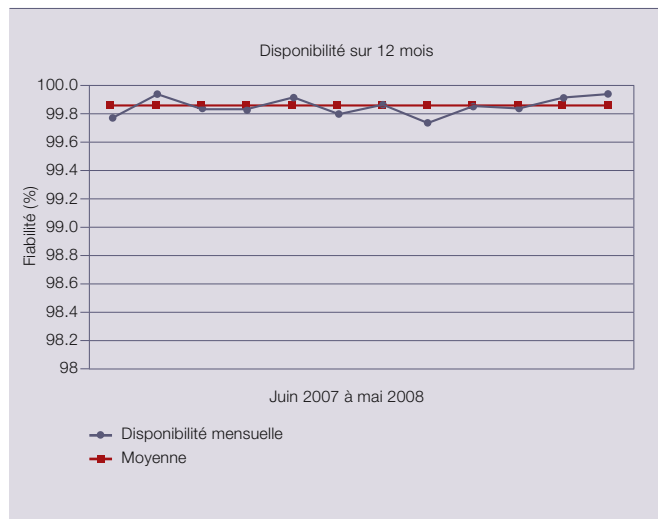




3 Evolution parallèle initiale de l'analyse d'incidents



4 Fiabilité des solutions récentes d'estimation d'état (source : IESO)



Pour être tout à fait fiable, l'état estimé du réseau doit être acquis avec une périodicité suffisante afin de détecter tout changement notable dans le réseau. La fiabilité de l'estimateur d'état n'est pas seulement fonction du logiciel lui-même et des télémesures rapatriées du superviseur, mais aussi de logiciels annexes comme la mise à jour des paramètres réseau qui actualise les modèles prédéfinis (régimes de charge ou plans de production, par exemple) nécessaires à la génération des données. L'estimateur d'état fournit des données à ce logiciel qui, en sortie, renseigne à son tour l'estimation d'état 2 quand des sites sont dépourvus de télémesures adéquates. Mieux vaut donc ne pas cloisonner ces fonctions qui, bien au contraire, forment les éléments interdépendants d'un seul et même système.

La fiabilité du système tout entier est conditionnée par ses constituants et leur interopérabilité. Ce critère, relayé par des interfaces de dialogue personnalisées, est capital si l'on veut garantir une surveillance performante du réseau de transport de façon à permettre aux GRT de prendre les bonnes décisions, en temps utile, pour éviter un dysfonctionnement.

#### Aux petits soins du client

Il y a plusieurs années, ABB décrocha une importante commande de système global associant SCADA/EMS et applications de marché, pour le compte du Canadien IESO, régulateur indépendant des réseaux de l'Ontario **Encadré 1**.

IESO avait de très grandes exigences de fiabilité : les résultats de l'estimation d'état devaient venir en renfort non seulement des applications EMS mais aussi des systèmes de gestion des marchés électriques impliquant des transactions financières [5]. Autre obligation : l'analyse d'incidents devait notamment pouvoir réaliser avec précision quelque 3 000 simulations à la

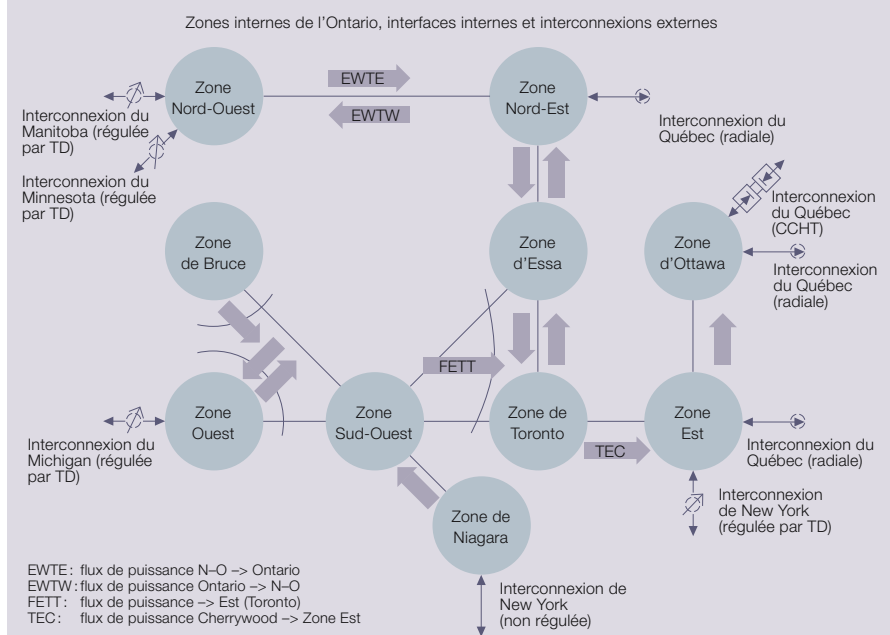
minute... sur des ordinateurs datant de 1999!

IESO avait quatre impératifs pour l'estimation d'état :

- 1) Surveiller dans le détail la répartition du marché (planification de la production et des échanges d'énergie par la solution SCADA/EMS);

Encadré 1 Caractéristiques du réseau de transport d'IESO

Le modèle de réseau de l'IESO comporte environ 4 000 nœuds et une charge maximale de 25 000 MW. Son réseau de transport est divisé en 10 zones distinctes dont les caractéristiques diffèrent selon la disponibilité de télémesures, le niveau de contraintes, le combustible utilisé pour la production et les interfaces externes. Certaines connexions externes utilisent des transformateurs-déphaseurs (TD) pour réguler les puissances transitées afin de ne pas franchir les limites thermiques.

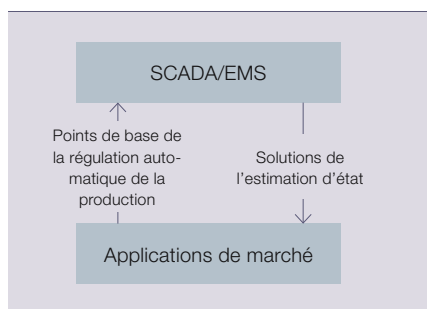


- 2) Reprogrammer le dispatching de l'énergie sur le marché dans son intégralité, toutes les 5 min ;
- 3) Identifier les résultats erronés de l'estimation d'état avant de les transmettre aux applications de marché (priorité à la sécurité du réseau électrique) ;
- 4) Remplir les conditions initiales (« cas de base ») de la surveillance temps réel de la sécurité du système et de l'analyse d'incidents.

Le logiciel d'analyse d'incidents d'ABB, d'essence « généraliste », s'adapte à des configurations aussi bien mono que multiprocesseurs.

Pour répondre à ces attentes, ABB a considérablement renforcé sa solution EMS : les améliorations ont porté sur la disponibilité et la qualité de l'estimation d'état, de même que sur la rapidité et la précision de l'analyse d'incidents et de toutes les fonctions connexes.

5 Interaction SCADA/EMS et applications de marché



Encadré 2 Estimation d'état : la fiabilité en chiffres

Selon [7], « l'estimation d'état dans l'industrie américaine est fiable à 95 % en moyenne ».

En [8], une entreprise d'électricité américaine annonce des valeurs plus précises :

- 93,2% en 2001 ;
- 97,3% en 2005.

Chez le régulateur indépendant MISO (*Midwest Independent System Operator*), cette fiabilité est fixée à 97 %, comme le préconise également le Texan ERCOT (*Electric Reliability Council of Texas*).

La réalisation du projet fut l'occasion pour ABB et IESO de travailler à l'unisson pour bien évaluer leurs besoins et fournir les meilleures solutions possibles. IESO dut améliorer la qualité des données du système électrique et ABB sa plate-forme logicielle pour obtenir un système de surveillance réseau d'une très grande fiabilité [4]. Conséquence directe de cette étroite collaboration : la disponibilité de l'estimateur d'état s'est améliorée au fil du temps.

Les efforts déployés par les deux partenaires pour cerner les causes d'erreur ou de divergence ont renforcé l'expertise d'ABB dans le domaine des solutions réseau, tout comme en recherche-développement. Son estimateur d'état doit sa disponibilité fortement accrue aux toutes récentes améliorations du logiciel et de la mise à jour des paramètres réseau [6].

En l'occurrence, les résultats obtenus par IESO surclassent ceux d'autres secteurs industriels [Encadré 2]. Son estimation d'état est exécutée à chaque minute de la séquence temps réel [2]. En conséquence, une variation de la fiabilité de 99,7 % à 99,8 % se traduit pour l'estimation d'état par 40 indisponibilités de moins par mois !

SCED identifie les ressources de production et de gestion de la demande les plus économiques pour couvrir les besoins d'énergie de la région, tout en tenant compte de la sécurité globale du réseau de transport.

L'estimation d'état itérative apporte la très grande précision dont ont besoin l'analyse d'incidents et les applications de marché ; elle s'obtient avec la solution de répartition économique à contraintes de sécurité SCED (*Security Constrained Economic Dispatch*) de la plate-forme de gestion des marchés concurrentiels de l'énergie BMS (*Business Management System*). SCED identifie les ressources de production et de gestion de la demande les plus économiques pour couvrir les besoins d'énergie de la région, tout en tenant compte

de la sécurité globale du réseau de transport. L'interaction entre SCADA/EMS et BMS est schématisée en 5 : les premiers transmettent l'état actuel du réseau électrique au second qui réalise alors la répartition économique prévisionnelle pour les 5 minutes qui suivent, puis renvoie aux SCADA/EMS les nouveaux points de base de la production.

Grâce à cette surveillance SCADA/EMS/BMS renforcée, les exploitants du réseau électrique de l'Ontario entendent bien marquer des points dans la réduction des grandes pannes.

#### Vladimir Brandwajn

ABB Network Management  
Santa Clara, CA (Etats-Unis)  
vladimir.brandwajn@us.abb.com

#### Magnus Johansson

ABB Network Management  
Västerås (Suède)  
magnus.l.johansson@se.abb.com

#### Marina Öhrn

ABB Network Management  
Mannheim (Allemagne)  
marina.ohrn@de.abb.com

#### Bibliographie

- [1] Brandwajn, V., Lauby, M.G., *Complete bounding method for AC contingency screening*, IEEE Trans. Power Syst., 4(2), p. 72-79, 1989
- [2] Tinney, W. F., Brandwajn, V., Chan, S. M., *Sparse vector methods*, IEEE Trans. Power App. Syst., PAS-104(2), p. 295-301, 1985
- [3] Wollenberg, B., *Power system state estimators: Designed for reliability or accuracy?*, 8<sup>th</sup> International conference on probabilistic methods applied to power systems, 2004
- [4] <http://www.iwar.org.uk/cip/resources/blackout-03/index.htm>, Chapter 4 of Final report on the August 14, 2003 blackout in the United States and Canada: Causes and recommendations, US-Canada power system outage task force, April 2004
- [5] Danai, B., Kim, J., Cohen, A. I., Brandwajn, V., Chang, S. K., *Scheduling energy and ancillary service in the new Ontario electricity market*, Proc. Institute of Electrical and Electronics Engineers Power Industry Computer Application Conference, 2001
- [6] Brandwajn, V., Jiang, X., Liu, G., Johansson, M. L., Fahmy, G. G., *State Estimation for Ontario Market System*, IEEE PES General Meeting, 2006
- [7] [http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/Distribution\\_State\\_Estimation\\_Mellopoulos.pdf](http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/Distribution_State_Estimation_Mellopoulos.pdf), Distributed state estimation, Georgia Institute of Technology, (consulté en juin 2008)
- [8] Lefebvre, S., Prévost, J., Cranic, E., St-Arnaud, R., Horisberger, H., Lambert, B., *Méthodes robustes pour l'estimation d'état et la prévision de consommation des systèmes électriques : état de l'art et perspectives*, 2006

# CCHT

ABB – du rôle de pionnier à celui de leader mondial  
Gunnar Asplund, Lennart Carlsson

En 1954, à une époque où la plupart des pays européens s'activait à développer leurs infrastructures de distribution électrique pour répondre à une demande en forte hausse, un événement passait presque inaperçu sur les rives de la mer Baltique qui marquerait à jamais le transport de l'électricité sur de longues distances. En effet, quatre ans plus tôt, l'Agence suédoise de l'énergie commandait la première liaison de transport en courant continu à haute tension (CCHT) au monde, entre la côte suédoise et l'île baltique de Gotland. L'année 1954 voyait la mise en service de cette liaison CCHT.

Aujourd'hui, ABB se flatte du bilan de ses nombreuses contributions à la technologie CCHT. Depuis la pose de ce premier câble sous-marin de 100 kV, 20 MW et 90 km de long, ABB est resté leader incontesté du transport CCHT. Des quelque 110 000 MW de capacité de transport CCHT installés actuellement dans le monde, plus de la moitié a été fournie par ABB.



## ABB, ÉTERNEL PIONNIER

Depuis l'introduction de l'éclairage électrique dans les foyers et les usines d'Europe et des Etats-Unis vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la croissance soutenue de la demande en électricité exhortait les ingénieurs et les industriels à développer des moyens efficaces pour produire et transporter l'énergie. Alors que les pionniers de cette nouvelle technologie avaient déjà accompli certains progrès – le simple fait de transporter de l'électricité sur quelques kilomètres étant considéré comme extraordinaire – une solution à la demande croissante fut trouvée : l'énergie hydroélectrique. Presque instantanément, on s'intéressa aux moyens d'acheminer cette énergie bon marché jusqu'aux consommateurs situés à des distances de plus en plus grandes.

### Le continu s'efface devant l'alternatif

Les premières centrales électriques en Europe et aux Etats-Unis produisaient du courant continu (CC) à basse tension acheminé par des moyens à faible rendement du fait des pertes importantes dans les câbles. Le courant alternatif (CA) offrait des performances nettement supérieures car transportable à des niveaux de tension plus élevés, avec beaucoup moins de pertes. Le terrain était ainsi propice au transport en courant alternatif à haute tension (CAHT) sur de longues distances.

En 1893, la technologie CAHT bénéficia d'un nouveau coup de pouce avec l'avènement du transport en triphasé. Il était désormais possible de garantir un écoulement stable et non pulsatoire de la puissance.

Même si le courant alternatif s'est imposé dès le départ dans la recherche d'un système de transport performant, les ingénieurs n'ont jamais complètement abandonné l'idée d'utiliser le courant continu. Certains tentèrent de construire un réseau de transport à haute tension avec des génératrices CC connectées en série à une extrémité et des moteurs CC également en série à l'autre extrémité – le tout couplé au

Simulateur analogique utilisé pour la conception des premiers systèmes de transport CCHT



même arbre. Malgré un fonctionnement satisfaisant, ce système n'a jamais connu de percée commerciale.

### Le courant alternatif domine

Au fur et à mesure que les réseaux CA s'étendaient et que l'électricité était produite de plus en plus loin des centres de consommation, des lignes aériennes toujours plus longues étaient construites, transportant du courant alternatif à des tensions sans cesse plus élevées. De même, pour traverser de grandes étendues d'eau, des câbles sous-marins étaient développés.

Lorsque finalement le transport CCHT confirma sa faisabilité technique, on douta pendant longtemps de son aptitude à concurrencer le transport CAHT.

Toutefois, aucun de ces moyens de transport n'était totalement satisfaisant. En particulier, la puissance réactive qui oscille entre les valeurs de capacité et d'inductance dans les réseaux posait des problèmes. De ce fait, les planificateurs de systèmes électriques envisagèrent à nouveau la faisabilité du transport en courant continu.

### Le retour du courant continu

Par le passé, le développement du transport CCHT avait été entravé, au premier chef, par la fiabilité médiocre

et le coût élevé des valves utilisées pour convertir le CAHT en CCHT, et vice-versa.

La valve à vapeur de mercure offrit, pendant longtemps, les meilleures perspectives de développement. Depuis la fin des années 1920, lorsque l'entreprise suédoise ASEA – société à l'origine du Groupe ABB – commença à fabriquer des convertisseurs statiques et des valves à vapeur de mercure supportant des tensions proches de 1000 V, la conception de valves pour des tensions encore supérieures ne cessa d'être étudiée.

Dans ce contexte, de nouveaux domaines devaient être envisagés dans lesquels seule une petite partie du savoir-faire technique existant pouvait être réutilisée. En fait, pendant plusieurs années, on s'est demandé si tous les problèmes pourraient être résolus. Lorsque finalement le transport CCHT confirma sa faisabilité technique, il restait à lever les incertitudes sur son aptitude à concurrencer le transport CAHT.

Alors que les machines électriques tournantes et les transformateurs peuvent être conçus très précisément par la formulation mathématique des lois de la physique, la conception des valves à vapeur de mercure s'appuie pour une grande part sur des connaissances empiriques. Résultat, les tentatives d'élévation de la tension dans le tube rempli de vapeur de mercure en augmentant l'entrefer entre l'anode et la cathode étaient invariablement vouées à l'échec!

Le problème fut résolu en 1929 en proposant d'insérer des électrodes de répartition de potentiel entre l'anode et la cathode. Brevetée ultérieurement, cette solution innovante peut, en quelque sorte, être considérée comme la pierre angulaire de tous les travaux de développement ultérieurs sur la valve à vapeur de mercure haute tension. C'est à cette époque que le Dr Uno Lamm, qui dirigeait les travaux, gagna sa réputation de « père du CCHT ».

### La liaison de Gotland

Le moment était venu pour des essais en service à des puissances plus élevées. Avec l'Agence suédoise de l'énergie, l'entreprise créa, en 1954, une station d'essais à Trollhättan où une importante centrale de production pouvait fournir l'énergie nécessaire. Une ligne de transport de 50 km fut également mise à disposition.

Les expériences menées au cours des années suivantes débouchèrent sur une commande de l'Agence pour la réalisation de la première ligne de transport d'énergie CCHT au monde. Celle-ci devait être construite entre l'île de Gotland en mer Baltique et la côte suédoise.

Suite à cette commande, l'entreprise intensifia ses efforts de développement sur les valves à vapeur de mercure et les câbles CC à haute tension, et entreprit des travaux de conception sur d'autres matériels des stations de conversion, notamment les transformateurs, les inductances, l'appareillage ainsi que les équipements de commande et de protection.

Seule une partie de la technologie des systèmes CA existants était réexploitable pour le nouveau système CC. Une technologie totalement innovante s'imposait donc. Les spécialistes du laboratoire de Ludvika, avec à leur tête les Dr Erich Uhlmann et Harry Forsell, se mirent au travail pour résoudre les nombreux problèmes qu'elle soulevait. Enfin, un concept fut élaboré pour la liaison de Gotland qui s'est avéré si performant qu'il est resté à peu près inchangé à ce jour.

Gotland étant une île, la liaison exigeait de fabriquer un câble sous-marin capable d'acheminer le courant continu. Le câble «classique» à isolation au papier imprégné utilisé depuis 1895 pour le transport CA à 10 kV offrait un bon potentiel et servit de point de départ au développement d'un câble capable d'acheminer 100 kV CC.

Enfin, en 1954, après quatre années d'effort et d'innovation, la liaison CCHT de Gotland de 20 MW, 200 A et 100 kV était mise en exploitation ; un nouveau cap était franchi dans le

domaine du transport de l'énergie électrique.

Après 28 années de bons et loyaux services, la liaison de Gotland d'origine fut mise hors service en 1986, remplacée par deux nouvelles liaisons de puissances supérieures construites entre l'île et le continent suédois, la première en 1983 et la deuxième en 1987.

### Premiers projets de transport d'énergie en CCHT

Au début des années 1950, la France et la Grande-Bretagne décidèrent la construction d'une ligne d'interconnexion sous la Manche. La technologie CCHT fut retenue et l'entreprise remporta sa deuxième commande, cette fois pour une liaison de 160 MW.

La réussite de ces premiers projets suscita un intérêt considérable dans le monde entier. Au cours des années 1960, plusieurs liaisons CCHT furent construites : Konti-Skan entre la Suède et le Danemark, Sakuma au Japon (avec des convertisseurs de fréquence 50/60 Hz), la liaison néo-zélandaise entre les îles du sud et du nord, la liaison Italie-Sardaigne et la liaison avec l'île de Vancouver au Canada.

La plus importante liaison CCHT dotée de valves à vapeur de mercure jamais construite par l'entreprise fut l'interconnexion *Pacific Intertie* [1] aux Etats-Unis. Dimensionnée dans un premier temps pour une capacité de transport de 1 440 MW et renforcée ultérieurement à 1 600 MW sous  $\pm 400$  kV, sa station terminale nord se

situe à The Dalles (Oregon) et sa station terminale sud à Sylmar, à l'extrémité nord de la cuvette de Los Angeles. Cette liaison, réalisée conjointement avec General Electric, fut mise en exploitation en 1970.

L'un dans l'autre, huit systèmes CCHT à valves à vapeur de mercure furent installés par l'entreprise pour une puissance totale de 3 400 MW. Même si beaucoup de ces installations ont depuis été remplacées ou renforcées avec des valves à thyristors, certaines sont encore en exploitation, après plus de 40 années de service !

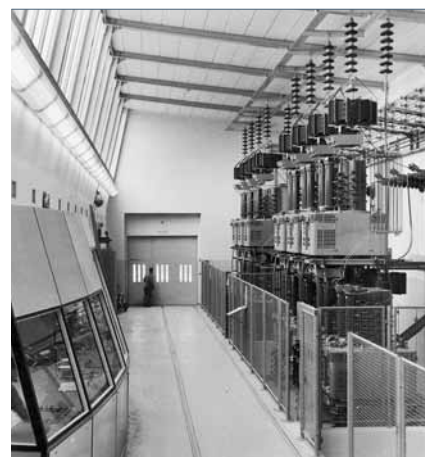
Pendant toute la première moitié des années 1960, dans le cadre de ses activités dans les semi-conducteurs, l'entreprise ne cessa de travailler à la conception de valves à thyristors haute tension comme solution de remplacement aux valves à vapeur de mercure. Au printemps 1967, une des valves à vapeur de mercure de la liaison CCHT de Gotland fut remplacée par une valve à thyristors. Il s'agissait de la première valve de ce type exploitée commercialement pour une ligne de transport CCHT. Après une période d'essai d'un an, l'Agence suédoise de l'énergie commanda un ensemble complet de valves pour chaque station de conversion, augmentant du même coup la capacité de transit de 50%.

A la même époque, des essais furent effectués sur le câble sous-marin de Gotland, qui fonctionnait parfaitement sous 100 kV, pour voir si sa tension pouvait être augmentée à 150 kV –

Première valve à vapeur de mercure pour le transport d'énergie en CCHT



Valves à vapeur de mercure de la première liaison de Gotland (1954)



## ABB, ÉTERNEL PIONNIER

Station de conversion de Foz do Iguaçu avec la centrale électrique de 12 600 MW d'Itaipu en arrière-plan



niveau requis pour transiter la puissance supérieure. Les essais furent concluants et le câble fut par la suite exploité sous un gradient électrique de 28 kV/mm, ce qui reste à ce jour la référence mondiale pour les grands projets de transport CCHT par câble.

Les nouveaux ensembles de valves furent connectés en série aux deux groupes de valves à vapeur de mercure existants, faisant passer ainsi la tension de transport de 100 à 150 kV. Ce système plus puissant mis en service au printemps 1970 constitua une autre première mondiale pour la ligne de transport de Gotland.

Les valves à thyristors, qui ont permis de simplifier les stations de conversion, équipent depuis cette époque toutes les liaisons CCHT. D'autres acteurs se lancèrent sur le marché. Brown Boveri (BBC) – qui fusionna plus tard avec ASEA pour créer ABB – s'associa à Siemens et AEG pour construire la liaison CCHT de Cahora Bassa de 1 920 MW entre le Mozambique et l'Afrique du Sud. Le même groupement construisit ensuite la liaison Nelson River 2 de 2 000 MW au Canada, premier projet à utiliser des valves CCHT refroidies par eau.

La fin des années 1970 vit également l'achèvement d'autres projets : la liaison Skagerrak entre la Norvège et le Danemark, la liaison Inga-Shaba au Congo et le projet CU aux Etats-Unis.

L'interconnexion Pacific Intertie a été renforcée par deux fois dans les années 1980 avec des convertisseurs à thyristors pour accroître sa capacité

à 3 100 MW sous  $\pm 500$  kV. La station terminale de Sylmar est équipée depuis 2004 de convertisseurs à thyristors pour toute la capacité de puissance.

### **Itaipu – nouvelle référence en matière de transport d'énergie en CCHT**

Le contrat pour le plus grand projet de transport CCHT jamais construit au XX<sup>e</sup> siècle, la liaison CCHT de 6 300 MW d'Itaipu au Brésil, fut adjugé en 1979 au consortium ASEA-PROMON. Cette liaison, réalisée et mise en exploitation en plusieurs étapes entre 1984 et 1987, joue un rôle clé dans l'alimentation en énergie électrique du Brésil, fournissant une part importante de l'électricité à la ville de São Paulo.

Par sa taille et sa complexité technique, le projet d'Itaipu représentait un défi majeur et le point de départ de l'ère moderne de la technologie CCHT. Le retour d'expérience lié à ce projet explique pour beaucoup les nombreuses commandes qu'ABB a reçues au cours des années qui suivirent.

A la fin des années 1980 et au début de la décennie suivante, le projet CCHT le plus ambitieux fut sans conteste l'interconnexion Québec-Nouvelle Angleterre de 2 000 MW, première liaison multiterminale CCHT importante construite dans le monde.

### **Les câbles CCHT ne sont pas en reste**

Alors que les caractéristiques assignées des stations de conversion ne cessaient d'augmenter, il en allait de même des puissances et des niveaux de tension que les câbles CCHT devaient acheminer.

Station de conversion de la liaison CCHT par câble de la Baltique



Les plus gros câbles CCHT sous-marins installés à ce jour transitent 700 à 800 MW sous 450 à 500 kV. Le plus long est celui de la liaison NorNed de 580 km entre la Norvège et les Pays-Bas, mis en service en 2008.

### **La technologie CCHT aujourd'hui**

La majorité des stations de conversion CCHT construites aujourd'hui continue de s'appuyer sur les principes qui ont fait le succès de la première liaison de Gotland dès 1954. La conception de ces stations a connu son premier grand bouleversement avec l'arrivée des valves à thyristors au début des années 1970. Les premières valves étaient refroidies par air et conçues pour être utilisées à l'intérieur ; les valves refroidies par huile, isolées dans l'huile et conçues pour l'extérieur, firent rapidement leur apparition. Aujourd'hui, toutes les valves CCHT sont refroidies par eau [2].

Exemple type de liaison CCHT moderne pour le transport massif d'énergie, les deux liaisons de 3 000 MW qu'ABB construit actuellement dans le cadre du projet de la centrale hydroélectrique des Trois-Gorges en Chine.

En 1995, ABB présentait une nouvelle génération de station de conversion CCHT : « HVDC 2000 » [3]. Ce concept répond à des exigences plus strictes en termes de perturbations électriques et de stabilité dynamique lorsque la capacité de court-circuit est insuffisante, de même qu'en termes de réduction de l'encombrement et des délais de livraison.

Un élément clé de la solution HVDC 2000 fut l'introduction des convertisseurs commutés par condensateurs (CCC). En réalité, il s'agit de la première modification fondamentale apportée à la technologie de base des systèmes CCHT depuis 1954!

## Les plus gros câbles CCHT sous-marins installés à ce jour transitent 700 à 800 MW sous 450 à 500 kV.

Le système HVDC 2000 inclut également d'autres innovations ABB comme les filtres CA syntonisés en continu (ConTune), les filtres CC actifs, les valves CCHT externes isolées dans l'air et le système de contrôle-commande entièrement numérique MACH 2™.

Le premier projet à mettre en œuvre le système HVDC 2000 avec CCC et valves extérieures fut la station de conversion dos-à-dos Garabi de 2 200 MW de l'interconnexion CCHT Brésil-Argentine. La station de conversion Apollo (Afrique du Sud) de la liaison Cahora Bassa reçut, en 2008, des nouvelles valves CCHT extérieures isolées dans l'air.

### Liaisons CCTHT

Jusqu'à présent, la majorité des plus grandes liaisons CCHT de 2 000 MW ou plus était conçue pour des tensions

de  $\pm 500$  à 600 kV. Or ces niveaux étaient insuffisants pour transporter sur près de 2 000 km l'électricité produite par les centrales hydrauliques géantes actuellement en construction en Chine et en Inde. En effet, seuls deux pôles de ces liaisons doivent acheminer entre 5 000 et 8 000 MW. C'est ainsi que le transport en courant continu à très haute tension (CCTHT) sous  $\pm 800$  kV s'imposa comme l'optimum en matières d'investissement, de pertes et de limitations techniques, exigeant toutefois des développements majeurs pour les équipements des stations de conversion. ABB s'attela à la tâche, menant des essais de longue durée sur les équipements développés. Sa technologie CCTHT est en cours de mise en œuvre pour le projet de plus longue liaison de transport mondiale en Chine, entre Xiangjiaba et Shanghai. La liaison CCTHT de 6 400 MW sous  $\pm 800$  kV d'une longueur de 2 071 km sera mise en service en 2010–2011.

### HVDC Light®

En 50 ans, la technologie CCHT est parvenue à maturité et constitue un mode de transport fiable de fortes puissances sur de longues distances avec des pertes minimales. La question est maintenant de savoir quelle direction prendront les travaux de développement dans les prochaines années.

On pensait qu'ils suivraient, encore une fois, l'évolution des entraînements industriels dans lesquels les thyristors

ont été remplacés il y a déjà longtemps par des convertisseurs à source de tension avec des semi-conducteurs à la fois blocables et amorçables. Ces derniers offraient de très nombreux avantages pour la commande des systèmes d'entraînement industriels, que l'on pensait pouvoir transposer aux systèmes de transport d'énergie électrique. Adapter la technologie des convertisseurs à source de tension au CCHT n'est, toutefois, pas chose aisée. C'est toute la technologie qui doit être revue, pas simplement les valves.

En phase de développement de son convertisseur à source de tension, ABB comprit que le transistor bipolaire à grille isolée IGBT offrait les meilleures perspectives par rapport aux autres composants semi-conducteurs. Avant toute chose, la commande de l'IGBT nécessite très peu d'énergie, rendant possible sa mise en série. Cependant, pour le CCHT, un grand nombre d'IGBT doit être mis en série, ce qui n'est pas le cas des entraînements industriels.

Câble sous-marin de la liaison CCHT Baltique de 600 MW entre l'Allemagne et la Suède



Câble terrestre de la solution HVDC Light



Pose du câble de la liaison CCHT de Gotland en 1954



## ABB, ÉTERNEL PIONNIER

Laboratoire STRI de Ludvika en Suède avec les installations d'essai CCTHT 800 kV



En 1994, ABB concentra ses travaux de développement sur les convertisseurs à source de tension dans un projet destiné à exploiter deux convertisseurs à IGBT dans un système CCHT de petite taille. Une ligne CA de 10 km de long au centre de la Suède fut mise à disposition pour le projet.

Fin 1996, après un programme complet d'essais synthétiques, le matériel fut installé et testé en conditions réelles d'exploitation. L'année suivante, le premier système de transport CCHT à convertisseurs à source de tension, baptisé HVDC Light® [4], commençait à acheminer l'électricité entre Hellsjön et Grängesberg en Suède.

Depuis, 11 systèmes de ce type ont été commandés, dont 8 sont exploités commercialement à travers le monde.

Un avantage de la technologie HVDC Light est qu'elle permet d'améliorer la stabilité et la régulation de la puissance réactive à chaque extrémité du réseau. De même, elle peut opérer à des puissances de court-circuit très faibles, voire redémarrer après défaut.

Dès le départ, la technologie HVDC Light était destinée au transport électrique par câbles souterrains ou sous-marins, nécessitant le développement d'un câble spécial en matériau polymère qui le rend particulièrement résistant et robuste. On peut ainsi poser des câbles CCHT dans des environnements agressifs sans risques de détérioration. Le câble extrudé permet également la viabilité économique de

longues lignes de transport CCHT terrestres par câbles. Comme exemple, citons l'interconnexion HVDC Light de Murraylink en Australie qui fait 180 km de long.

La liaison NordE.ON 1 entre un parc éolien marin et l'Allemagne, de même que les câbles sous-marins qui relient les plates-formes de production pétrolière et gazière de Troll et de Valhall à la côte norvégienne sont des applications intéressantes par la légèreté et la compacité des convertisseurs, et les caractéristiques des câbles [4].

L'interconnexion Caprivi en Namibie sera la première liaison HVDC Light à utiliser une ligne aérienne CC. Elle est actuellement en cours de réalisation et commencera à acheminer de l'électricité en 2009. Cette adaptation de la technologie HVDC Light élargira considérablement sa plage d'applications.

### Et les 50 prochaines années ?

La technologie CCHT a fait son chemin depuis la première liaison de Gotland. Mais que nous réserve l'avenir ?

Le CCTHT est déjà une réalité avec des liaisons de 6 000 MW sous  $\pm 800$  kV en construction qui serviront principalement au transport massif d'hydro-électricité à partir de centrales très éloignées. Si des tensions supérieures sont possibles, elles nécessitent encore d'importants efforts de développement.

Pour les auteurs, la solution HVDC Light se substituera au marché de la technologie à thyristors sauf dans les puissances les plus élevées. Les pertes supérieures des convertisseurs à source de tension par rapport au CCHT traditionnel, inconvénient qui a perduré jusqu'à présent, tendra à disparaître en quelques années. L'adaptation de la technologie HVDC Light aux lignes aériennes CC permet, dès aujourd'hui, de s'affranchir des limitations des câbles CC.

Les perspectives les plus intéressantes pour la technologie HVDC Light se situent, toutefois, dans le domaine des liaisons multiterminales et même dans les réseaux CC. A long terme, ces derniers pourraient servir de solution « de repli » aux réseaux CA pour le transport sur longues distances, en particulier pour les réseaux conçus à l'origine à des fins de secours et qui, par voie de conséquence, utilisent un niveau de tension inadapté au transport CA longues distances.

Pour en savoir plus sur le transport d'énergie en CCHT, consultez notre site [www.abb.com/hvdc](http://www.abb.com/hvdc).

Une partie de cet article a été publiée dans le numéro 4/2003 de la *Revue ABB*.

**Gunnar Asplund**

**Lennart Carlsson**

ABB Power Technologies

Ludvika (Suède)

[gunnar.asplund@se.abb.com](mailto:gunnar.asplund@se.abb.com)

[lennart.k.carlsson@se.abb.com](mailto:lennart.k.carlsson@se.abb.com)

### Bibliographie

- [1] Engström, L., *Installations TCCHT pour l'approvisionnement en électricité de Los Angeles*, *Revue ABB* 1/88, p. 3–10
- [2] Sheng, B., Bjarma, H. O., *Des performances prouvées – Un circuit d'essais synthétiques pour valider la conception des valves à thyristors*, *Revue ABB* 2/2003, p. 25–29
- [3] Aernlöf, B., *HVDC 2000 – une nouvelle génération d'installations CCHT*, *Revue ABB* 3/1996, p. 10–17
- [4] Asplund, G. et al., *Liaison CCHT légère fondée sur des convertisseurs à circuit intermédiaire de tension*, *Revue ABB* 1/1998, p. 4–9
- [5] Nestli, T et al., *Des technologies de l'énergie innovantes pour la plate-forme offshore de Troll*, *Revue ABB* 2/2003, p. 15–19





## Revue ABB 1/2008 Les dessous de la prise électrique

<b>Prise de conscience</b>	
Un fabuleux voyage au pays de la fée électricité	6
<b>Energie électrique</b>	
Comment relever les défis des décennies à venir ?	8
<b>Energétique, intelligente et écologique</b>	
L'automatisation du bâtiment grâce au système KNX	14
<b>Arc Eliminator</b>	
Un dispositif actif et rapide renforce la sécurité des opérateurs et la disponibilité des équipements	18
<b>Il y a une vie après le court-circuit!</b>	
Le secret d'une bonne tenue aux courts-circuits	24
<b>Les transformateurs en garde à vue</b>	
Mieux surveiller pour mieux gérer : tel est le rôle du suivi d'état	29
<b>L'évolution des postes électriques</b>	
ABB repousse les frontières de l'intégration, de la compacité et de la simplicité	34
<b>Grandir en gardant la ligne</b>	
Ne perdez plus le fil avec la gamme complète de solutions de gestion de réseaux ABB!	39
<b>Quand l'intelligence vient aux réseaux...</b>	
Automatisation intelligente pour la gestion active des réseaux électriques	44
<b>Frais de déplacement</b>	
Faut-il construire les centrales électriques à proximité des sources d'énergie ou des centres de consommation ?	48
<b>Alimenter en énergie électrique les plates-formes offshore</b>	
Grâce à HDVC Light®, écologie et économie ne sont plus antinomiques	52
<b>Faites bouillir la marmite!</b>	
Ou comment optimiser le démarrage des chaudières vapeur des centrales E.ON	57
<b>Les réseaux de la dernière chance</b>	
La communication sans fil prolonge la durée d'exploitation des plates-formes pétrolières	63
<b>Les lauriers de la victoire!</b>	
Une centrale électrique flottante pour alimenter les plates-formes offshore de la mer Caspienne	67
<b>Entrée interdite!</b>	
L'espace de sécurité 800xA monte la garde pour assurer la protection de votre réseau	71
<b>L'avenir sous contrôle</b>	
Les services de télésurveillance et de téléconduite d'ABB : la performance sans le risque	76
<b>125 ans que ça tourne!</b>	
Depuis l'invention du moteur, ABB n'a eu de cesse d'innover dans ce domaine	81



## Revue ABB 2/2008 ... pour un monde meilleur

<b>Accès à l'énergie: un long fleuve tranquille ?</b>	
Pour ABB, la technologie doit être une source de bien-être	6
<b>Confort, sécurité et efficacité énergétique de l'habitat</b>	
Avec la gestion intelligente du bâtiment, votre installation électrique vous obéit au doigt et à l'œil	10
<b>Plein feu sur la sécurité</b>	
ABB et les installations électriques dans le bâtiment	15
<b>L'eau, source de vie</b>	
ABB développe des technologies innovantes pour une gestion de l'eau plus performante et durable	19
<b>Sur les voies de la performance</b>	
L'équipement électrique ABB agrmente les voyages en train	25
<b>Force ascensionnelle</b>	
Le variateur ABB machinery drive hisse toujours plus haut les constructeurs d'ascenseurs	30
<b>Suivre le mouvement</b>	
Satisfaction totale pour les utilisateurs d'appareils de levage et de manutention	34
<b>La couleur du ciel</b>	
L'instrumentation ABB fait la pluie et le beau temps dans les prévisions météorologiques	39
<b>Des stades à géométrie variable</b>	
Dans les stades, les variateurs et départs-moteurs ABB vont droit au but!	43
<b>Le monde du silence</b>	
Un bon transformateur est un transformateur silencieux!	47
<b>Des lignes légères, sûres et efficaces</b>	
Grâce au câble HVDC Light®, le transport d'électricité entre dans le XXI <sup>e</sup> siècle	52
<b>Cols d'acier</b>	
ABB et la robotique industrielle: l'innovation permanente	56



## Revue ABB 3/2008 Electronique de puissance

### Marque de fabrique

L'usine suisse de Lenzbourg est le fer de lance de la production de semi-conducteurs de puissance ABB 6

### Emballiez, c'est pesé!

La technologie des boîtiers, clé de la qualité et de la fiabilité opérationnelle des modules d'IGBT 9

### IGCT: petit mais costaud

Des thyristors IGCT toujours plus puissants 15

### IGBT: la course aux performances

Les formidables avancées réalisées dans la conception des IGBT et de leurs diodes 19

### Duo de choc

Les variateurs de fréquence ABB, en tête de la course à l'efficacité énergétique et à la productivité 25

### Un pour tous, tous pour un

Les solutions multi-entraînements *Multidrive* de l'industrie cimentière optent pour un redresseur commun à pont d'IGBT 30

### Concentré de puissance

Le processeur PP D104, ticket gagnant des systèmes d'excitation et de traction électriques 35

### De la puissance en réserve

Une conversion à la puissance 3 pour les stations de transfert d'énergie par pompage 40

### Propres et invisibles

L'énergie éolienne est en première ligne pour bâtir un monde énergétique durable 44

### Un train d'avance

Convertisseurs de fréquence ABB pour réseaux électriques ferroviaires 49

### La tête dans les étoiles et les pieds dans l'eau

Un vent nouveau souffle sur l'énergie éolienne 56

### Le vent en poupe

Les parcs éoliens prennent le large sans jamais perdre le contact avec HVDC Light® 62

### Question pour un champion

Le logiciel de diagnostic ABB a l'œil sur la conduite du procédé! 67

### Atterrir en toute sécurité

Les systèmes radar de navigation aérienne ont toute confiance dans les interrupteurs à semi-conducteurs d'ABB 70

### Puces savantes

Visite guidée de l'évolution des semi-conducteurs de puissance ABB 72



## Revue ABB 4/2008 Innovations fructueuses

2008, année fertile 6

### Cadre de vie

Convivialité, élégance et sobriété énergétique caractérisent l'automatisation de l'habitat ABB Busch-Jaeger 11

### Tolérance zéro

La gamme RE\_60\_ prend le relais dans les réseaux de distribution 15

### Poste de garde

Un appareillage d'interruption à très haute tension bat tous les records pour protéger la Chine 20

### Intelligence productive

*Network Platform*, ou comment améliorer le contrôle qualité dans l'industrie papetière 25

### En prise directe

Robots FlexPicker™ de deuxième génération 29

### Parcours sans faute

Les progrès continus de la surveillance à grande échelle renforcent la stabilité du réseau électrique 34

### Plongée sous-marine

HVDC Light® relie le plus grand parc éolien marin mondial à la côte allemande 40

### Protection obligatoire

La sécurité ne fait plus bande à part 44

### Rien ne se perd...

Avec le système 800xA d'ABB, une petite unité de production de bioéthanol a tout d'une grande! 49

### Tenue correcte exigée

Evolution des matériaux isolants pour transformateurs de mesure d'extérieur 51

### Sous haute surveillance

Les réseaux électriques adoptent une bonne conduite 55

### CCHT

ABB – du rôle de pionnier à celui de leader mondial 59

## Rédaction

Peter Terwiesch  
Chief Technology Officer  
Group R&D and Technology

Clarissa Haller  
Head of Corporate Communications

Ron Popper  
Manager of Sustainability Affairs

Axel Kuhr  
Head of Group Account Management

Friedrich Pinnekamp  
Chief Editor, ABB Review  
friedrich.pinnekamp@ch.abb.com

Andreas Moglestue  
Deputy Chief Editor, ABB Review  
andreas.moglestue@ch.abb.com

## Edition

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

ABB Asea Brown Boveri Ltd.  
ABB Review/REV  
CH-8050 Zürich  
Suisse

La *Revue ABB* paraît quatre fois par an en anglais, français, allemand, espagnol, chinois et russe.  
Elle est proposée 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 le bureau de la rédaction de la revue.

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.

Publisher and copyright ©2008  
ABB Asea Brown Boveri Ltd.  
Zurich (Suisse)

## Impression

Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH  
AT-6850 Dornbirn (Autriche)

## Maquette

DAVILLA Werbeagentur GmbH  
AT-6900 Bregenz (Autriche)

## Traduction française

Brigitte Fessard  
bfessard@wanadoo.fr

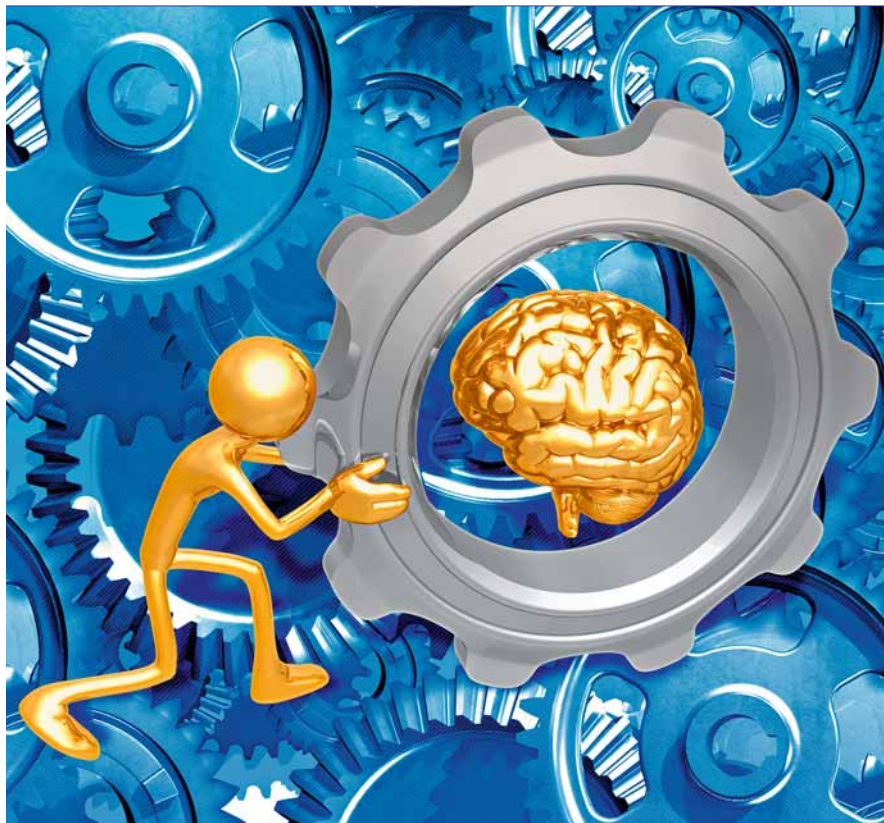
## Avertissement

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: 1013-3127

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

Dans le numéro 1/2009



## Productivité industrielle

Ce numéro de la *Revue ABB* que vous avez entre les mains est consacré à l'innovation qui permet soit de trouver une meilleure réponse à des problèmes existants soit de proposer une solution très efficace à de nouveaux problèmes. Bref, il s'agit de faire plus avec moins, c'est-à-dire être plus productif. La productivité sera précisément le thème de notre prochain numéro.

L'énergie et l'extraction des matières premières sont deux domaines où la productivité est primordiale et où des technologies ABB comme les variateurs de vitesse et les systèmes de surveillance des procédés sont de formidables leviers de productivité.

Si l'industrie manufacturière est depuis longtemps citée en exemple pour ses niveaux de productivité, cela ne signifie nullement qu'elle n'offre plus aucun potentiel d'amélioration. D'un

analyseur de défauts papetiers à un robot de nettoyage, la *Revue ABB* donnera un aperçu des gisements de productivité qui restent à exploiter.

Dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, nous examinerons quelques solutions de validation et de gestion des actifs ainsi que de commande des dispositifs.

Pour autant, tous les gains de productivité ne sont pas réalisés par l'installation de produits physiques. Leur mode d'exploitation et de maintenance est tout aussi crucial. C'est ainsi que la *Revue ABB* s'intéressera aux activités du Groupe dans le domaine des services pour comprendre en quoi ils font la différence pour les clients.

Ce n'est là qu'un aperçu des sujets qui seront traités dans notre numéro 1/2009.



## Connect emission-free power to the grid?

ABB is helping construct the world's largest offshore wind farm. Using our eco-friendly transmission technology, this 400-megawatt plant is expected to avoid 1.5 million tons of CO<sub>2</sub> emissions per year and improve the reliability of the power grid. It's just one of the ways that we, as the biggest supplier of electrical products and services for the wind industry, can use renewable power sources to help combat climate change. [www.abb.com/energyefficiency](http://www.abb.com/energyefficiency)

Naturally.

Power and productivity  
for a better world™

