

# review

ABB Ability

03|2017 fr



- 
- 06–13 Parole d'ABB
  - 14–37 ABB Ability™
  - 38–67 Protection et sécurité
  - 68–81 Raccordements universels
  - 82–97 Commande et productivité



84

### Commande de compresseurs électriques

### Protection, surveillance et gestion des microréseaux avec l'Emax 2



### La parole à nos lecteurs



60



16

### Le sans-fil se faufile dans le procédé



70

### Transformateur moyenne fréquence pour le CERN





99



76

Courant quai

Emax 2 et Ekip Link  
s'invitent à bord



54

---

05 **Éditorial**

---

## Parole d'ABB

08 **Entretien : ABB Ability™**

13 **La cybersécurité, brique essentielle**

---

## ABB Ability™

16 **Le sans-fil se faufile au cœur du procédé**

20 **La notification prédictive au service de la production et de la performance**

26 **Exécution des projets d'automatisation**

30 **Automatisation des échanges de données techniques**

36 **Une mine d'informations**

---

## Protection et sécurité

40 **Mesure, contrôle et suivi de l'énergie**

47 **Protection moyenne tension PCS120**

54 **Protection Ekip Link par sélectivité de zone logique**

60 **L'Emax 2 protège les microréseaux**

---

## Raccordements universels

70 **Transformateur MF pour le CERN**

76 **Courant quai**

---

## Commande et productivité

84 **Compresseurs électriques**

92 **Un ordonnanceur convivial et flexible**

---

## Le mot du moment

98 **Blockchain**

---

99 **Publication ABB**

99 **La parole à nos lecteurs**

---

**La numérisation, vecteur de changement, bouleverse la production industrielle, à toutes les étapes du cycle de vie. Avec 70 millions d'appareils connectés, 70 000 systèmes de contrôle-commande numériques et 6000 solutions logicielles d'entreprise, ABB est à l'avant-garde de cette révolution.**

**Ce numéro d'ABB Review présente différents exemples de collaboration entre le Groupe et ses clients qui, en disposant de meilleures données sur leur activité, produisent plus et mieux.**

**Ne manquez pas non plus notre questionnaire en dernière page : dites-nous ce que vous pensez de la revue et comment nous pouvons encore l'améliorer.**

---

ÉDITORIAL

# ABB Ability™



Chers lecteurs,  
Vous l'avez sûrement remarqué, ce numéro d'ABB Review est plus épais que d'habitude. L'importance de notre thème central, ABB Ability™, justifiait bien une édition spéciale. Qu'est-ce qu'ABB Ability? C'est à la fois une plate-forme ouverte hébergeant des solutions ABB et tierces, et une palette sans cesse grandissante de produits et services proposés par ABB et ses partenaires. Bref, un écosystème complet. Ce numéro nous en livre plusieurs exemples de réalisation concrète.

Par ailleurs, ABB Review s'est dotée d'une nouvelle maquette et formule éditoriale depuis le début de l'année. Vos commentaires nous sont précieux pour connaître l'impact de la revue et la faire évoluer. C'est pourquoi nous vous invitons à répondre à notre courte enquête de satisfaction et à gagner peut-être l'un des prix de notre tirage au sort.

Bonne lecture,

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bazmi Husain'.

Bazmi Husain  
Directeur des technologies



# Parole d'ABB



**De quoi demain sera-t-il fait ?**  
Cette question taraude les spécialistes dans le monde entier. ABB ne se contente pas de contribuer activement à la réflexion, mais montre l'exemple par des réalisations tangibles. En matière de transition numérique et de cybersécurité, par exemple, les solutions du Groupe conjuguent le futur au présent.

08 ABB Ability™ révolutionne l'industrie  
13 La cybersécurité, brique essentielle



PAROLE D'ABB

# ABB Ability™ révolutionne l'organisation de l'industrie



## Guido Jouret

Notre Directeur de la transformation numérique présente la nouvelle plate-forme ABB Ability™.

Lors d'un précédent entretien, publié dans le numéro 1/2017 d'ABB Review, Guido Jouret évoquait la stratégie numérique du Groupe. Il nous parle aujourd'hui d'ABB Ability.

**AR ABB Review (AR):** En mars dernier, à l'occasion de l'ABB Customer World de Houston (États-Unis), le Groupe a lancé sa nouvelle plate-forme ABB Ability. De quoi s'agit-il exactement ?

**GJ Guido Jouret (GJ):** ABB Ability est un ensemble de solutions reposant sur le numérique pour l'industrie. C'est aussi le nom de la plate-forme qui accueille ces solutions. L'ensemble des produits et services ABB va migrer vers une offre numérique accessible via une plate-forme hébergée dans le Cloud. Cette dernière s'appuie sur l'architecture Microsoft Azure pour proposer une vaste palette de services et d'outils d'analyse.

**AR** En quoi ABB Ability surpasse-t-elle l'offre actuelle d'ABB dans les domaines de l'automatisation et du numérique ?

**GJ** On présente souvent l'Internet des objets (IoT) comme un ensemble d'appareils embarquant chacun des capteurs et des processeurs qui leur permettent de générer des flux de données. Longtemps avant le développement d'ABB Ability, nous avons déjà identifié ces gisements de productivité, à la condition de ne pas les laisser en friche.

01



01 Le pupitre de collaboration ABB, qui donne accès aux données de process en temps réel, n'est qu'un exemple parmi d'autres des possibilités d'interaction avec les données offertes par ABB Ability.



Les progrès ininterrompus en matière de numérisation et de communication permettent de faire remonter l'information plus haut dans la hiérarchie. Agrégées et analysées, ces données alimentent déjà des rapports destinés aux dirigeants. Le chaînon manquant, qu'apporte ABB Ability, est la possibilité de s'appuyer directement sur ces données pour prendre des décisions. Chez ABB, nous appelons cela « boucler la boucle » →1.

Les automaticiens savent bien ce qu'est une boucle de régulation : les données du process sont renvoyées vers la commande, avec effet quasi-instantané. La connexion étroite entre capteur et actionneur en garantit le principe de base : toute modification des paramètres de sortie déclenche en retour une action immédiate. Conceptuellement, l'offre ABB Ability permet elle aussi de fermer une boucle, mais elle concerne cette fois les processus décisionnels qui coiffent les niveaux exploitation et maintenance. Elle englobe ainsi les modèles et corrélations des rangs supérieurs de la hiérarchie industrielle, plus souples en termes de réactivité →2.

**AR** Quels sont les paramètres manipulés dans cette boucle de régulation de haut niveau ?

**GJ** Nous parlons ici d'actions décisionnelles allant de l'optimisation du planning de maintenance à la conduite globale de l'entreprise. Autrement dit,

—

**ABB va numériser l'intégralité de son offre de produits et services.**

dépasser le périmètre immédiat du procédé et s'intéresser à la situation dans son ensemble, dans l'usine et au-delà. La direction peut ainsi s'appuyer sur des informations temps réel au lieu de données collectées en amont, parfois manuellement, et souvent limitées voire erronées. Comblé ce fossé permet de rapprocher encore davantage la gestion du contrôle-commande →3.



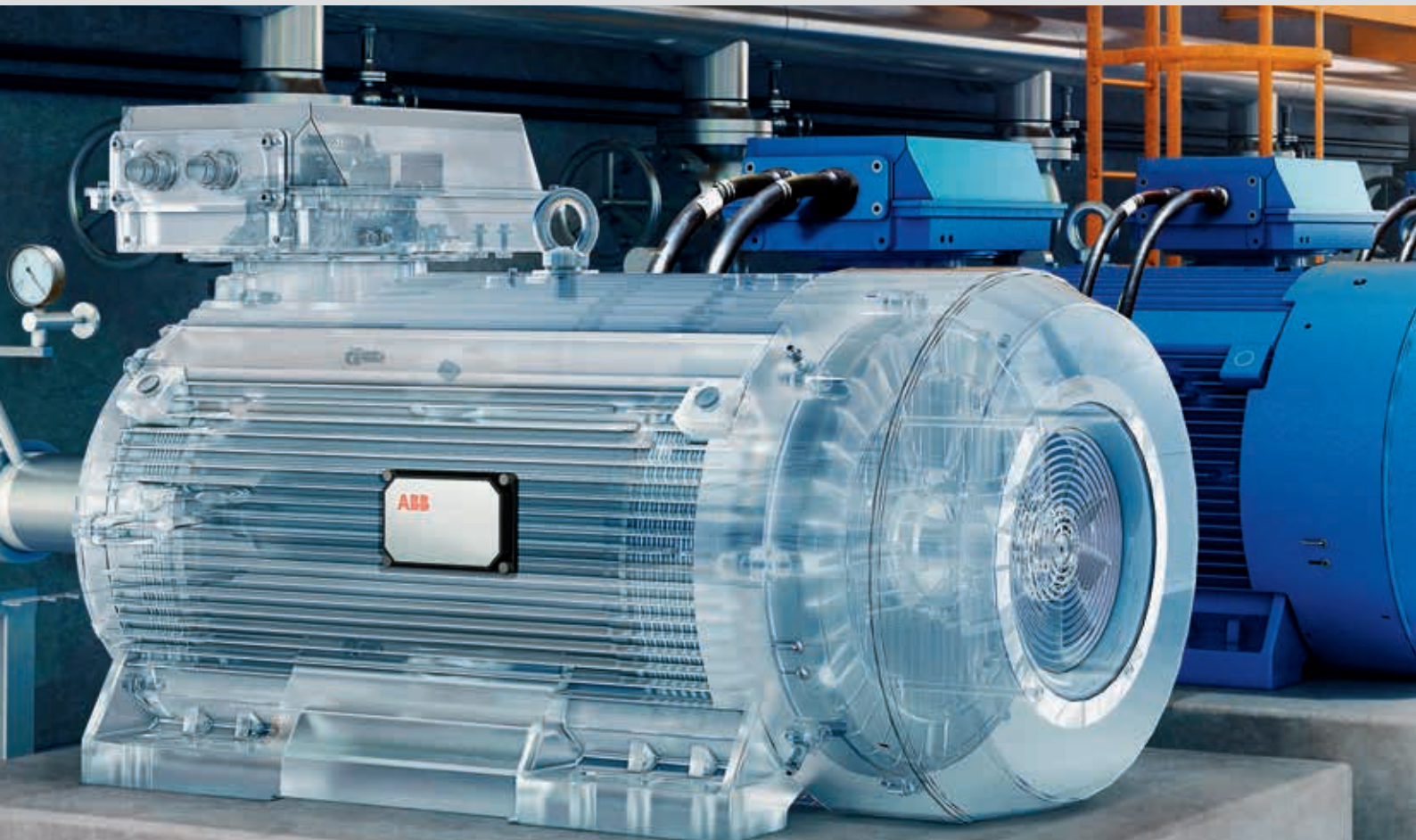
La communication fonctionne dans les deux sens : les dirigeants ont accès à des données actualisées, et les décisions redescendent pour une mise en œuvre réactive. Nous réalisons ainsi l'intégration des données informatiques avec les données opérationnelles.

—  
À l'instar des différents appareils d'un même système, les clouds échangeront des informations indépendamment de leur fournisseur ou de leur architecture.

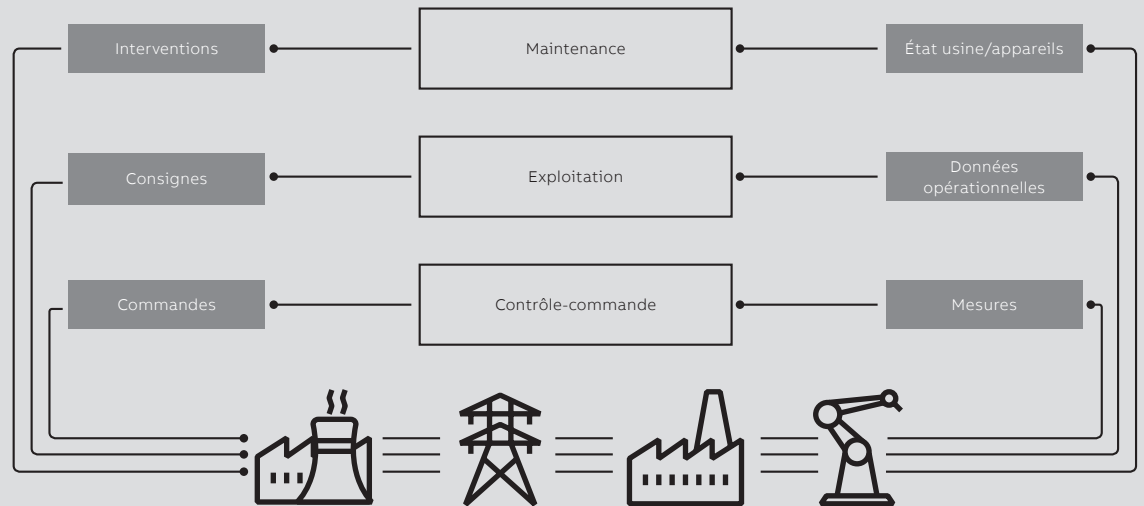
Prenons l'exemple d'une voiture électrique qui a besoin de se recharger. La voiture et la borne de recharge doivent bien entendu communiquer, par exemple pour la facturation de la consommation, ou encore pour s'assurer que les niveaux de tension et de courant sont appropriés et que la borne se déconnecte une fois la recharge terminée : des fonctionnalités de base pour un tel dispositif. Faire communiquer la borne avec le réseau électrique peut aussi être intéressant ; en cas de puissance insuffisante, par exemple, l'électricité fournie à la borne peut être bridée au profit de charges prioritaires.

La production manufacturière fournit un autre exemple d'application. Supposons qu'un responsable remarque un problème en amont dans la livraison d'un composant indispensable. Au lieu de laisser le procédé aval se dérouler à pleine charge jusqu'à une rupture de stock intempestive, il peut lancer la fabrication d'un autre produit pour limiter les perturbations. De même, si la perturbation détectée se situe en aval, réaffecter certaines ressources permettra d'œuvrer à une tâche plus intelligente que la fabrication d'une pièce non consommée.

**AR** Par le passé, les fabricants ont eu tendance à privilégier les formats propriétaires pour rendre les consommateurs captifs et éliminer la concurrence, mais l'interopérabilité est devenue la norme aujourd'hui. Les produits ABB sont conformes à des normes garantissant l'interopérabilité entre les dispositifs de divers fabricants, à l'image de la CEI 61850 sur la communication dans les systèmes électriques. L'époque des architectures système propriétaires est en grande partie révolue. Quid du Cloud ? L'histoire va-t-elle se répéter, les fournisseurs cherchant à bloquer la concurrence ?



—  
02 ABB Ability reproduit aux niveaux exploitation et maintenance la boucle de régulation classique qui, en contrôle-commande, asservit les processus décisionnels aux données du procédé.



02

**GJ** Bien au contraire. Au lieu de nous battre pour contrôler une plus grande part du gâteau de l'automatisation, intéressons-nous plutôt aux possibilités d'agrandir ce dernier.

À l'instar des différents appareils d'un même système, les clouds pourront échanger des informations indépendamment de leur fournisseur ou de leur architecture. C'est l'« intercloud », un espace où des clouds entiers partageront des informations et travailleront ensemble →4.

**AR** Ces exemples concernent le partage de données avec une entreprise cliente ; qu'en est-il du partage de données avec ABB ?

**GJ** ABB est capable d'analyser les données pour anticiper les différents modes de défaillance et, selon l'accord passé avec le client, d'apporter son conseil ou d'intervenir pour la maintenance. De prime abord, on pourrait penser que le Groupe scie la branche sur laquelle il est assis : des moteurs durant plus longtemps car mieux entretenus sont

—  
L'offre ABB et notre présence sur le marché vont évoluer de la vente de solutions matériels à celle de services.

autant d'occasions de vente perdues. Mais il faut voir au-delà du court terme. L'offre ABB et notre présence sur le marché vont évoluer, passant de la vente de solutions matérielles à celle de services.

Au-delà de la maintenance, le client a aussi tout intérêt à ce qu'ABB comprenne mieux son fonctionnement. Par exemple, connaître le cycle de charge type d'un robot permet à ABB de comprendre l'utilisation qui en est faite et aide le Groupe à concevoir une nouvelle génération de robots mieux adaptée.



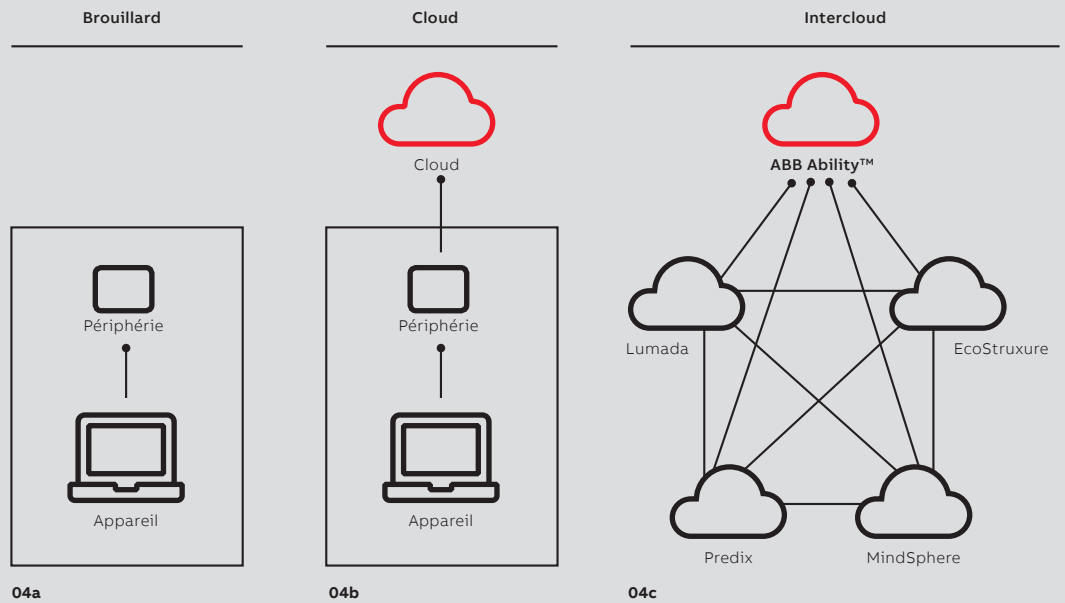
—  
03 Des capteurs intelligents surveillent l'état des moteurs basse tension.

#### 04 Évolution de la numérisation

04a La version classique de l'automatisation et de la numérisation repose sur une puissance de calcul locale et des solutions matérielles et logicielles propriétaires. On parle parfois de « brouillard » pour désigner ce stade antérieur au « nuage », ou Cloud.

04b Le raccordement au Cloud permet d'exécuter des algorithmes plus puissants s'appuyant sur une plus grande masse de données, avec à la clé optimisation et gain de performance.

04c L'intercloud rassemble les clouds de différents constructeurs.



**AR** Donc, plus le client partage de données, et plus il est gagnant. Par contre, la dépendance accrue au Cloud n'augmente-t-elle pas sa vulnérabilité ?

**GJ** Cette question est capitale. Aujourd'hui, on voit de plus en plus de robots équipés de caméras. C'est notamment le cas de Yumi. L'étape suivante sera probablement la généralisation des microphones, tant pour répondre aux commandes vocales que pour améliorer la sensibilité globale des robots.

### La Déclaration des droits des données de l'IoT fixera les droits fondamentaux relatifs aux données.

Quiconque accède à ces dispositifs possède peu ou prou des oreilles et des yeux dans des zones de l'usine normalement inaccessibles. Les secrets commerciaux d'un client et des informations confidentielles telles que les données de production sont donc menacés. Prenons l'exemple d'un constructeur de voitures de sport haut de gamme. Un robot de la chaîne de fabrication connaît avec précision le nombre d'exemplaires fabriqués pour un modèle donné. Si un concurrent venait à se retrouver, intentionnellement ou non, en possession de cette information, il pourrait en retirer un avantage concurrentiel indu.

**AR** Pour le client, il y a donc conflit d'intérêt entre les avantages que procure le partage de données et les risques que cela comporte ?

**GJ** Nous avons besoin d'un équivalent de la Déclaration des droits américaine. De la même manière que cette dernière limite les pouvoirs de l'État et garantit les libertés des citoyens, la « Déclaration des droits des données de l'IoT » fixera les droits fondamentaux relatifs aux données.

ABB a déjà ébauché ce document et l'a soumis à ses clients. Nous tenons à ce que ce texte ne soit pas rédigé par des juristes mais plutôt dans un langage accessible à tous. Cette déclaration constituera un socle commun pour ABB et ses clients, base de toutes les interactions futures entre les deux parties.

Elle précisera notamment :

- quelles données ABB collecte auprès de ses clients ;
- pourquoi ABB a besoin de ces données ;
- comment il en assure la sécurité (par quelles procédures et techniques) ;
- quels avantages les clients en retirent ;
- comment ABB traitera les données de ses anciens clients.

La Déclaration des droits des données de l'IoT pourrait s'inspirer de la Déclaration des droits des passagers aériens aux États-Unis, dont l'efficacité en matière de protection des voyageurs contre diverses pratiques n'est plus à démontrer : attente prolongée sur le tarmac, frais cachés, retards non justifiés, non-mise à disposition d'eau ou de sanitaires, frais d'enregistrement pour des bagages finalement perdus, entre autres.

Nous avons hâte d'en discuter avec nos clients.

**AR** Merci de nous avoir accordé cet entretien. ●

---

 PAROLE D'ABB

# La cybersécurité, brique essentielle

Un groupe d'envergure mondiale comme ABB ne peut pas faire l'économie d'une personne dont la mission est de superviser la sécurité ainsi que l'ensemble des produits et systèmes d'information. Le Directeur de la sécurité d'ABB, une fonction nouvellement créée, coordonne les équipes de cybersécurité déjà présentes en interne et garantit une vision unifiée de la sécurité dans le Groupe et à l'extérieur



**Satish Gannu**  
ABB Industrial Automation  
San Jose (États-Unis)

cybersecurity@ch.abb.com

J'ai récemment rejoint ABB en tant que Directeur de la sécurité. Mon rôle est de superviser la sécurité de tous les produits, services et systèmes d'information. Je viens de l'univers de la programmation informatique et j'ai presque 30 années d'expérience dans l'analyse et la sécurité, dont je me réjouis de faire bénéficier le Groupe.

J'ai constaté ces derniers mois que les menaces évoluent de plus en plus vite. Améliorer la sécurité dans l'industrie devient chaque jour plus crucial. La nature changeante des attaques, l'exposition croissante des failles de sécurité et l'intégration des domaines informatiques (IT) et opérationnels (OT) constituent les principaux défis que nous devons relever. Par ailleurs, la sécurisation des protocoles n'a jusqu'à présent pas été une préoccupation majeure de l'industrie. Conscients de l'importance croissante de la question, les industriels ont engagé les actions nécessaires en ce sens.

La résistance d'une chaîne est celle de son maillon le plus faible, nous le savons tous. Les dernières attaques n'ont cessé de nous le rappeler. La sécurité

exige une approche globale, sans négliger l'aspect physique.

Les agresseurs peuvent chercher pendant des mois, voire des années, la faille dans une infrastructure critique. La cybersécurité, priorité numéro un, doit être intégrée dès la conception pour prévenir les agressions à venir, comme nous le rappellent de manière très concrète les récentes attaques visant le réseau électrique ukrainien.

Ces dernières nous ont appris que la sécurité ne pouvait plus se limiter à protéger un périmètre défini. C'est pourquoi ABB applique une démarche de défense en profondeur. Tous les produits, services, déploiements cloud, et jusqu'à nos fournisseurs, doivent répondre à des exigences minimales de cybersécurité, clé de voûte de notre plate-forme ABB Ability™.

D'autres articles dans les prochains numéros d'ABB Review développeront la démarche cybersécurité du Groupe. ●





# ABB



36

# Ability™



20



Les données massives plongent au cœur de l'usine pour sonder le process. Transformer ces informations en actions concrètes – bouclant ainsi la boucle du contrôle-commande – recèle un immense potentiel pour les secteurs stratégiques. La recherche-développement d'ABB traque les opportunités en ce sens et s'appuie sur des décennies d'expérience du terrain pour identifier les bénéfiques clients.



- 16 Le sans-fil se faufile dans le procédé
- 20 La notification prédictive au service de la production et de la performance
- 26 Automatiser la conception des automatismes
- 30 Collaboration Manager automatise les échanges de données techniques
- 36 Une mine d'informations



ABB ABILITY

# Le sans-fil se faufile au cœur du procédé

Les standards de la transmission sans fil peuvent-ils rivaliser avec les bus de terrain et dessiner le futur de la communication industrielle ? Une équipe de chercheurs ABB répond à cette question.

**Johan Åkerberg**  
Directeur de recherche  
Professeur auxiliaire  
ABB Corporate Research  
Västerås (Suède)

johan.akerberg@  
se.abb.com

**Tilo Merlin**  
Directeur des  
nouvelles technologies  
ABB Allemagne

tilo.merlin@de.abb.com

**Stefan Bollmeyer**  
Directeur de la  
recherche-développement  
ABB Allemagne

stefan.bollmeyer@  
de.abb.com

Depuis les années 1990, les usines du monde entier sont irriguées par des « bus de terrain » qui, grâce à des protocoles de communication normalisés, permettent d'accéder à de vastes complexes industriels. Le bus numérique promettait de simplifier et de fiabiliser le déploiement, l'exploitation, la maintenance et le diagnostic, mais est loin d'avoir gagné la partie : la boucle analogique 4–20 mA est encore monnaie courante, même pour fédérer des capteurs/actionneurs communicants.

Par ailleurs, le filaire n'est pas la panacée : il faut planifier le câblage et tirer les fils, étudier le blindage et la mise à la terre pour éviter les problèmes de compatibilité électromagnétique, pallier la complexité et le manque de flexibilité de l'installation. Pourquoi ne pas profiter de l'infrastructure sans fil, omniprésente, pour s'affranchir de ces limitations ?

01





—  
01 Usine d'Iggesund (avec l'aimable autorisation du groupe Holmen, crédit photo : Rolf Andersson, Bildbolaget)

Plusieurs raisons plaident en faveur d'une usine sans câbles : les commandes sans fil promettent d'étendre la portée de l'installation, de raccorder de nouveaux équipements et procédés en ligne,

—  
**La conduite de grands complexes industriels impose de nouvelles contraintes aux standards du sans-fil, dont un déterminisme et une fiabilité à la hauteur des bus de terrain normalisés.**

de gagner en flexibilité ainsi qu'en capacité d'adaptation et de mise à niveau en temps réel, et de multiplier les lieux de stockage et d'exploitation des données opérationnelles, jusque dans le Cloud.

Cette transition est tout un défi quand on sait la multiplicité des standards en lice depuis la fin des années 2000 (cantonnés, il est vrai, aux applications de surveillance) et le simple fait qu'un bus de terrain sans fil doit fonctionner, comme ses homologues câblés, dans des limites de perfor-

mance bornées, gages de « déterminisme » afin de garantir le temps de transfert des informations. Or si tout un chacun s'accommode d'un délai de quelques secondes pour rafraîchir l'écran de son smartphone, par exemple, ce n'est pas le cas de l'industriel ou du client qui, lui, y voit une intolérable perte de temps et d'argent !

#### **La guerre des réseaux**

L'équipe ABB chargée du projet de recherche savait qu'il fallait mettre à l'épreuve du terrain les performances affichées par les standards actuels du sans-fil pour satisfaire aux exigences des automatismes industriels.

**Rapidité de diffusion des messages.** La conduite de grands procédés impose de nouvelles contraintes aux technologies sans fil, qui doivent arborer un déterminisme et une fiabilité à la hauteur des bus de terrain normalisés (comme par exemple une fréquence de transmission des données inférieure à la seconde sur une boucle de régulation critique). Ces exigences ont pour corollaires une mise en service, un déploiement, une maintenance et un diagnostic simples et performants de tout prolongement du câble de bus.



## DES STANDARDS À FOISON

Les réseaux de capteurs sans fil occupent depuis longtemps le carreau de l'usine. Trois d'entre eux dominent le monde des automatismes : WirelessHART™, ISA 100.11a et WIA-PA. Basés sur la couche physique IEEE 802.15.4, qui opère sur 15 canaux définis dans la bande ISM des 2,4 GHz, à 250 kbit/s, par exemple, ils conviennent surtout à des applications de surveillance et d'acquisition de mesures à faible débit dans le process, pour lesquelles le temps d'accès aux données et la disponibilité de l'information ne sont pas critiques. Le standard WirelessHART, publié en 2008, rallie la plupart des industriels.

Ces trois solutions ont bien des similitudes mais aussi des divergences. L'une tient à la longueur, variable ou fixe, des intervalles de temps alloués pour accéder au support de transmission, l'autre concerne la technique du saut de canal de fréquence : WirelessHART s'appuie sur une table de saut fixe quand l'ISA 100 et WIA-PA en utilisent plusieurs, dont celle de WirelessHART.

Côté topologie, toutes empruntent des réseaux maillés, mais WIA-PA se singularise par une organisation du réseau en grappes (clusters), chaque grappe possédant un chef (cluster head) qui a pour rôle d'attribuer un canal à tous ses descendants voulant communiquer. En matière de routage des paquets, WirelessHART et ISA 100.11a utilisent deux méthodes : par graphes (le gestionnaire du réseau détermine différents chemins dans la table de routage de chaque nœud) et par la source (l'expéditeur détermine la route optimale vers le destinataire, en fonction de la charge, du délai d'acheminement, etc.). WIA-PA emploie une stratégie légèrement distincte du fait du regroupement des appareils de terrain en grappes, à savoir une approche maillée/étoilée du routage. Pour autant, la vraie différence réside dans le mode d'adressage des nœuds : IP pour l'ISA 100, propriétaire pour les autres protocoles.

**Visibilité.** Certaines installations ont des ateliers pilotés par des appareils de mesure communiquant sans fil ; il est alors impératif que les ingénieurs automatismes et instrumentistes sachent comment les données ont été collectées et délivrées. C'est surtout le cas lorsque des algorithmes de régulation ont été modifiés pour

—  
**N'importe quel réseau sans fil devrait pouvoir s'autocicatriser sans perte d'informations, comme les bus de terrain redondants.**

compenser les incertitudes et délais inhérents au sans-fil. Il faut donc déployer une méthode d'identification des données dans le système de contrôle-commande pour ne pas se tromper d'algorithme.

**Réactivité.** Parmi les lacunes les plus évidentes des standards actuels figurent l'absence de prise en charge des actionneurs et l'utilisation d'états à sécurité intrinsèque. Les piles protocolaires incluent notamment une couche d'accès multiple au support à répartition dans le temps AMRT (temps de transmission découpé en intervalles réguliers affectés à chaque station), méthode préférée à l'écoute de porteuse CSMA (Carrier

Sense Multiple Access) mais qui ne garantit pas une détection prédictible et cohérente des erreurs au niveau système. De même, les propriétés autocicatrisantes des architectures maillées sont incapables, que ce soit de manière proactive ou réactive, de rétablir le réseau ou la liaison après défaillance, dans les délais exigés par les applications de contrôle-commande sensibles. Or n'importe quel réseau sans fil devrait pouvoir s'autocicatriser sans perte de signal, à l'instar des bus de terrain redondants.

**Différenciation.** Autre caractéristique importante qui fait défaut au sans-fil : l'aptitude à discerner les données temps réel des données transmises au mieux des possibilités du réseau, selon le principe du « best-effort ». En contrôle-commande, les configurations d'équipements doivent être acquittées de bout en bout avant de pouvoir exploiter les transmissions temps réel ; à défaut, des situations dangereuses peuvent se produire car rien ne garantit la fiabilité ou la bonne mise à l'échelle des informations transmises. Par ailleurs, les données temps réel des boucles de régulation risquent d'être caduques quand elles sont mises en file d'attente avec les données « au mieux ». Contrairement aux bus de terrain, aucune des solutions sans fil en présence ne prend en charge le temps réel.

Partant de l'étude des standards de bus de terrain sans fil actuels, ABB a peaufiné les couches protocolaires superposées à l'IEEE 802.15.4 afin d'en pallier les manques. Les résultats des essais en laboratoire furent si prometteurs qu'ABB décida de tester sa méthode sur le terrain. Le fabricant de papier et pâte à papier suédois Iggesund Paperboard, partageant le même esprit d'innovation, se prêta volontiers à l'expérience.

—

**Les standards actuels du sans-fil sont incapables de discerner les données temps réel des données transmises « au mieux ».**

#### **Baptême du feu**

Igesund Paperboard fabrique deux des plus grandes marques de carton au monde, Invercote et Incada. Son usine de production de papier et pâte à papier plus que centenaire d'Igesund →1, à quelque 300 km au nord de Stockholm, compte parmi les installations 100 % intégrées les plus modernes de la planète.

La campagne d'essais, prévue pour être très courte, ne dura guère plus de six semaines. ABB a défini avec le papetier les critères qui devaient contribuer à la précision des résultats tout en perturbant le moins possible le process. Un exemple : les opérateurs n'ayant pas été informés du moment où les données étaient transmises sans fil, on préféra utiliser les données provenant du serveur d'historiques pour fournir une comparaison objective des performances entre filaire et non filaire plutôt que compter sur les réactions subjectives des êtres humains confrontés à l'introduction d'une nouvelle technologie dans l'usine.

Certains détails techniques particulièrement suivis en phase de test illustrent les arbitrages en matière de longueur des intervalles AMRT, de débit et de redondance, mais aussi la disponibilité globale (nombre de défauts de transmission, par exemple) et le temps de propagation du signal de bout en bout.

La configuration à l'essai se composait de trois boucles de régulation sans fil (température, débit et pression) embarquant trois capteurs et actionneurs sans fil connectés au système 800xA d'ABB via une passerelle compatible Profinet IO. Les boucles ont été exécutées dans l'automate AC800M d'ABB en 250 ms. Le système de production fonctionnait en mode batch et séquentiel, et alimentait le système ABB en information pour une intégration totale, laissant ainsi l'environnement opérateur inchangé.

#### **Retour d'expérience**

**Pression.** La régulation de pression, qui réagit vite aux perturbations introduites par la commande séquentielle dans le procédé batch, fut stable dans une boucle 100 % sans fil.

**Débit.** Également stable, la régulation de débit fut sujette à un moins grand nombre de perturbations du process que la régulation de pression, à l'exception de l'opération de lavage en fin de lot.

**Température.** Au regard de la sécurité, il s'agit de la boucle la plus problématique puisqu'elle injecte de la vapeur haute pression dans la chaudière ; par contre, en matière de régulation proprement dite, c'est la moins délicate.

**Temps de propagation ou « latence ».** Les valeurs moyennes relevées pour un trafic temps réel (ou non) ont montré que les délais d'acheminement des paquets étaient courts et variaient peu lorsqu'on appliquait les mêmes stratégies de transmission-retransmission qu'aux bus de terrain câblés.

**Perte de paquets.** Les mesures n'ont subi que quelques pertes isolées et occasionnelles, et les mécanismes de sécurité intrinsèque n'ont pas été enclenchés par la perte de trois paquets successifs. Seuls trois paquets temps réel ont été perdus en huit heures de mesure, ce qui représente une performance comparable à celle des bus de terrain courants.

Dernier volet de l'étude : on demanda aux opérateurs s'ils avaient pu noter une quelconque différence aussi bien dans les performances de la régulation que dans la qualité finale de la production batch. Après avoir minutieusement étudié les données historiques, ils répondirent par la négative.

#### **Le sans-fil trouve sa place**

L'étude de faisabilité ABB a prouvé qu'il était possible, sous réserve d'une pile protocolaire soigneusement étudiée, d'utiliser un émetteur-récepteur radio IEEE 802.15.4, un système d'exploitation temps réel et une couche dédiée aux applications d'automatismes pour piloter un atelier d'une unité de production avec, à la clé, des niveaux de performance comparables à ceux de PROFIBUS ou d'autres réseaux de terrain établis.

En défrichant ainsi d'importants champs d'exploration, la recherche ABB ouvre la voie du sans-fil dans l'industrie. ●

## ABB ABILITY

# La notification prédictive au service de la production et de la performance

Les services numériques d'ABB à destination des industriels intègrent la notification prédictive dans une stratégie de maintenance fondée sur la valeur ajoutée. En faisant intervenir la bonne personne au bon endroit, cette démarche est gage de protection et d'optimisation en matière de production, de disponibilité des équipements, de performance des procédés et de qualité des produits.

**Dave Biros**

ABB Industrial Automation Service  
Westerville (États-Unis)

dave.biros@us.abb.com

**Kevin Starr**

ABB Oil, Gas and Chemicals  
Westerville (États-Unis)

kevin.starr@us.abb.com

**Patrik Boo**

ABB Industrial Automation Service  
Houston (États-Unis)

patrik.boo@us.abb.com

Les notifications sont partout. Rendez-vous, mises à jour logicielles voire cours de Bourse... une kyrielle d'applis nous envoie sur notre smartphone. Si leur intérêt est indéniable, comment expliquer qu'elles n'aient pas encore séduit les industriels ? La réponse est simple : ces notifications informent d'un événement qui s'est déjà produit dans l'usine, comme une coûteuse défaillance d'équipement. Pourquoi ne pas chercher plutôt à le prédire précisément et à envoyer des notifications laissant un délai de réaction suffisant, que ce soit pour éviter l'incident ou en tirer parti ?

—

Les 137 experts en maintenance d'ABB utilisent des services numériques de pointe générant plus de 60 millions de dollars en valeur ajoutée pour les clients.

Les 137 experts en maintenance d'ABB s'appuient sur des services numériques de pointe pour évaluer les actions de notification prédictive, identifier les problèmes et développer des programmes de maintenance prédictive fondée sur la valeur ajoutée. Un « bonus » de plus de 60 millions de dollars pour les clients industriels du Groupe →1.

**Retour sur 75 ans de stratégies prédictives**

ABB est conscient de l'intérêt pour les industriels d'une maintenance proactive utilisant des notifications prédictives. Sa mise en œuvre permettrait non seulement d'éviter des défaillances et d'améliorer la maintenance des équipements, mais aussi d'optimiser le procédé avec, à la clé, une plus-value pour l'exploitant. Les experts ABB se sont déjà appuyés sur ces stratégies prédictives par le passé.

Les stratégies « indicatives », apparues dans les années 1950 et 1960, sont encore en usage aujourd'hui. C'est le cas par exemple lorsque l'instrumentation de terrain prend des mesures et que les logiciels de régulation ajustent automatiquement les propriétés en ligne en vue de produire plus, plus vite et mieux [1].

Les premiers algorithmes de commande prédictive, mis au point dans les deux décennies suivantes, ont ouvert la voie à l'utilisation de logiciels pour remplacer les mesures physiques. Le niveau de sophistication et de sensibilité de ces systèmes les cantonnait toutefois au domaine de la recherche.

Les années 1980 et 1990 ont vu le développement d'une méthode prédictive exploitable sur le terrain, quoique coûteuse à déployer : le suivi d'état, qui a pour mission de détecter et de signaler au personnel les défaillances imminentes d'équipement.



01

— 01 La notification prédictive fait intervenir la bonne personne au bon moment et à bon escient.

— 02 Criticité des incidents

De nos jours, les industriels font appel à des prestataires qui interviennent régulièrement sur site afin de prendre des mesures et vérifier que le parc de machines fonctionne dans les plages fixées. Si cette stratégie a un intérêt économique, elle ne permet malheureusement pas d'éviter les accidents qui surviennent entre deux tournées d'inspection.

Un autre obstacle rencontré par les prestataires est la perte de compétences : la pression des coûts conduit les industriels à réduire les effectifs en génie des procédés. Dans les économies avancées, nombreux sont les experts approchant de la retraite.

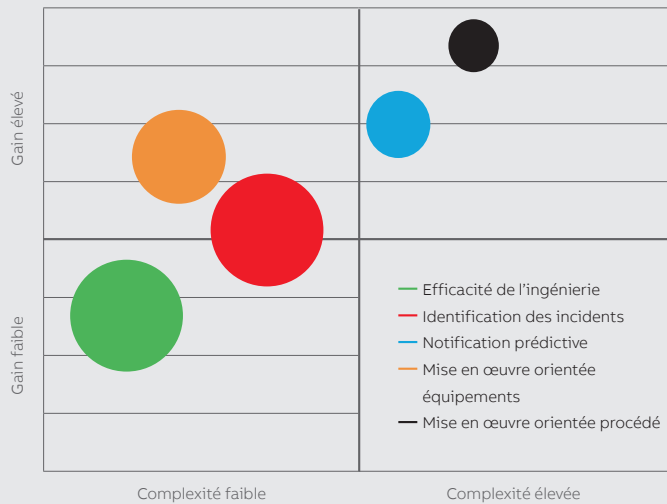
Une stratégie de service efficace passe donc par un maintien de l'expertise.

—  
Conscient des défis à relever pour mettre en œuvre efficacement la notification prédictive, ABB procède par étapes.

Dernier frein à la notification prédictive : la réticence du milieu industriel à recourir à la téléaction. En effet, autoriser une connexion à distance aux systèmes de contrôle-commande du procédé expose au risque de défaillance par la malveillance d'un tiers étranger au site. Si cette appréhension est atténuée par la sécurisation des transmissions et les progrès de la cybersécurité, elle demeure bien réelle.

Niveau	Effets
A	Décès, accident corporel grave ou entraînant une interruption de la production Arrêts d'équipement, coût de pénalité direct Non-conformité réglementaire Dégâts supérieurs à 100 000 \$
B	Blessure Perte de production avérée Coût de pénalité ou blessure probables Dégâts compris entre 10 000 et 100 000 \$
C	Risque de blessure Risque de perte de production Risque de pénalité Risque de dégâts inférieurs à 100 000 \$
D	Aucun risque de blessure Aucun effet sur la production Absence de non-conformité réglementaire Dégâts inférieurs à 10 000 \$
Minime	Aucun effet sur la production Coûts de réparation inférieurs à 1000 \$

02



03

### Pas à pas vers la notification prédictive

Conscient des défis à relever pour mettre en pratique la notification prédictive, ABB propose une approche en trois étapes. Primo, choisir l'équipement ou le procédé concerné. Secundo, accélérer la tâche des experts par l'identification, le tri et la hiérarchisation des problèmes pour mieux guider les intervenants. Tertio, évaluer les services numériques pour faciliter et valoriser au maximum l'amélioration des solutions et processus.

- 1) Choix des équipements et procédés notifiés: une analyse de criticité de ces composants – classés dans l'ordre décroissant de leur impact sur la sécurité, la production et les coûts →2 – permet de déterminer les répercussions de leur éventuelle défaillance et l'effet de cette dernière sur la performance de l'usine;
- 2) Accélération de l'expertise: bon nombre d'industriels sous-traitant le suivi d'état, l'expertise dépend de l'intervenant. Savoir recueillir cette connaissance, la déployer et la reproduire sous une forme simple permet de remplir efficacement les tâches chronophages de la mission;
- 3) Évaluation: plusieurs domaines de valorisation ont été identifiés à partir d'un échantillon de 111 usines situées à partir d'un échantillon de 111 usines situées en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Europe, en Asie, au Moyen-Orient et en Australie, pour un large spectre de procédés industriels (ciment, chimie, mine, métallurgie, pétrole et gaz). ABB a identifié et mesuré la valeur apportée par l'ensemble des services numériques, y compris la notification prédictive →3.

### Composantes de la valeur ajoutée des services numériques

Efficacité de l'ingénierie: l'idée est d'accélérer le diagnostic des pannes en collectant et en traitant de grandes quantités de données de production. Si ce gain de temps a un intérêt évident pour l'industriel, le bénéfice correspondant est inférieur à celui engendré par d'autres composantes.

—  
Équipements et procédés sont classés par criticité décroissante selon leur impact sur la sécurité, la production et les coûts.

Identification des incidents: l'analyse automatique de données massives permet d'identifier rapidement des incidents comme les défaillances d'équipement. L'apport de ce service, de valeur modérée, est reconnu par les industriels, même s'il est plus difficile à mettre en œuvre que les autres composantes. ABB recueille ces données et les classe en indicateurs clés de performance (KPI), dont on suit l'évolution à l'aide de barres graphiques agrégeant plusieurs sous-variables représentatives d'une série d'événements discrets significatifs →4.

Focalisation sur l'équipement: c'est ici l'amélioration des performances de l'équipement qui prime pour trouver des gisements de progrès. L'amélioration, rapide et efficace, assure un gain élevé. Malgré une mise en œuvre qui peut s'avérer complexe, elle reste assez simple pour les équipementiers (OEM).

— 03 Valeur ajoutée et pertinence des services numériques dans l'industrie: la taille des cercles est proportionnelle à la population échantillonnée.

— 04 Interface opérateur avec diagrammes de Pareto des KPI

Focalisation sur le procédé: on privilégie ici l'optimisation de la production, de la qualité ou des coûts à l'aide de services qui identifient les gisements de progrès et les bonnes compétences. Certes payante, la démarche est aussi la plus difficile de toutes; elle n'est entreprise que par une minorité d'industriels.

— **La notification prédictive vise à rapidement analyser, identifier et classer des événements discrets pour en déduire des modèles de prédiction de défaillances.**

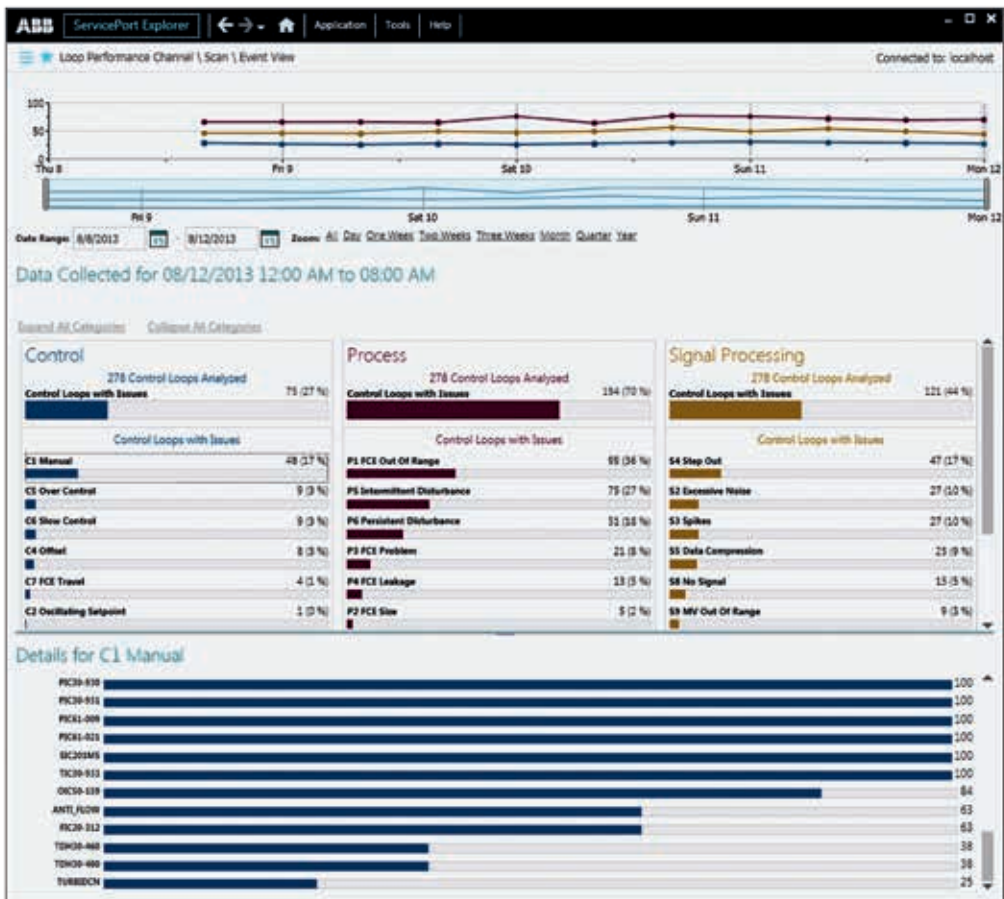
Notification prédictive: il s'agit d'analyser, d'identifier et de catégoriser au plus vite les événements discrets pour bâtir des modèles de prédiction des défaillances et alerter immédiatement le personnel d'intervention. Modérément complexe à mettre en œuvre, ce volet est source de gains élevés.

Les stratégies orientées équipement et procédé se fondent sur les informations fournies par la notification prédictive. Elles couvrent l'ensemble du procédé, des équipements ou des actions de maintenance pour prévenir les événements négatifs et optimiser la disponibilité du site.

Une étude ABB montre qu'une notification prédictive du personnel, avec préconisation d'action, se traduit par une intervention effective. L'intérêt d'appliquer ces trois stratégies en même temps est la forte valeur ajoutée que l'on peut attendre de cette synergie.

**Étude de cas**

Aux États-Unis, une usine agroalimentaire, secteur où la qualité est primordiale, associe des systèmes de contrôle qualité (QC) pour l'exploitation des machines à des services numériques de pointe pour la détection précoce des problèmes potentiels. Des notifications prédictives aident à identifier et à atténuer les incidents de production qui peuvent coûter plusieurs millions de dollars à l'industriel.



**Exécuter**

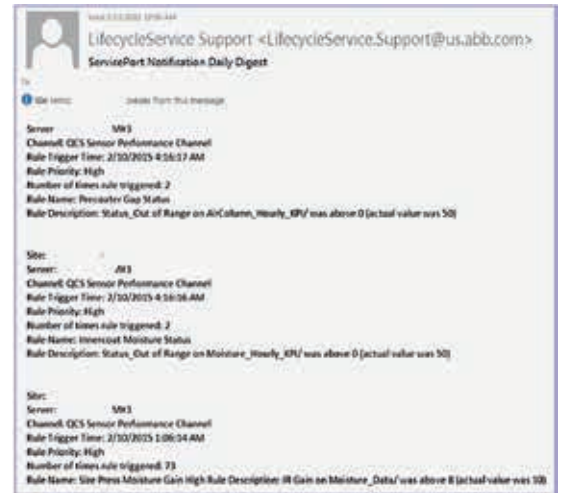
Les services numériques recueillent et analysent automatiquement les données du QC, affichent les KPI reflétant les variables qui grèvent la productivité et recommandent des actions. Ils permettent d'identifier, de classer et de hiérarchiser les possibilités d'améliorer la disponibilité des équipements, la performance du procédé et la qualité des produits par une visualisation et une analyse de la stabilité de l'instrumentation, de l'usage des commandes et de la variabilité du process. Les techniciens de maintenance règlent les problèmes sur site et à distance.

La visualisation, l'analyse et la scrutation des données permettent de lister les KPI classés par gravité; le suivi des événements se fait en paramétrant les KPI qui s'afficheront à l'écran et, en cas de franchissement des seuils prédéfinis, déclencheront des notifications prédictives →5.

**Alerter**

Les notifications prédictives sont paramétrées de façon à signaler tout dépassement détecté par l'instrumentation; le cas échéant, l'agent d'astreinte est alerté avant même son arrivée sur site.

Sur place, il mène l'enquête en consultant les vues de données. Une grande barre sur le diagramme de Pareto affiché lui confirme qu'un instrument de mesure est bel et bien en alarme. Pour circonscrire le problème, il étudie les données brutes sur

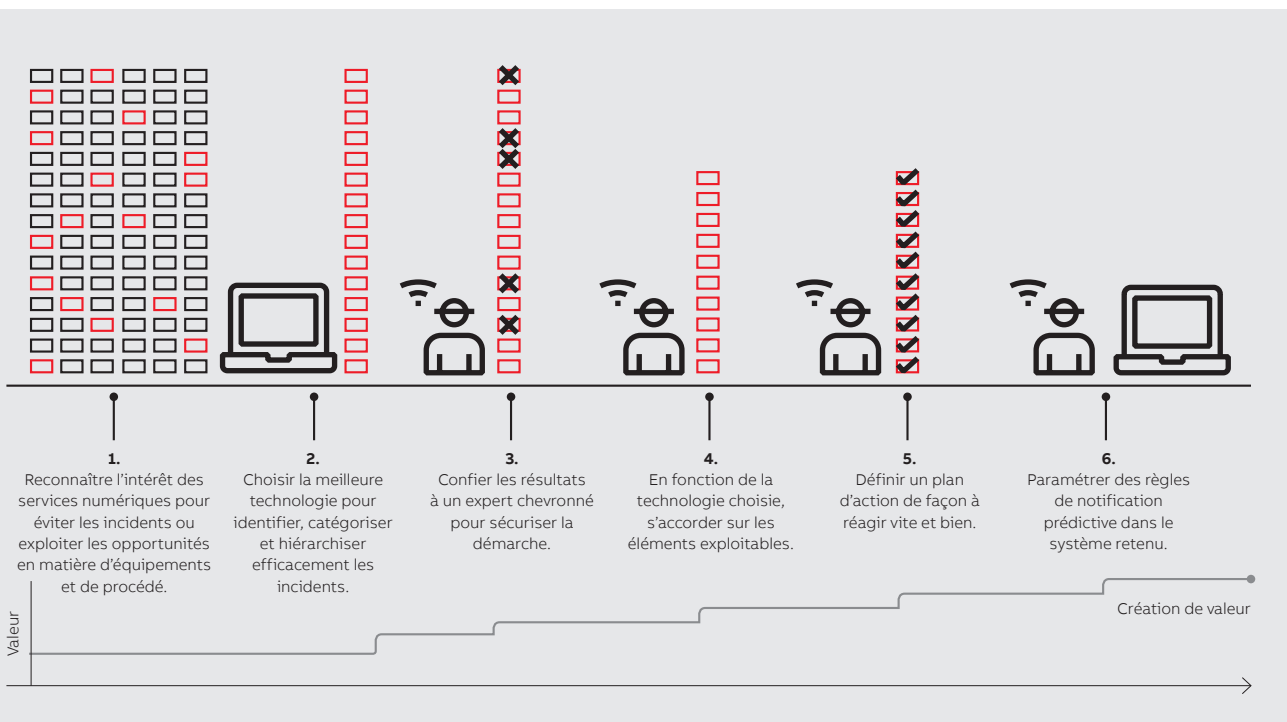


05

la vue correspondante ainsi que les niveaux de gravité de l'incident, puis détermine les actions nécessaires pour éviter un arrêt de production, quitte à programmer le remplacement de l'appareil lors d'un arrêt planifié.

**Atténuer les pertes**

Un remplacement d'urgence aurait en effet entraîné de coûteuses pertes de production. L'intervention du technicien sur réception d'une notification prédictive a permis de réduire de plus de 100 000 dollars les pertes dues à la baisse de qualité et aux arrêts intempestifs. La disponibilité des équipements est restée élevée, tout comme la stabilité des procédés et la qualité de la production.





—  
05 Courriel de notification prédictive envoyé à un technicien de maintenance ABB : les actions recommandées permettent d'éviter un arrêt de production intempestif.

—  
06 Mise en place d'un programme de notification prédictive axé sur la valeur ajoutée

—  
07 Déroulement du processus

#### Bibliographie

[1] Biro, D., « Are You on Track? How Predictive Notification Keeps Production on Track », livre blanc ABB, 2015.

### Préparer un programme de notification prédictive

Dans le cadre de ses services numériques de pointe, ABB a mis au point un programme de notification prédictive, dont le déploiement améliorera la disponibilité des équipements, la productivité et la qualité des produits →6. Voyons-en les étapes :

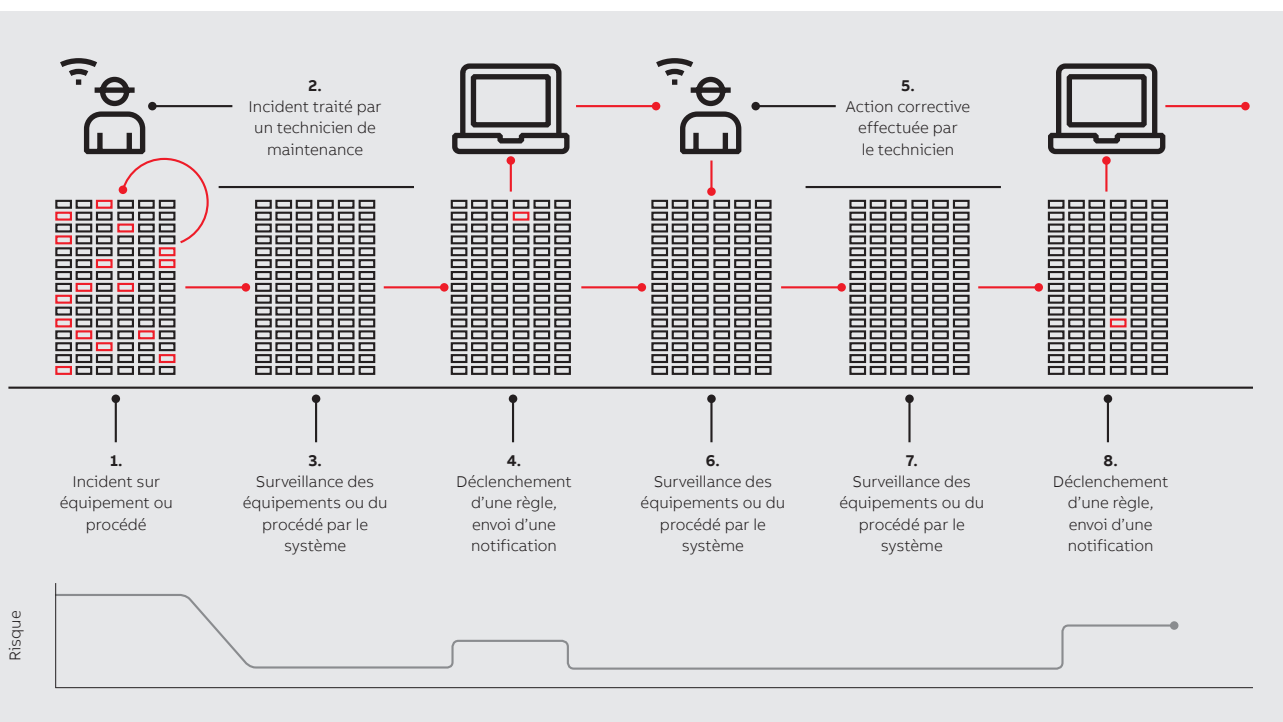
- Reconnaître l'intérêt économique et technique des services numériques pour éviter les dysfonctionnements d'équipement ou de procédé, ou en tirer parti. Sans cette conviction, l'industriel ne peut en espérer aucun gain ;

—  
**Les services numériques faisant appel à la notification prédictive sont la solution la plus efficace pour amener l'expertise sur le terrain de la production.**

- Choisir la meilleure technologie pour identifier, catégoriser et hiérarchiser efficacement les incidents. Les prestataires ayant différentes compétences et spécialités (domaines d'intervention, procédés de production ou processus métier, équipements industriels), les industriels doivent identifier les prestataires les mieux à même de fournir la solution technique et les applications adaptées à leur parc de production et leur activité ;

- Confier les résultats à un expert chevronné pour vérifier que les KPI de valeur ajoutée permettent de mettre au point des notifications prédictives efficaces et pour valider la démarche. La plupart du temps, les équipementiers ont cette compétence ;
- En fonction de la technologie et du technicien, s'accorder sur les éléments exploitables. Une fois choisis la meilleure solution technique et les KPI garantissant une valeur ajoutée maximale, convenir de la marche à suivre en cas de dépassement de seuils ; cette étape devra faire jouer la synergie entre industriel et intervenants ;
- Définir un plan d'action de façon à réagir vite et bien au franchissement de seuils et à l'envoi de notifications prédictives, ce qui revient à se poser les questions suivantes : qui fait quoi, où et quand, avec quels outils ou pièces, et comment ? ;
- Paramétrer des règles de notification prédictive en se fondant sur les analyses, problématiques, procédés et KPI pour fixer des seuils de déclenchement des actions →7.

Aujourd'hui, les services numériques sont la solution la plus efficace pour intégrer l'expertise à l'environnement industriel. La notification prédictive d'incidents imminents est une indéniable source de valeur ajoutée afin d'améliorer la disponibilité des équipements, la performance du procédé et la qualité des produits. Néanmoins, aussi performante soit-elle, la stratégie n'a d'intérêt que si la notification est envoyée à la bonne personne au bon endroit, pour agir à bon escient. Une condition sine qua non pour que ces technologies fassent progresser l'usine au quotidien. ●



---

ABB ABILITY

# Automatiser la conception des automatismes

Pendant des décennies, les projets d'automatisation industrielle se sont appuyés sur des architectures de contrôle-commande distribué, centrées sur un automate. Or cette configuration crée des relations de dépendance entre les différentes tâches du projet, qui compliquent la prise en compte des modifications de dernière minute et grèvent le budget. Des difficultés aujourd'hui résolues avec l'innovation « Select I/O » d'ABB.



**Alicia Dubay**

ABB Industrial Automation,  
Control Technologies  
Austin (Texas, États-Unis)

[alicia.dubay@us.abb.com](mailto:alicia.dubay@us.abb.com)

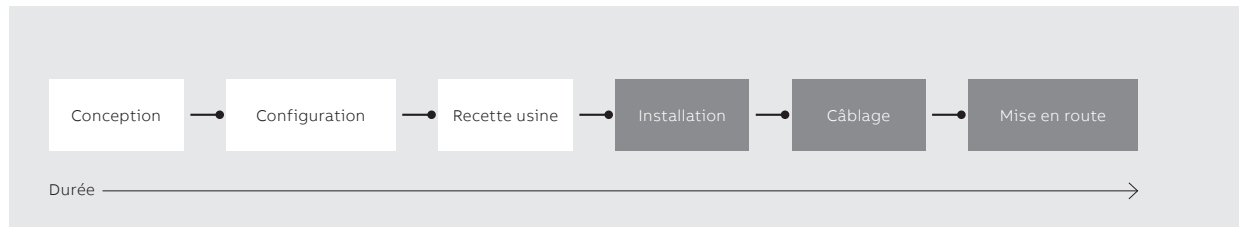


—  
01 La solution Select I/O d'ABB bouscule les règles de conception des projets d'automatismes.

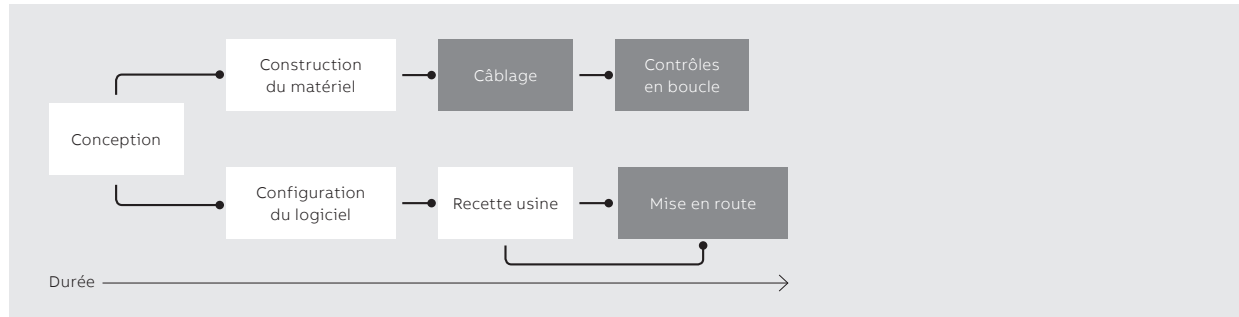
—  
02 Déroulement d'un projet

02a Avant : exécution séquentielle des tâches

02b Avec Select I/O : exécution parallèle des tâches



02a



02b

Depuis de nombreuses années, les projets d'automatisation reposent sur des architectures de contrôle-commande de procédé distribué, bâties autour d'un automate central. Cette méthode a l'inconvénient de lier les modules d'entrées/sorties (E/S) multicanaux à un contrôleur d'automatismes donné, ce qui engendre des dépendances entre les tâches du projet et ne facilite guère les modifications tardives. Cet aspect étant une cause majeure de dérapage des coûts et des délais, l'automatisation figure très souvent dans le chemin critique d'un projet d'investissement.

## La solution Select I/O monocanal pour automatismes de commande de procédé et de sécurité communicative avec le système sur un réseau Ethernet industriel redondant.

Avec la nouvelle solution d'entrées/sorties Select I/O destinée à la plate-forme ABB Ability™ du système 800xA et son atelier logiciel, cette époque est bel et bien révolue →1.

### Du gel au dégel

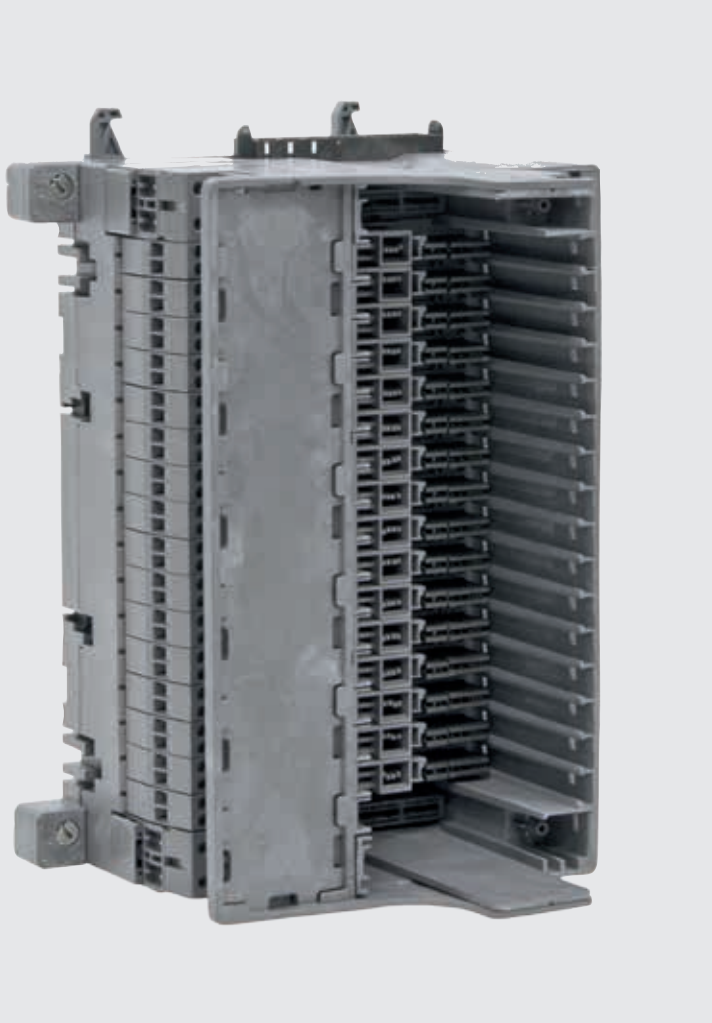
Traditionnellement, la plupart des projets industriels comporte une étape relativement précoce de « gel de la conception », au-delà de laquelle les automatismes sont en mesure de finaliser l'architecture, de commander le matériel (automates, E/S, etc.) et de lancer la programmation de l'applicatif. Passé ce cap, les modifications de projet donnent souvent lieu à une reconception,

voire à une remise en fabrication avec, à la clé, des surcoûts et des retards d'autant plus importants que ces changements sont tardifs.

Pour les entreprises qui mènent de front plusieurs gros projets d'investissement, chacun mobilisant des dizaines de sous-traitants et de fournisseurs, le coût cumulé des dépassements de budget et de délai peut s'envoler. Aussi ont-elle depuis longtemps noué des partenariats avec les constructeurs d'automatismes pour coupler les informations stockées dans les bases de données et les tableaux aux instruments et appareils de terrain communicants, bus numériques et E/S sur Ethernet afin de doter le contrôle-commande de fonctions d'auto-configuration, de validation, d'autodiagnostic et de génération automatique de la documentation. De quoi promouvoir le découplage des tâches interdépendantes du projet et faciliter leur exécution en parallèle. En multipliant les flux de travail, cette démarche offre plus de souplesse, d'efficacité et d'ouverture au changement. La mise en service des E/S, en particulier, peut se dérouler en même temps que le développement applicatif →2.

### ABB à la rescousse

Pour accélérer la mise en service des E/S parallèlement à d'autres tâches du projet, et réduire ainsi l'impact des modifications de signaux câblés, ABB a enrichi son offre 800xA d'un nouvel élément : Select I/O →3. Cette solution d'E/S monocanal, destinée aussi bien aux automatismes de commande que de sécurité, communique sur un réseau Ethernet industriel redondant, qui a la particularité de ne pas être lié à un contrôleur donné.



03

Elle cumule les points forts :

- Câblages et raccordements peuvent être réalisés sur site, en amont du projet, évitant les encombrantes armoires et borniers intermédiaires ;
- La solution est amplement standardisée afin d'écourter les essais ;
- Matériel, E/S et applicatif sont tous simulables par logiciel.

Autre avantage sur la méthode traditionnelle, qui veut que les modules d'E/S multicanaux soient commandés au fournisseur juste après le gel de la conception de façon à pouvoir lancer l'assemblage, avec le risque que des modifications de dernière minute entraînent une remise en fabrication : les types d'E/S (TOR et analogiques) de Select I/O peuvent être définis beaucoup plus tard par ajout de modules de traitement de signal SCM (Signal Conditioning Module) individuels, diminuant ainsi l'importance du point de gel et les conséquences financières de tout changement a posteriori.

Autant d'atouts pour monter, préconfigurer et prétester des coffrets Select I/O standardisés et compacts, qui sont ensuite installés et câblés sur site bien plus tôt dans le cycle de développement projet qu'une armoire classique.

#### Passation de pouvoir

Sur un réseau Ethernet, les E/S sont accessibles à tous les contrôleurs ; elles peuvent donc être raccordées par voie numérique, et non plus câblées physiquement dans les armoires. Résultat : il est possible de basculer d'un contrôleur à l'autre une application de contrôle-commande devant être reliée à certains signaux d'E/S, sans aucune intervention, les connexions se faisant automatiquement lorsque le contrôleur « compile » son applicatif. D'où un moindre besoin de passer des ordres de modification à l'utilisateur ou à l'ingénieur.

#### Configurer, contrôler, connecter

Le principe de développement « xStream » d'ABB permet d'accomplir en simultané un nombre 'x' de flux de travail autonomes ou découplés. En diminuant les dépendances entre tâches du projet pour faciliter ensuite leur convergence, les risques de retard sont grandement réduits et les chances de finir dans les temps, ou plus tôt, décuplées. Au cœur du concept figure l'assistant de développement d'E/S sur Ethernet, partie intégrante de l'atelier logiciel 800xA. Tout en pouvant s'inscrire dans n'importe quelle méthodologie d'exécution de projet, cet outil se prête surtout à la configuration et au contrôle fonctionnel sur site des E/S Select I/O, avant et indépendamment du livrable applicatif.

—  
Avec cette nouvelle solution ABB et son logiciel de développement, fini les dépassements de délai et de budget !

Illustrons ce nouveau concept avec deux flux de développement simples, l'un englobant les tâches exécutables sur le terrain, et l'autre, l'application programmée à l'extérieur, souvent chez ABB ou l'intégrateur.

—  
03 Bornier Select I/O

—  
04 Module de traitement de signal SCM

—  
05 En accélérant et en simplifiant les projets d'automatisation, Select I/O est un facteur clé de réussite.

Sur site, les coffrets d'E/S peuvent être livrés à un stade précoce du projet puis, juste avant la mise en service, se soumettre aux trois opérations suivantes :

1) **Configuration** : sur une grappe d'E/S, le module SCM →4 correspondant au type de signal traité est enfiché dans le bornier Select I/O, puis un « kit de terrain », constitué d'un contrôleur et d'un ordinateur portable embarquant les outils de développement 800xA, est raccordé au coupleur de communication Ethernet. Les E/S Select I/O sont alors automatiquement scrutées et configurées avec les données de la liste d'E/S

—  
**Accessibles à tous les contrôleurs d'automatismes sur Ethernet, les E/S peuvent être raccordées numériquement, et non plus câblées en armoire.**

(notamment le nom du signal), complétées des données de configuration HART fournies par l'instrument de terrain. Est également créée une configuration d'essai, sur la base du type d'E/S détecté, pour faciliter les tests fonctionnels en boucle. Exemple : un module SCM d'entrées analogiques raccordé à un transmetteur HART est automatiquement reconnu par l'assistant logiciel qui le configure et crée un module d'entrées ANA temporaire aux fins de test.

2) **Contrôle** : une fois les E/S configurées et la configuration d'essai chargée dans le contrôleur, le comportement fonctionnel des appareils de terrain (communicants ou non) est vérifié sur le site, parallèlement au développement de l'application réalisé en arrière-plan dans l'un des services projet d'ABB. Des modèles de boucles de test du gestionnaire de documentation 800xA permettent de créer et de stocker la documentation d'essai et de contrôle correspondante.

3) **Connexion** : les E/S sont importées dans l'application produit, qui reprend les mêmes noms de signaux que ceux de la configuration. L'affectation des signaux se fait automatiquement par logiciel au moment du chargement, sans mise en correspondance manuelle. Tout conflit ou lacune est affiché à l'écran →5 et éventuellement signalé par l'assistant pour être rectifié sans délai. Le système est fin prêt pour la mise en service.

Ces trois étapes se déroulent sur le terrain parallèlement à la configuration et au contrôle du code applicatif par simulation matérielle dans les locaux d'ABB ou de l'intégrateur. Select I/O et l'atelier logiciel 800xA favorisent le découplage des tâches et permettent à deux équipes indépendantes de travailler de concert avec la précision et l'efficacité de rigueur. L'impact des modifications en phases de projet et de mise en service peut être considérablement amoindri. La solution Select I/O, secondée par les outils de développement 800xA, remplit l'objectif suprême : extraire l'automatisation du chemin critique des projets d'investissement. De quoi éviter les mauvaises surprises, limiter les modifications et avancer la mise en service, à la grande satisfaction de l'exploitant ! ●



04



05

## ABB ABILITY

# Collaboration Manager automatise l'échange des données techniques

La solution Collaboration Manager d'ABB permet des échanges automatiques de données techniques entre outils de développement différents, ainsi que de nombreuses autres fonctionnalités : visualisation et suivi des modifications, gestion des historiques et des versions, contrôle de cohérence avec affichage des résultats, et tableau de bord pour la gestion de projet.



**Prerna Bihani**  
ABB Power Grids,  
Grid Integration  
Ludvika (Suède)

prerna.bihani@se.abb.com

Le développement est un travail d'équipe, dont l'échange d'informations constitue la colonne vertébrale. Si le dialogue entre ingénieurs ne pose aucun problème, il n'en va pas de même entre les outils. Les suites logicielles partageant une base de données commune peuvent séduire de prime abord mais elles ont le défaut de lier le client à un seul fournisseur, alors que les meilleurs outils du marché ont plusieurs origines. Qui plus est, chaque outil est optimisé pour un usage bien précis et non pour interagir avec des tiers.

Bref, le partage des données de développement est encore un processus fastidieux, chronophage et en grande partie manuel, donc source d'erreurs. Il implique généralement de manipuler des fichiers Excel ou PDF voire, dans le pire des cas, des schémas imprimés ou manuscrits. Quoi qu'il en soit, l'avancement du projet est gelé pendant ces phases d'échange et, dans bien des cas, les données sont perdues ou ressaisies. Étant donné que les applications de partage fluide et transparent ne sont pas encore au rendez-vous ni à la hauteur des exigences des utilisateurs, ceux-ci se tournent vers des solutions maison.



**Rainer Drath**  
Ancien responsable  
scientifique ABB

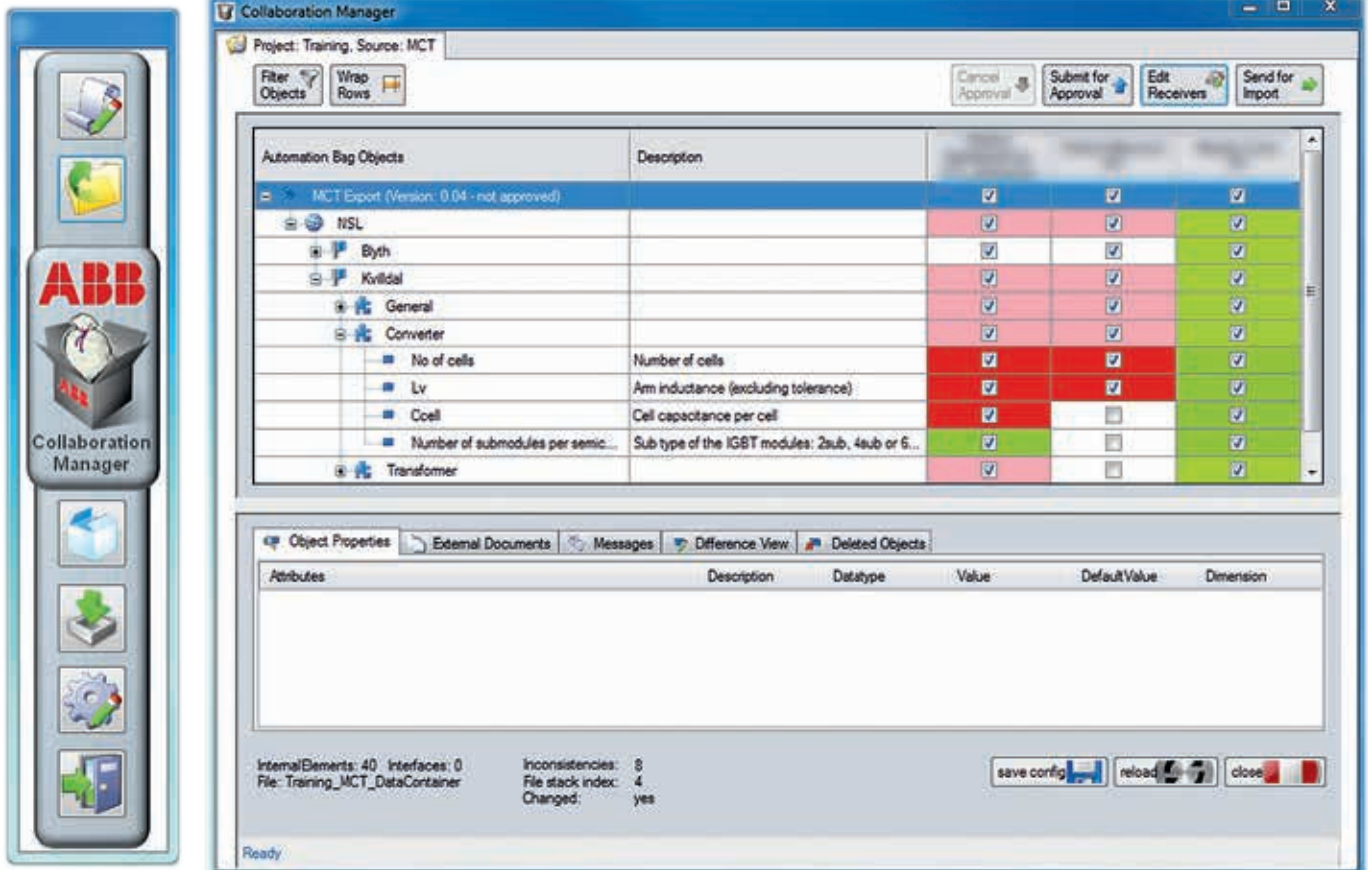
rainer.drath@  
hs-pforzheim.de

C'est cette absence d'outil systématique et balisé, avec gestion des différences et contrôles de cohérence, qui a poussé ABB à mettre au point Collaboration Manager (CM). La division Courant continu à haute tension (CCHT) du Groupe en Suède l'a utilisé dans ses flux de travail, avec à la clé des gains significatifs sur le plan financier et qualitatif.

**Le partage des données entre outils de développement est un processus fastidieux et essentiellement manuel, source d'erreur.**

## Naissance d'un outil

ABB a développé Collaboration Manager afin de guider les ingénieurs dans l'échange de données entre outils de différents fournisseurs [1-5]. Les fonctionnalités proposées vont bien au-delà des capacités d'Excel : suivi des modifications, gestion des historiques et des versions, calcul et contrôle de cohérence avec affichage des résultats, tableau de bord, etc.



01

—  
01 Exemple de matrice d'échange Collaboration Manager vers trois destinataires

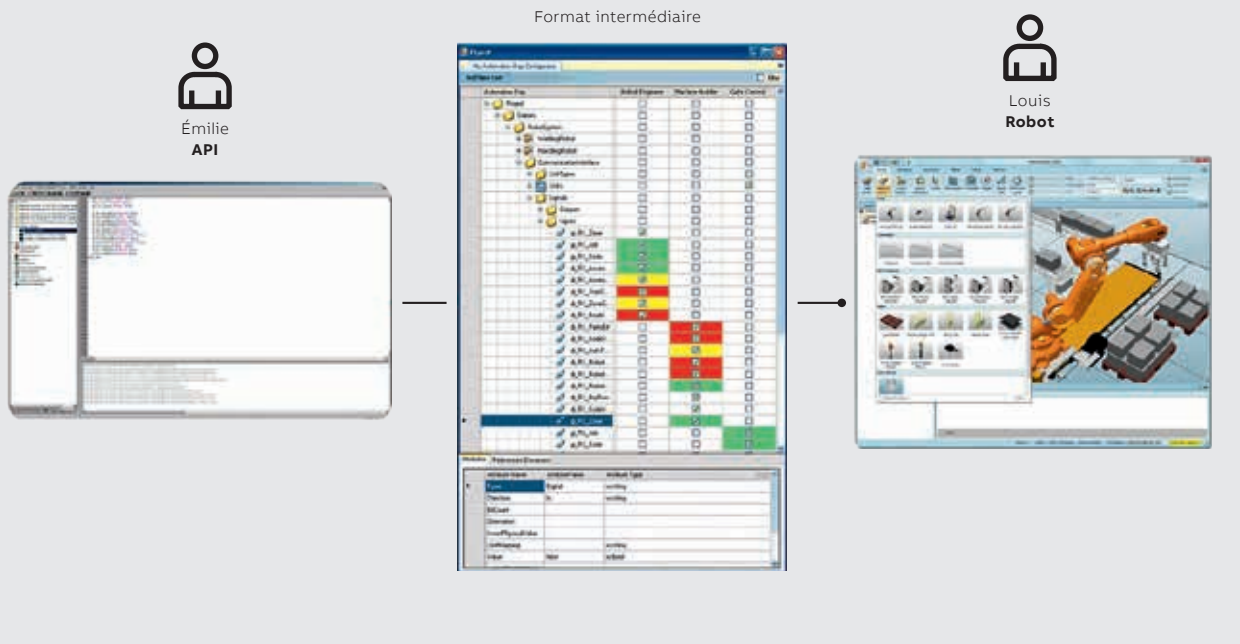
La solution est d'une simplicité exemplaire : l'échange de données repose sur des fichiers stockés dans des dossiers partagés, situés sur un réseau commun ou dans le Cloud. Collaboration Manager est un logiciel intermédiaire qui vient se superposer au fichier d'échange →1,2 pour gérer tout particulièrement les itérations entre un nombre arbitraire de paires d'outils de développement hétérogènes.

—  
**ABB a développé Collaboration Manager pour faire dialoguer des outils de développement hétérogènes.**

La logique des échanges sous Collaboration Manager est illustrée en →3: Émilie, qui détient et « produit » des données automate, en envoie un sous-ensemble à Louis, roboticien, qui les intègre à sa cellule robotisée. CM sait exactement quelles données Louis a « consommées »; il peut à tout moment vérifier si les deux jeux sont synchronisés ou non. C'est à la deuxième itération que CM révèle

son plein potentiel: après avoir effectué des modifications, Émilie envoie sa nouvelle version à Louis: CM compare alors les deux jeux et signale les différences et incohérences aux deux correspondants, au moyen de codes couleurs.

Sur le plan technique, CM est une simple couche logicielle sans base de données, ni architecture client/serveur ou orientée services (SOA). Son fonctionnement, qui repose sur le transfert de fichiers en langage AML (Automation Markup Language), format de données neutre basé sur XML et normalisé [6], n'exige qu'un accès partagé à un serveur commun ou à un système de stockage dans le Cloud, de type SharePoint. Il suffit de placer les fichiers AML dans un dossier d'envoi. Les utilisateurs peuvent même échanger des données par courriel ou clé USB.



02

CM archive automatiquement tous les fichiers échangés ; une fonction de comparaison permet de visualiser l'intégralité des modifications effectuées. Le suivi de version et des modifications est possible même entre des outils indépendants, ne communiquant pas entre eux. Autre avantage de CM, il supprime les conflits de propriété des fichiers et garantit la cohérence des données entre outils de développement. Tous les utilisateurs sont gagnants :

- L'ingénieur dispose d'un moyen de partage transparent avec ses collègues, qui de surcroît lui indique en permanence les incohérences entre les données envoyées par l'expéditeur et celles reçues par le destinataire. Il a l'initiative du partage, ce qui le responsabilise et autorise des échanges spontanés entre n'importe quelle paire d'outils de développement ;
- Le chef de projet bénéficie d'une vue instantanée de toutes les incohérences des données d'un bout à l'autre du projet et des points méritant une attention particulière ;

- Le développeur logiciel ainsi que l'hébergeur se voient facilitées l'importation et l'exportation de fichiers.

#### Quand CM rencontre le CCHT

Depuis 1954, ABB est à la pointe de la technologie du courant continu à haute tension (CCHT), qui assure un transport fiable et efficace du courant sur de longues distances avec de faibles pertes.

—  
**Collaboration Manager brille par sa simplicité : l'échange de données repose sur des fichiers partagés, sur un réseau commun ou dans le Cloud.**

Le Groupe a déployé plus de 110 installations CCHT totalisant une puissance supérieure à 120 000 MW, soit près de la moitié du parc mondial.

Aujourd'hui, un projet CCHT implique une quarantaine d'outils de développement répartis entre une vingtaine de plates-formes. Sur une année type, ce sont environ 30 flux de travail menés en parallèle, avec environ 400 points d'interaction entre les différentes équipes du service Conception des systèmes. Chaque interaction représente à son



—  
02 Principe de fonctionnement du premier prototype ABB

—  
03 Déroulement des échanges

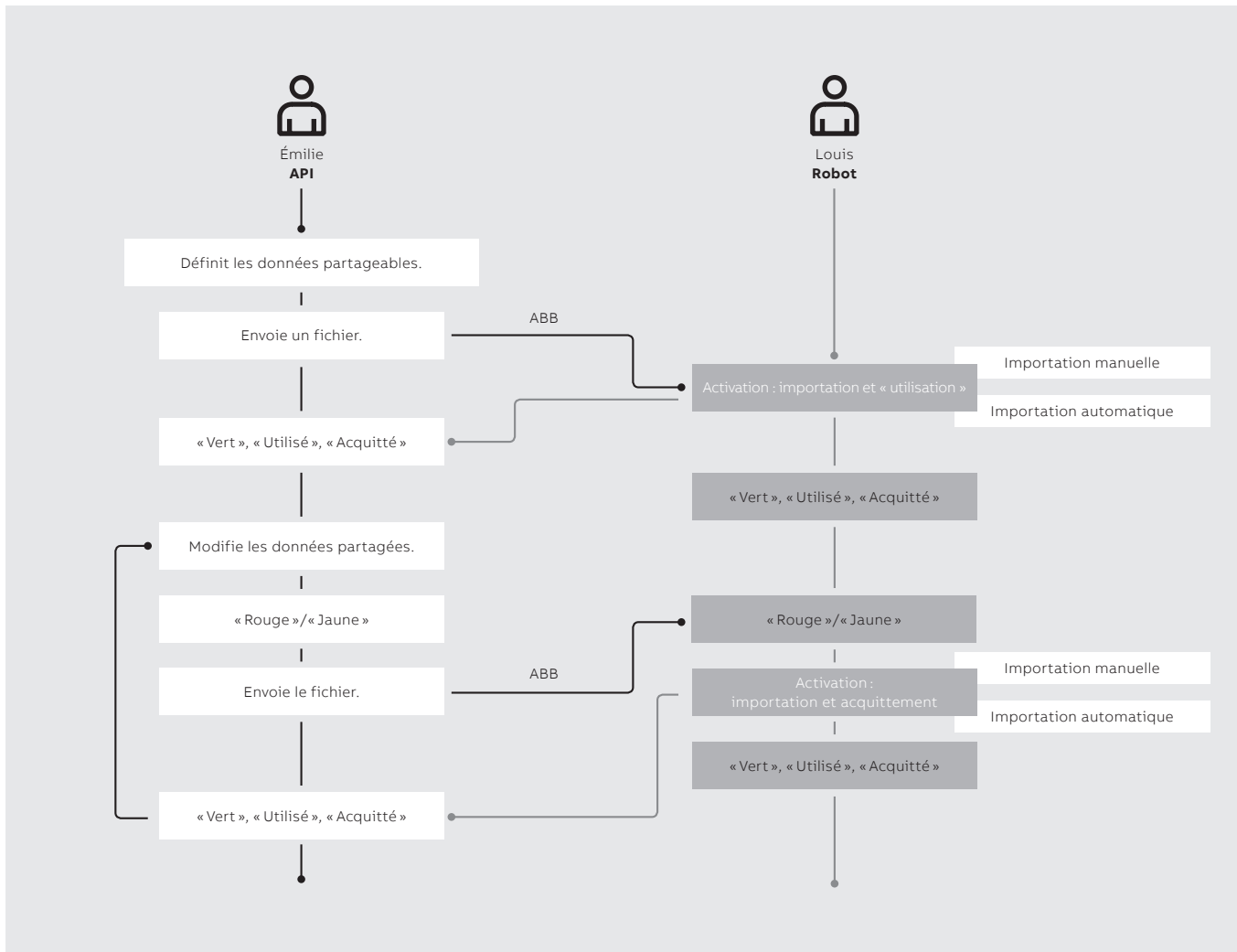
tour un ou plusieurs transferts entre un expéditeur et son destinataire. Si l'on compte deux échanges par point d'interaction et par année, cela revient à 24 000 échanges par an : à raison de 20 paramètres par an et par flux, le nombre total de paramètres échangés s'élève à 480 000.

Actuellement, les échanges se font majoritairement sur papier : un processus source d'erreurs, qui consomme plusieurs années-hommes de travail chaque année. Si l'on y ajoute la multiplication des itérations, l'absence de gestion des modifications, les retards de livraison et les doublons entre les différents services techniques, la facture grimpe vite.

Parmi les initiatives destinées à améliorer le processus figurait un projet visant à mieux cerner la complexité des transferts de données entre développeurs. Conclusion : il fallait de toute

—  
En utilisant l'outil CM dans ses flux de travail, la division CCHT d'ABB a enregistré des gains économiques et qualitatifs considérables.

évidence automatiser les échanges et gérer les modifications. Ce fut aussi l'occasion de définir d'autres fonctionnalités logicielles. Les premiers essais furent effectués avec un outil développé en interne sous Excel ; un choix qui interdisait cependant la gestion des modifications et limitait les échanges aux seuls manuels rédigés avec le tableur.



—  
04 Tableau de bord d'un projet de développement mobilisant neuf ingénieurs et six outils

—  
05 Écran CM côté destinataire après importation des données en un clic

CM était la solution à ce casse-tête. L'utilisation du format AML garantit un transfert automatique, efficace et simple des données entre outils de développement hétérogènes ainsi qu'une gestion performante des modifications.

—

**CM est une simple couche logicielle affranchie des bases de données et architectures client/serveur ou orientée services.**

**Qualité et efficacité du numérique**

Le prototype CM s'est enrichi de nouvelles fonctionnalités numériques dans le cadre des projets CCHT d'ABB :

- Le tableau de bord ou « Cockpit » offre une vue instantanée des échanges dans tout le projet. Une matrice expéditeur-destinataire →4 renseigne immédiatement sur la cohérence des données, à l'aide de codes couleurs. Dans chaque cellule est indiqué l'état de synchronisation destinataire-expéditeur. Les chefs de projet voient ainsi les mises à jour et identifient sans peine les points problématiques ;

- Un « approbateur » valide la qualité des données. Il est possible d'affecter plusieurs approbateurs à un ensemble de données qui, s'il est acquitté par tous, passe à l'état « approuvé » ; à défaut, il est « refusé ». La gestion des versions est en outre liée à cet état pour faciliter l'évaluation de la qualité des données ;
- Le format AML permet de mettre en correspondance les paramètres de l'outil source et ceux de l'outil cible à l'aide de classes prédéfinies, lisibles par les deux parties. Le bénéfice est double : côté expéditeur, seules les données pertinentes pour le destinataire sont exportées ; côté destinataire, l'importation se fait automatiquement en un clic, sans mise en correspondance manuelle →5. AML les dispense d'un langage commun ;
- L'administration des utilisateurs par AML permet de configurer des profils en quelques minutes ;

—

**CM archive automatiquement tous les fichiers échangés ; une fonction de comparaison affiche l'intégralité des modifications effectuées.**

- Les notifications de mise à disposition d'une nouvelle version dans CM sont complétées d'alertes automatiques par courriel dans Outlook.

		Receiver Tool Folders									
Used data % (version #)		MCT2	PSCAD2	RS2	CTI_Harmonics	MCT	RS1	ISO	PSCAD	HAP	
Sender Tool Folders	MCT2		0.00 % (v.1.0)	99.99 % (v.1.0)	90.48 % (v.1.0)						
	PSCAD2										
	RS2										
	CTI_Harmonics										
	MCT		65.98 % (v.2.0)	99.99 % (v.2.0)	85.71 % (v.2.0)		99.99 % (v.2.0)	100.00 % (v.1.0)			
	RS1										
	ISO			100.00 % (v.3.0)			99.99 % (v.3.0)		85.71 % (v.3.0)		
	PSCAD										
	HAP			7.01 % (v.3.0)			99.99 % (v.3.0)				

—

**Bibliographie**

[1] Drath, R., Barth, M., « Beherrschung von Semantikvielfalt mit AutomationML », atp edition, vol. 54, n° 12, p. 72–81, décembre 2012.

[2] Drath, R., Barth, M., « Concept for managing multiple semantics with AutomationML », actes IEEE conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Cracovie (Pologne), septembre 2012.

[3] Drath, R., Barth, M., « Concept for interoperability between independent engineering tools of heterogeneous disciplines », actes IEEE conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Toulouse, septembre 2011.

[4] Drath, R., « Let's talk AutomationML – What is the effort of AutomationML programming? », actes IEEE conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Cracovie (Pologne), septembre 2012.

[5] Barth, M., et al., « Evaluation of the openness of automation tools for interoperability in engineering tool chains », actes IEEE conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Cracovie (Pologne), septembre 2012.

[6] CEI 62714 : Format d'échange de données techniques pour une utilisation dans l'ingénierie des systèmes d'automatisation industrielle – Automation ML, juin 2014.

Jusqu'à présent, CM a servi au développement d'extensions destinées à six grands outils de développement CCHT sur différentes plates-formes: Main Circuit Toolbox, Harmonic Analysis Program (calcul des harmoniques), ISO Light (coordination de l'isolement), CTL Harmonics (calcul des sources de tensions harmoniques), PSCAD (simulation des transitoires) ainsi qu'un outil Excel de spécification

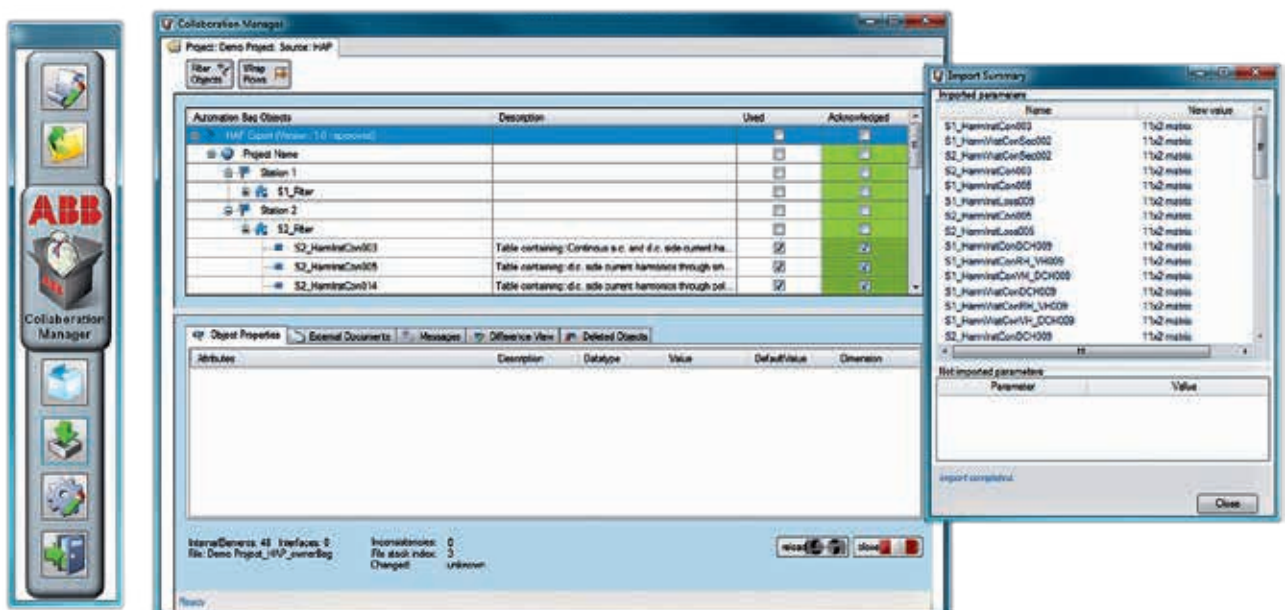
## Le tableau de bord affiche un instantané des échanges tout au long du projet.

des exigences. La programmation en AML étant très facile [4], l'essentiel du travail a consisté à préparer les outils pour l'échange de données. Il a fallu compter en moyenne cinq semaines par outil, auxquelles s'est ajoutée une semaine pour le développement de l'extension. Ces six outils, qui échangent des milliers de paramètres, représentent la majorité des transferts de données dans le service Conception des systèmes. ABB prévoit de déployer CM dans d'autres activités CCHT.

L'échange de données est aujourd'hui automatique. Quelques clics de souris suffisent, plus besoin d'attendre la version papier... Une promesse d'économies et de gains de qualité pour les projets CCHT !

CM automatise le partage de données entre de multiples plates-formes de développement tout en assurant le suivi des modifications et la gestion des droits d'accès. La solution offre des fonctions supplémentaires, comme la procédure d'approbation numérique, le suivi des versions et des historiques, et la messagerie pour les objets de données. Le tableau de bord procure une vision globale des incohérences dans les données échangées entre les différents outils de développement, tout au long du projet, et raccourcit ainsi le délai de livraison tout en accélérant les recoupements entre données et en anticipant la remise de rapports aux clients.

Le principal atout de CM est sa capacité à faire dialoguer des outils sans passer par des standards sémantiques. Il n'en reste pas moins que son cadre évolutif ouvre la voie à une standardisation progressive. ●



---

 ABB ABILITY

# Une mine d'informations

ABB Ability™ rationalise les procédés et opérations des mines.



Les groupes miniers doivent faire des arbitrages délicats entre la baisse du prix de vente des minerais provenant de gisements reculés et de moins bonne qualité, et la hausse du coût de l'énergie et la pression environnementale. Un dilemme qui les oblige à optimiser la performance de leurs procédés et la disponibilité de leurs équipements.



**Eduardo Gallestey**  
**Venkat Nadipuram**  
 ABB Process Automation  
 Baden-Dättwil (Suisse)

eduardo.gallestey@  
 ch.abb.com  
 venkat.nadipuram@  
 ch.abb.com

---

La plate-forme ABB Ability™ héberge un programme d'amélioration de la fiabilité et de la performance des opérations minières.

ABB, partenaire de choix de l'industrie minière, l'accompagne dans ses projets d'électrification et d'automatisation du broyage, de la manutention et du levage, avec notamment des cycloconvertisseurs, des variateurs de fréquence, des moteurs, des multiplicateurs de vitesse ou encore des logiciels métier.




---

Treuil de mine ASEA remis à neuf à Sudbury (Ontario, Canada)



Le Groupe s'appuie sur sa plate-forme ABB Ability™ pour lancer un programme d'amélioration de la fiabilité et de la performance des applications minières. La téléexploitation, associée au support et à la commande avancée des procédés, permet de faire tourner les machines au maximum de leurs capacités.

Afin de développer des modèles capables de prédire les défaillances et d'améliorer la performance, ABB a recours à des méthodes d'analyse de données massives telles que

- données électriques à haute fréquence;
- données des procédés et équipements de traitement des minéraux (fiabilité, performance et qualité du broyage, du convoyage et du levage).

Le projet inclut également la création de centres de collaboration, où des spécialistes ABB se tiendront à la disposition de la clientèle pour répondre sans délai à ses questions et lui offrir un accès direct à l'expertise mondiale du Groupe.

Pour l'industriel, les gains escomptés sont les suivants :

- Baisse des coûts d'exploitation ;
- Hausse de la productivité et de l'efficacité énergétique à un coût raisonnable ;
- Prolongement de la durée de vie des équipements et réduction des coûts globaux pour un meilleur retour sur investissement. ●



47

# Protectio et sécurit



60



# n é



40

La sécurité des procédés industriels et de la distribution électrique ne passe pas uniquement par des dispositifs de secours, de sécurité intrinsèque et de redondance: elle implique une compréhension approfondie du fonctionnement des systèmes et donc de la manière de les protéger. ABB s'appuie sur son expertise pour assurer la sécurité de multiples applications, des navires aux microréseaux.

- 40      Mesure, contrôle et suivi de l'énergie
- 47      Protection moyenne tension PCS120:  
la sentinelle des fortes puissances
- 54      Emax 2 et Ekip Link s'invitent à bord
- 60      Protection, surveillance et gestion  
des microréseaux avec l'Emax 2

54



## PROTECTION ET SÉCURITÉ

# Mesure, contrôle et suivi de l'énergie

Ultracompacte, la nouvelle solution de mesure multicanal haute performance « CMS » (Circuit Monitoring System) d'ABB permet aux exploitants de grandes infrastructures complexes de surveiller, de visualiser, d'enregistrer et d'éditer les grandeurs (intensité, puissance, énergie), déformations (harmoniques) et consommations électriques en chaque point du circuit.

**Paweł Ludowski**  
**Piotr Ryba**  
**Jerzy Wasacz**  
ABB Corporate Research  
Cracovie (Pologne)

pawel.ludowski@pl.abb.com  
piotr.ryba@pl.abb.com  
jerzy.wasacz@pl.abb.com

**Harm deRoo**  
**Nico Ninov**  
**Fabian Maier**  
ABB Low Voltage Products  
Schaffhouse (Suisse)

harm.deroo@ch.abb.com  
nico.ninov@ch.abb.com  
fabian.maier@ch.abb.com

Confrontés à l'augmentation des coûts de l'énergie et soucieux de réduire l'empreinte carbone de leur activité, les exploitants de grosses infrastructures complexes (centres de données, aéroports, établissements hospitaliers et bancaires, etc.) ont besoin d'affiner leur connaissance des usages énergétiques dans chaque ramification du réseau électrique. Les nouveaux appareils de mesure et de contrôle ultracompacts et performants de la gamme CMS d'ABB participent de cette ambition →1.

Le CMS-700 a été spécialement conçu pour satisfaire aux exigences des installations électriques stratégiques, comme les centres de données.

Un système CMS se compose d'une unité centrale de traitement et de capteurs de courant. Facile à loger dans les armoires de commande et de distribution, chaque constituant s'adapte aisément à l'existant pour moderniser l'installation. Les développeurs ont apporté un soin particulier à la convivialité de la solution, à sa large étendue de

mesure (jusqu'à 160 A) et à sa souplesse évolutive pour satisfaire aux besoins de chaque application. Le système CMS actuel s'appuie sur son prédécesseur, le CMS-600, qu'il enrichit d'une nouvelle unité de commande CMS-700 et de capteurs de dernière génération pour surveiller le courant mais aussi d'autres paramètres électriques tels que la puissance, l'énergie et le taux global de distorsion harmonique, au niveau de l'alimentation réseau triphasée comme de chaque dérivation. Au rang des nouveautés fonctionnelles, citons la visualisation par interface web, la journalisation des données, l'édition automatique de rapports et la connectivité Ethernet.



—  
01 Éléments constitutifs  
du système de mesure,  
contrôle et suivi de  
l'énergie CMS d'ABB

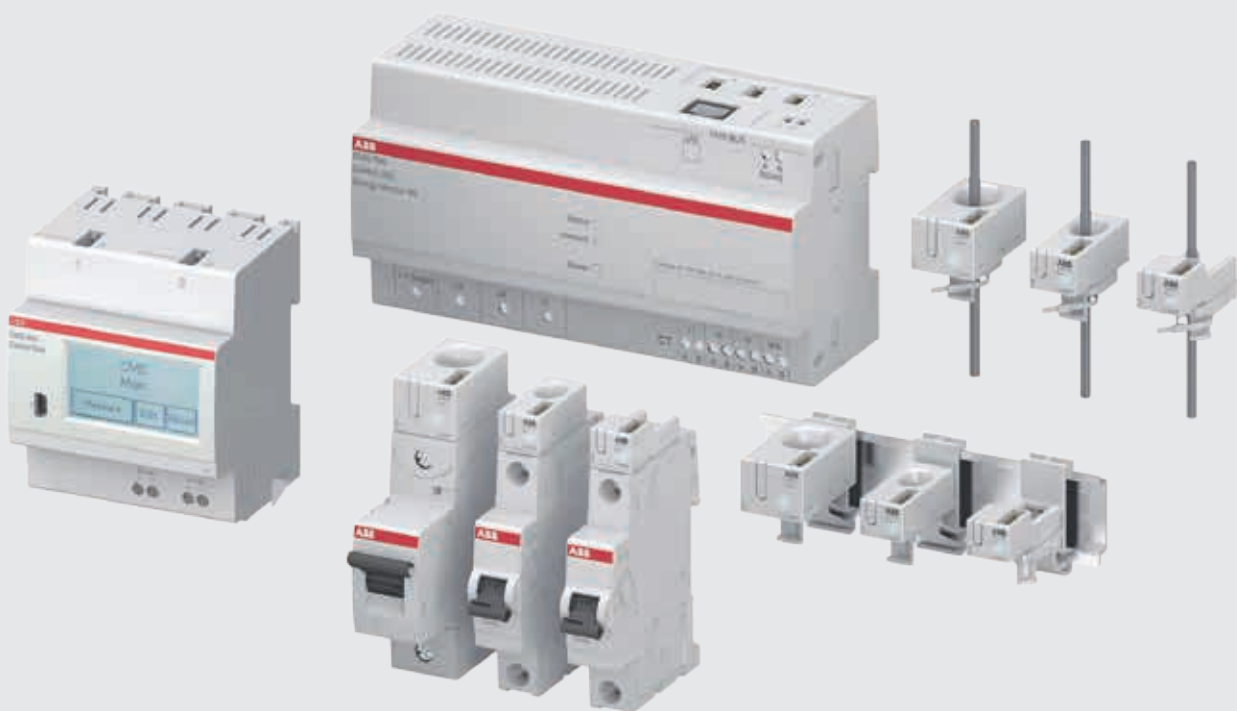
Si le CMS-700 a été spécialement conçu pour les installations électriques stratégiques (centres de données, par exemple), il se prête à d'autres applications de suivi énergétique, comme l'identification des gisements d'économies dans les immeubles de bureaux, par exemple.

—  
Le CMS-700 fait également merveille dans d'autres applications de suivi énergétique, comme l'identification des gisements d'économies en immobilier.

#### Configuration matérielle

L'unité centrale CMS-700 s'articule autour d'un processeur d'applications Texas Instruments AM3352 à cœur ARM Cortex-A8 →2, doté de 256 mégaoctets de mémoire vive DDR3 et de 4 gigaoctets de mémoire Flash eMMC. Le module communique avec le monde extérieur sur TCP/IP, Modbus RTU, Modbus TCP/IP ou encore SNMP v1, v2c ou v3. Une liaison Ethernet assure l'accès à

l'interface utilisateur web sous protocole HTTP et aux données de mesure sous Modbus TCP/IP ou SNMP. Trois connexions Modbus permettent de raccorder jusqu'à 96 capteurs de courant (soit 32 par canal), auxquelles s'ajoute un port Modbus externe isolé qui fournit une interface de communication au standard industriel et garantit la rétrocompatibilité avec le CMS-600. Le système intègre un circuit de surveillance des paramètres électriques de l'alimentation réseau, dont la valeur efficace de la tension ( $V_{eff}$ ) et du courant ( $I_{eff}$ ), le facteur de puissance, ainsi que l'énergie active, réactive et apparente. Il calcule également les taux d'harmoniques en tension et en courant. Ces données sont transmises au processeur sur un bus série I<sup>2</sup>C (Inter Integrated Circuit). L'ensemble est alimenté directement par la phase L1, la topologie isolée (« flyback ») du convertisseur CA/CC assurant l'isolation galvanique et l'alimentation basse tension de tout le dispositif et des capteurs externes par les ports du module CMM (Communication Media Module) destiné aux supports de transmission.



La commande CMS-700 se compose de trois circuits imprimés →4: une carte mère avec processeur, mémoires vive et Flash, et liaison Ethernet,

—  
Trois connexions Modbus permettent de raccorder jusqu'à 96 capteurs de courant CMS.

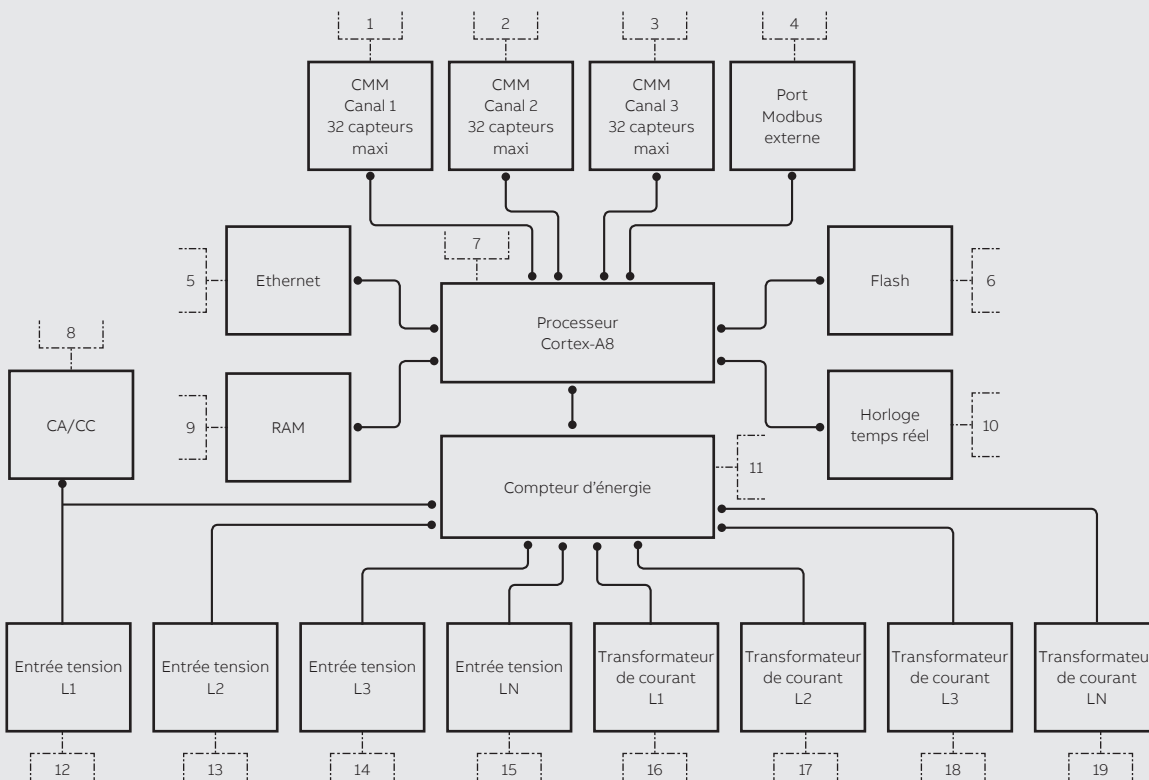
qui fournit la puissance de calcul →3; une deuxième carte embarquant les convertisseurs CA/CC, le circuit de surveillance énergétique, le port Modbus externe et les ports d'entrées tension/courant; une troisième, plus petite, équipée de connecteurs et d'un circuit de protection assurant l'interconnexion processeur-capteurs externes.

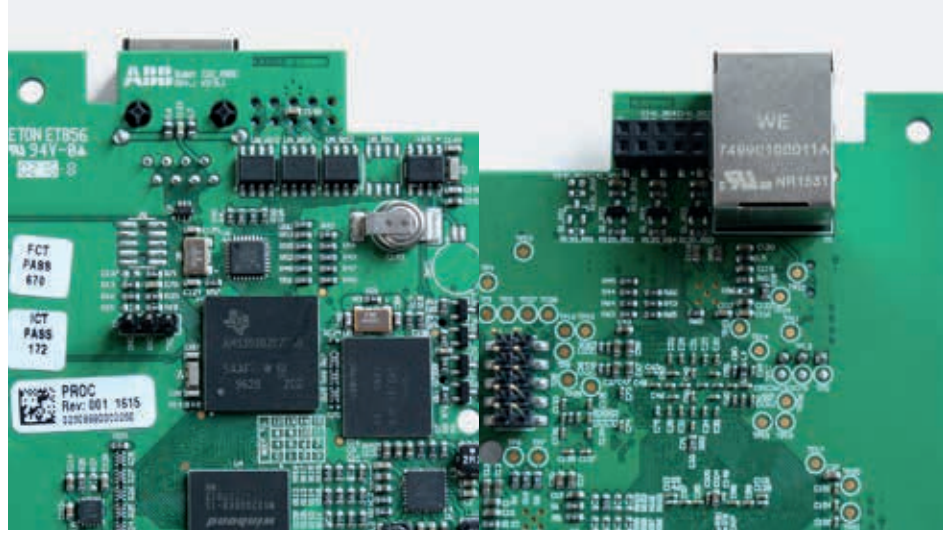
**Simulation matérielle**

L'électronique fut conçue à l'aide de simulations numériques d'écoulement des fluides (CFD), préparées dans le logiciel ANSYS Fluent. Les modèles de conception assistée par ordinateur (CAO) furent exportés du logiciel Altium Designer au format standard d'échanges de données de modélisation STEP (STandard for Exchange of Product), avant d'être importés et simplifiés dans l'outil de CAO 3D SolidWorks® (Dassault Systèmes).

Les modèles des circuits imprimés furent intégrés au modèle de l'enveloppe, puis chargés dans ANSYS Fluent pour y générer le maillage en volumes finis →5 et définir les paramètres physiques de la simulation.

Le secret d'une simulation réussie tient dans la bonne modélisation des circuits multicouche qui, dans le cas du CMS-700, cumulent jusqu'à six stratifiés FR4 cuivrés de 35 µm d'épaisseur. Le maillage de ces fines strates de cuivre passe par un modèle de conduction d'enveloppe multicouche capable de définir l'épaisseur virtuelle et la conductivité thermique de chacune d'elles.





03

—  
02 Représentation simplifiée de la configuration matérielle

—  
03 Carte mère

—  
04 Vue éclatée de l'unité de commande CMS-700

Ces simulations numériques servent à identifier les points chauds et à évaluer la conception de l'enveloppe en matière de dissipation thermique →6. Elles permirent également de sélectionner la meilleure valeur ohmique pour les résistances shunt de mesure de courant, résolvant par là même une délicate équation : opter dans l'idéal pour des composants de faible résistance, afin de générer le moins de chaleur possible, mais plus chers à l'achat. La modélisation CFD permet ainsi d'arbitrer efficacement entre production de chaleur et coût de l'électronique.

Après préparation des premiers prototypes, les simulations furent vérifiées par des mesures thermiques. Une caméra infrarouge localisa les points chauds et des thermosondes Pt100 fournirent des profils de température extrêmement précis ; de quoi confirmer l'exactitude des simulations CFD →7.

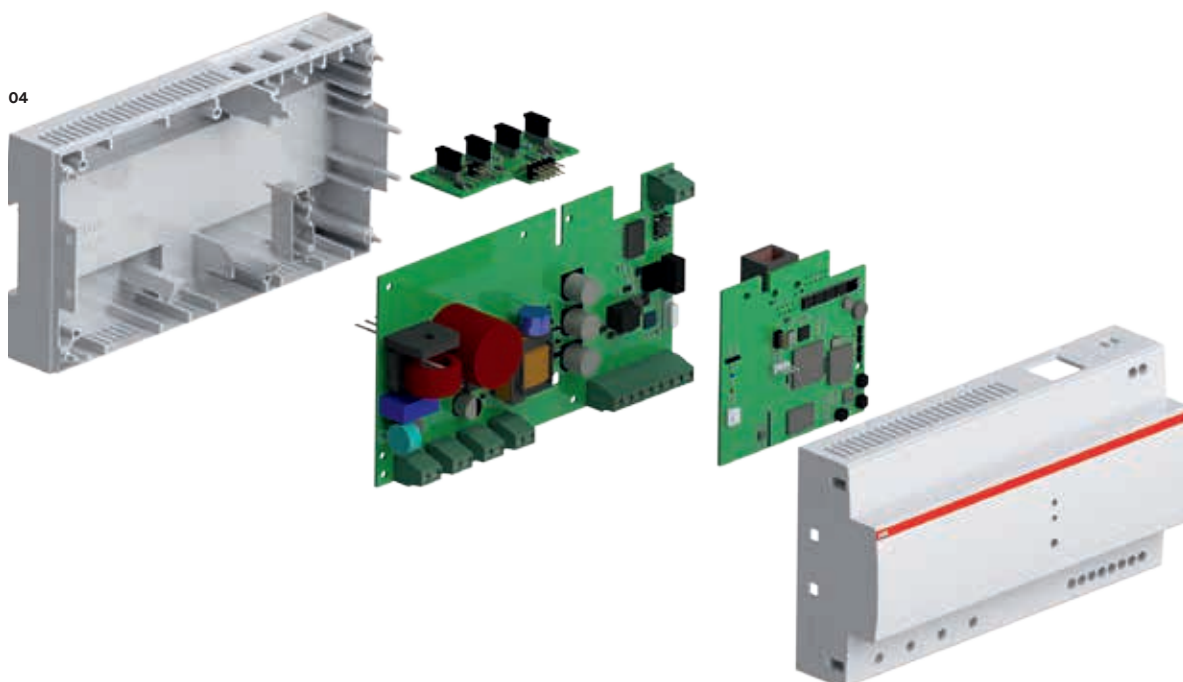
La robustesse de la conception matérielle fut également validée par des essais de compatibilité électromagnétique conformes à la normalisation internationale CEI.

#### Logiciel

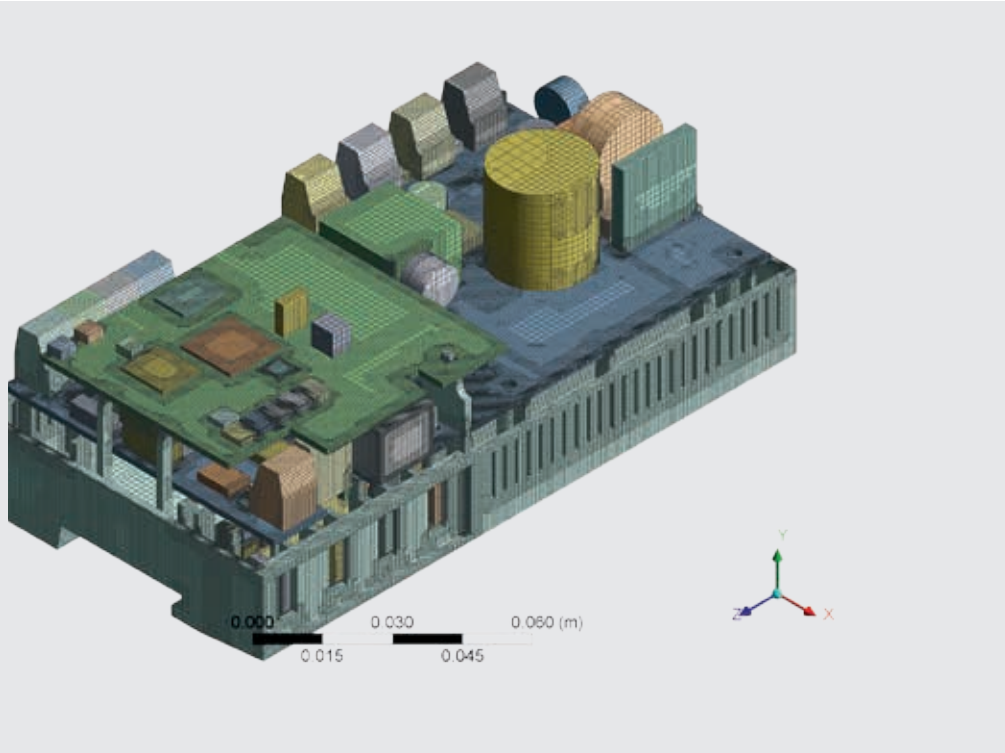
Le CMS-700 est piloté par un logiciel embarqué sous une distribution Linux personnalisée, comportant un programme d'amorçage, un noyau

—  
La robustesse du matériel fut confirmée par des essais de compatibilité électromagnétique CEI.

Linux et le système de fichiers racine. Tous ces constituants furent compilés pour une architecture ARM (Advanced Risc Machine) avec la chaîne GCC Linaro. Le programme d'amorçage et le noyau Linux furent préparés avec un kit de développement Linux de Texas Instruments. L'outil Buildroot et un programme d'amorçage universel et libre servirent à construire le système de fichiers racine.



04

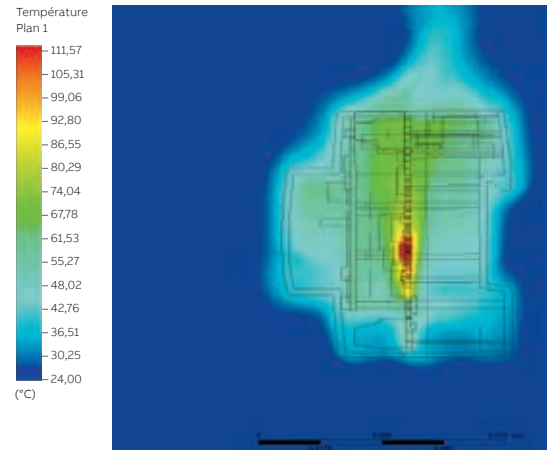
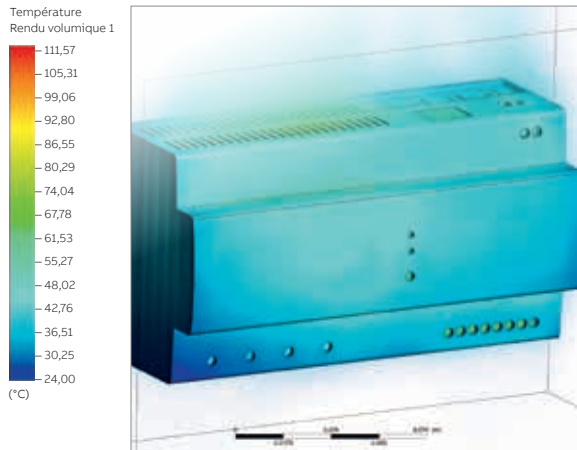


05

**Pare-feu**

Le CMS-700 est protégé par un pare-feu interne basé sur le filtre de paquets réseau NFTables, sous-système du noyau Linux. Les règles de pare-feu visent à restreindre l'accès aux services HTTP, SNMP et Modbus. Autre fonctionnalité: le suivi de connexions autorisant la mise en place d'un pare-feu à états et la configuration de limiteurs de trafic. Ce type de protection peut être paramétré de façon à accepter tous les paquets entrants faisant partie de la connexion établie par le CMS-700 (état ESTABLISHED) ainsi que tous ceux appartenant aux connexions liées à celles lancées par le CMS-700 (état RELATED). Cela permet par exemple d'autoriser une réponse provenant du serveur NTP (Network Time Protocol) lorsque la connexion est établie par le CMS-700.

Le pare-feu protège le dispositif des accès non autorisés mais aussi des attaques par déni de service, notamment celles qui s'appuient sur les vulnérabilités des protocoles ARP, ICMP, IP, TCP et UDP pour inonder le réseau de paquets et saturer les ressources. La robustesse de la protection fut validée par le centre pour la sécurité « DSAC » (Device Security Assurance Center) d'ABB, le CMS-700 ayant réussi tous les tests de cybersécurité.



06

—  
05 Maillage en volumes finis sur le modèle CAO

—  
06 Résultats des simulations CFD : distribution de la température à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe

—  
07 Comparaison des résultats des simulations avec les mesures de température par sonde Pt100

07a La simulation CFD prédit les points chauds au dos des huit composants montés en surface sur la carte intégrant le convertisseur CA/CC, le circuit de surveillance énergétique et le port Modbus externe.

07b La mesure de la sonde Pt100 le long de la ligne 1 reflète le profil de température observé en simulation (composant à l'extrémité gauche de la carte).

## Code

Le programme de mesure, de transfert, de configuration et de visualisation des données comporte deux volets : un code frontal (« front-end ») écrit en JavaScript sur la plate-forme AngularJS, qui permet de développer la partie visible de l'application, à savoir l'interface utilis-

—  
**Les mesures capteurs sont affichées sous la forme d'une courbe de valeurs en ligne, qui peuvent être récupérées d'une table.**

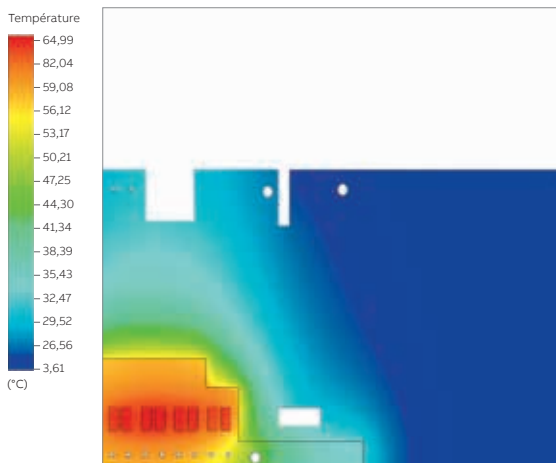
—  
teur web et le matériel ; une couche intermédiaire (« back-end ») autorisant en arrière-plan la configuration de l'équipement, la mesure, l'acquisition et la transmission des données par SNMP et Modbus. Tous les échanges HTTP entre CMS-700 et navigateur web sont chiffrés et sécurisés avec le protocole SSL (Secure Sockets Layer).

## Configuration

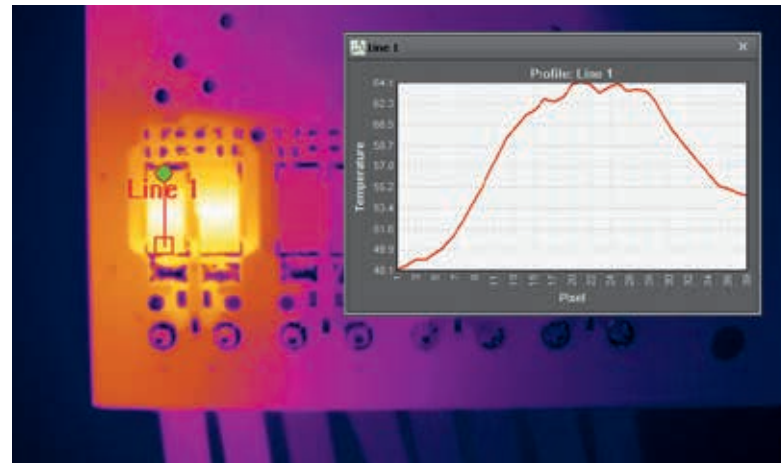
Le site web du CMS-700 sert à configurer le dispositif en plusieurs langues et à afficher une courbe des mesures de capteurs en ligne, qui peuvent être récupérées d'une table. Toutes ces données étant consignées, une interface permet d'en restituer l'historique, exportable au format

de fichier CSV. Il en va de même des mesures de qualité de l'alimentation réseau (tension, courant, harmoniques, facteur de puissance, énergie active, réactive et apparente). Le CMS-700 calcule la consommation d'énergie sur le circuit principal comme sur chaque dérivation surveillée par les capteurs CMM. Ces points de mesure peuvent être affichés dans différentes vues.

La partie configuration permet de modifier certains paramètres comme les rapports des transformateurs de courant réseau, par exemple. La configuration des capteurs CMM peut être peaufinée pour ajouter, supprimer, afficher, identifier et éditer des paramètres permettant de lier leurs données selon divers critères (dérivation, regroupement, phase, correction du facteur de puissance, etc.). Le choix du mode de diffusion des rapports (courriel ou serveur FTP) est également configurable via l'interface web, de même que les protocoles de transmission, la langue de configuration, l'heure, les mots de passe, la dernière version du micrologiciel et la réinitialisation des réglages usine.



07a



07b

- 08 Capteur ouvert
- 09 Capteur fermé

### Nouvelle génération de capteurs

De largeur normalisée 18 ou 25 mm, les capteurs mesurent les harmoniques et tout type de courant (alternatif, continu ou en valeur efficace vraie) jusqu'à 160 A.

Chaque capteur disposant de son propre microprocesseur de traitement du signal, les mesures sont rapatriées à l'unité de commande sur un bus numérique, ce qui minimise le câblage dans l'armoire et fiabilise le transfert des valeurs. Fini les perturbations caractéristiques de l'instrumentation et de la transmission analogiques !

—

Grâce à leur forme en U, les capteurs ouverts s'adaptent aisément à l'existant sans avoir à décâbler ni à arrêter l'installation.

Les capteurs CMS d'ABB sont proposés en deux exécutions : à noyau ouvert ou fermé → 8, 9. Avec leur exactitude de mesure CA inférieure ou égale à  $\pm 0,5\%$ , les appareils fermés conviennent à toutes les applications exigeant une précision maximale. Grâce à leur forme en U, les capteurs ouverts s'adaptent sans peine à l'existant sans avoir à décâbler ni à arrêter l'installation. Leur exactitude de mesure ( $\leq \pm 1\%$ ) leur ouvre pléthore d'applications.

### Premières applications de terrain

Le CMS-700 est tout désigné pour les installations électriques sensibles. Par exemple, 20 unités de commande ont équipé un centre de données en Irlande pour surveiller le courant et l'énergie transitant dans chacune des phases et des 730 dérivations. Le client peut visualiser la consommation énergétique de tout le réseau, comme de chaque ramification ou serveur. Le système signale également les irrégularités de l'onde électrique. D'autres domaines d'application sensibles sont envisageables comme les infrastructures aéroportuaires, hospitalières, télécoms et bancaires. Pour preuve, une banque brésilienne vient d'installer 90 unités de commande et 8000 capteurs pour surveiller et visualiser ses usages énergétiques.

Pour autant, l'unité de commande ne se limite pas aux grandeurs électriques cruciales de toute une installation mais peut également afficher la consommation de chaque charge : un client ABB a ainsi intégré le CMS-700 dans une ligne de production pour l'aider à analyser les coûts de chaque produit. ●



08



09

PROTECTION ET SÉCURITÉ

# Protection moyenne tension PCS120: la sentinelle des fortes puissances

L'année 2017 marque l'avènement d'une nouvelle génération d'alimentation sans interruption moyenne tension à architecture révolutionnaire. Baptisée « ZISC », cette solution ABB s'appuie sur la souplesse, la robustesse et la performance de la conversion statique PCS120 pour fiabiliser et optimiser les charges industrielles critiques.



**Eduardo Soares**  
ABB Electrification  
Products, Power  
Conditioning  
Napier (Nouvelle-Zélande)

eduardo.soares@  
nz.abb.com

La montée en puissance des technologies numériques au cours de la dernière décennie révolutionne notre société, notre économie et notre quotidien, faisant exploser les besoins en données et outils temps réel fiables. Cette transformation touche

tous les acteurs de la chaîne numérique, du particulier avide d'applications mobiles et d'objets connectés, aux entreprises grandes consommatrices de données, comme les organismes financiers et les agences de sécurité publique.

01



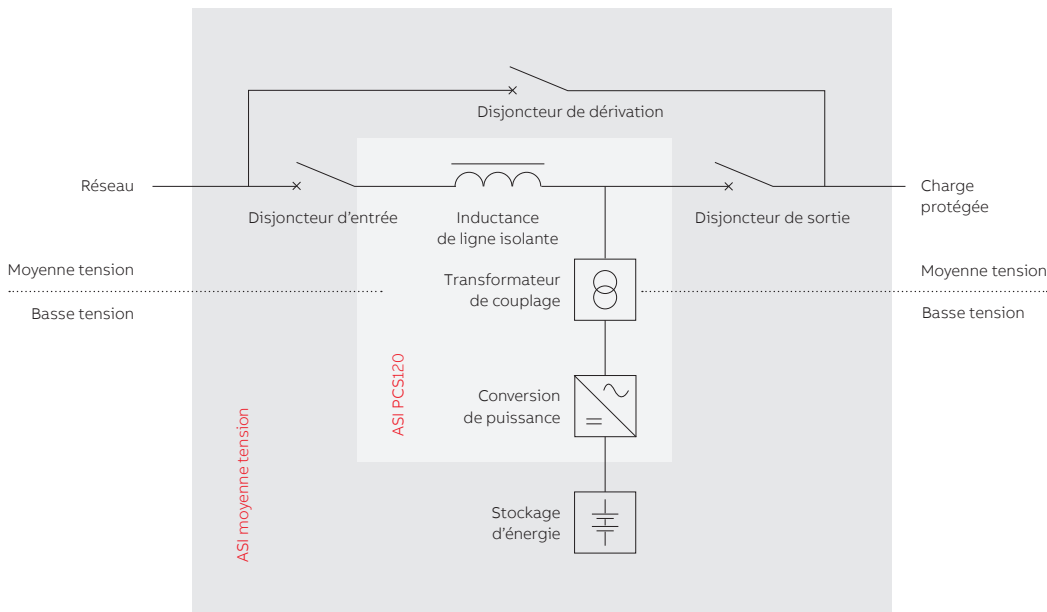
La transformation numérique passe par le déploiement d'infrastructures géantes et la multiplication des investissements dans la fabrication électronique et le calcul informatique : des installations gagnées par les économies d'échelle et la course au gigantisme, à l'image des mégacentres de données qui engloutissent souvent des dizaines de mégawatts.

—  
**La course aux économies d'échelle pousse les centres de données au gigantisme et à la voracité énergétique.**

Dans ces sites d'envergure, les pertes financières consécutives aux arrêts d'exploitation sont tout bonnement proscrites ; leur alimentation électrique doit donc être de qualité irréprochable, bien supérieure à celle du réseau. La règle vaut aussi bien pour les centres de données et usines de semi-conducteurs que pour tous les autres procédés industriels critiques, notamment dans les secteurs pharmaceutique, chimique et agroalimentaire.

Les centres de données s'efforcent d'abaisser leurs coûts pour répercuter ces économies sur les clients. Les outils de comparaison de l'efficacité énergétique comme le coefficient « PUE » (Power Usage Effectiveness) et les analyses de coûts d'exploitation sont les premiers critères utilisés par les clients pour choisir un hébergeur [1]. Ces temples du calcul intensif concentrant sur un seul site une multitude de charges critiques très énergivores, leur compétitivité passe par une fiabilité maximale et un rendement optimal.

Concrètement, une étude [2] évalue à près de 5600 dollars le coût global de chaque minute d'arrêt de la production dû à une panne électrique. Sachant qu'une coupure dure en moyenne 90 minutes, le coût d'une seule interruption peut pulvériser le demi-million de dollars : un préjudice financier inacceptable ! La parade tient dans une alimentation ultrafiable ainsi qu'une distribution et une protection électriques robustes.

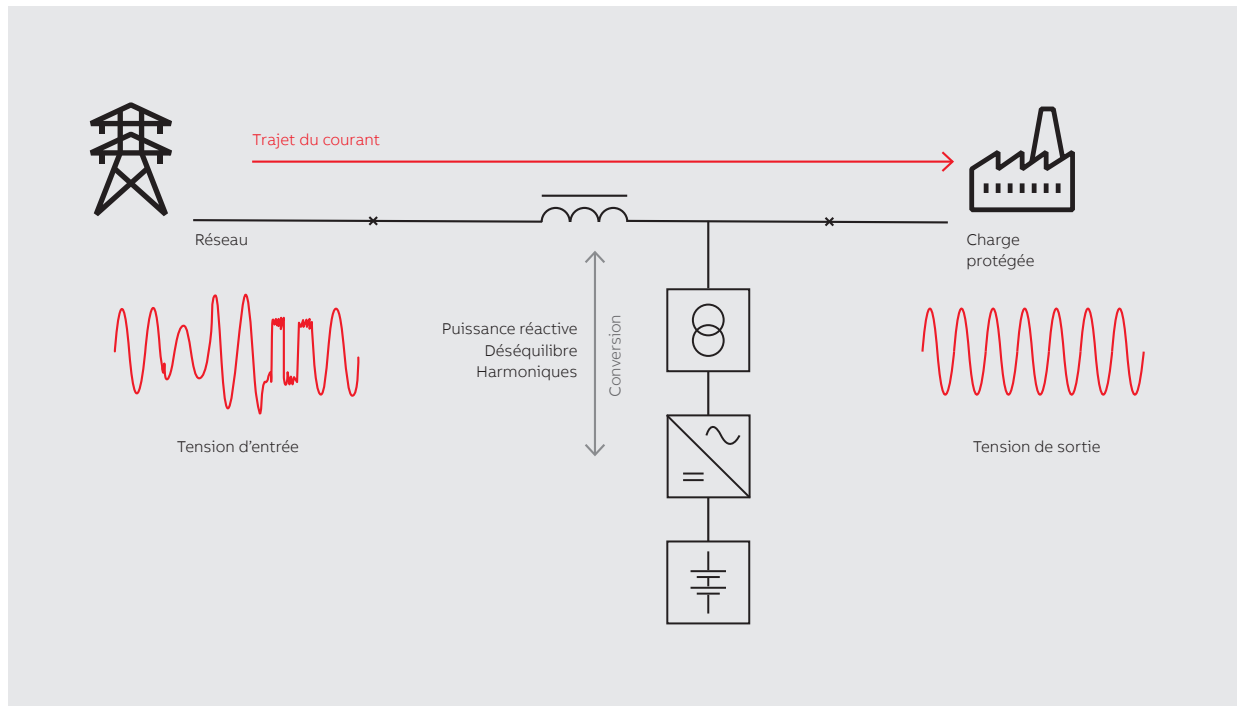




—  
01 ASI moyenne tension  
PCS120 d'ABB

—  
02 Schéma de principe  
de l'architecture ZISC

—  
03 En mode condition-  
nement de puissance,  
l'ASI PCS120 « nettoie »  
et met en forme l'onde  
de tension.



03

Autre défi technique: fournir une solution conciliant flexibilité, fiabilité extrême et facture énergétique allégée pour maximiser la performance du site et en minimiser les coûts d'exploitation. C'est

—  
En créant l'ASI moyenne tension PCS120, compatible avec une panoplie de configurations, dont celle de bus annulaire tolérant aux fautes, ABB a trouvé la solution optimale.

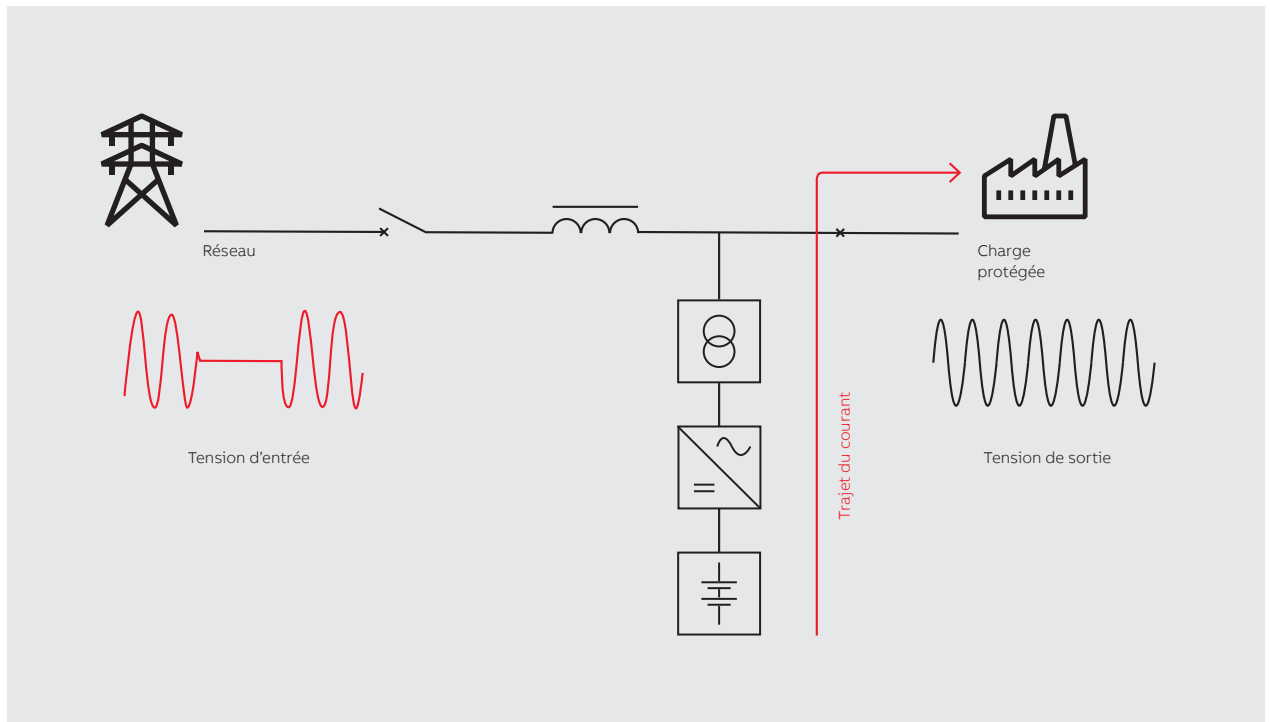
pourquoi une protection et une distribution en moyenne tension (MT), couplées à une conversion de puissance et un stockage d'énergie en basse tension (BT) →2, constituent la réponse idéale aux exigences des centres de données et autres applications stratégiques.

ABB se félicite de pouvoir trouver des solutions optimales aux besoins de ses clients. En témoigne son alimentation sans interruption (ASI) moyenne tension PCS120 →1, compatible avec une panoplie de configurations, notamment celle, testée, de bus annulaire tolérant aux fautes. La PCS120 apporte la souplesse requise au cœur d'une solution statique adaptée à la topologie de bus annulaire, gage de fiabilité et d'efficacité.

#### En moyenne tension

Une protection électrique MT a plus d'un avantage: en tête de liste, citons la simplification de la distribution, qui compte moins d'appareillages de coupure, de transformateurs et de câbles. Maintenance, gestion et supervision en sont grandement facilitées. Les moindres besoins en courant, à demande de puissance équivalente, procurent à cette configuration la palme de la performance. Sans compter que les pertes thermiques sont réduites et les dépenses d'investissement minimisées.

Cette solution lève le principal frein des grandes infrastructures BT, à savoir la limite de courant des appareillages et jeux de barres, en permettant la fourniture de plus fortes puissances à partir d'un seul site, ainsi qu'un meilleur usage de l'espace à l'intérieur du centre; une ASI moyenne tension peut en effet être installée loin des charges, là où le foncier est moins onéreux, dans des locaux techniques et postes électriques, par exemple.



04

Sur le plan de la fiabilité globale, la distribution gagne beaucoup à être exploitée en moyenne tension qui, rappelons-le, nécessite moins d'appareillages et autres équipements. De même, des études montrent que la fiabilité de chaque dispositif MT est nettement plus élevée que celle de ses homologues BT [3].

—  
La topologie ZISC, adossée à la conversion statique PCS120, atteint des rendements de 98 %, soit bien plus qu'une ASI dynamique rotative.

#### Portefeuille ABB

Pour répondre aux besoins de la protection électrique MT, ABB a lancé en 2014 la PCS100, une ASI simple conversion dont la puissance peut être portée à 6 MVA et la tension à 6,6 kV. Son rendement élevé en a vite fait une référence du marché.

Les premières unités opérationnelles ayant rencontré un franc succès, ABB fut tout de suite invité par un client à proposer d'autres solutions de protection MT. L'enjeu était de mettre au point une approche incluant plusieurs niveaux de tension, pour des puissances encore plus élevées, ainsi qu'une conversion continue en lieu et place d'une topologie « passive », standard de l'industrie.

Les quelque 134 ans d'avant-garde technologique du Groupe ont servi aux ingénieurs ABB de tremplin idéal pour relever ce défi et annoncer dès 2017 une architecture d'ASI moyenne tension révolutionnaire, baptisée ZISC (impédance [Z] Isolated Static Conversion).

—  
04 En mode autonome, l'ASI PCS120 bascule la charge du réseau vers le stockage d'énergie.

—  
05 Armoire PCS120 intégrant six modules de puissance et la redondance des systèmes.

### Le goût du ZISC

L'architecture ZISC introduit une nouvelle topologie de conversion statique MT, fondée sur une inductance de ligne isolante couplée aux nouveaux convertisseurs de puissance hautes performances PCS120 d'ABB. Une régulation permanente de

—  
**Côté matériel, la modularité de la conception ABB garantit une continuité de service et une redondance inégalées pour une disponibilité maximale.**

l'angle de tension aux bornes de l'inductance permet aux onduleurs de maîtriser la puissance active et réactive sur toute la chaîne de distribution, du réseau à la charge, sans mettre à contribution le stockage d'énergie. En même temps, les

convertisseurs PCS120 traitent et filtrent sans arrêt toutes les perturbations réseau (harmoniques, déséquilibres de tension, etc.), et fournissent du réactif pour soutenir les charges critiques →3, agissant en « conditionneurs de puissance ». En l'absence d'alimentation réseau, l'ASI PCS120 ouvre son disjoncteur d'entrée et transfère en toute transparence la charge vers le stockage d'énergie, fonctionnant dès lors en mode autonome →4. D'une exécution robuste qui fiabilise la protection électrique, l'ASI met continuellement en forme la tension pour alimenter la charge en toute circonstance avec une électricité de qualité optimale.

La topologie ZISC d'ABB, adossée à la conversion statique PCS120, atteint des rendements de 98 %, bien supérieurs à ceux d'une ASI dynamique rotative.



### Simplissime mais pas simpliste

L'attrait de l'architecture ZISC tient en deux mots : simplicité et robustesse. Les seuls équipements demeurant en moyenne tension sont l'inductance de ligne isolante et le transformateur de couplage : la solution s'adapte ainsi sans peine aux multiples niveaux de tension et besoins de puissance. Tout aussi aisée est la mise en parallèle pour atteindre des puissances assignées de plus de 40 MVA, dans différentes configurations.

La conversion de puissance et le stockage d'énergie se situant au niveau BT, l'utilisateur préserve les acquis de fonctionnalité, de maintenabilité et, surtout, de modularité d'un système BT tel que le convertisseur PCS120.

—

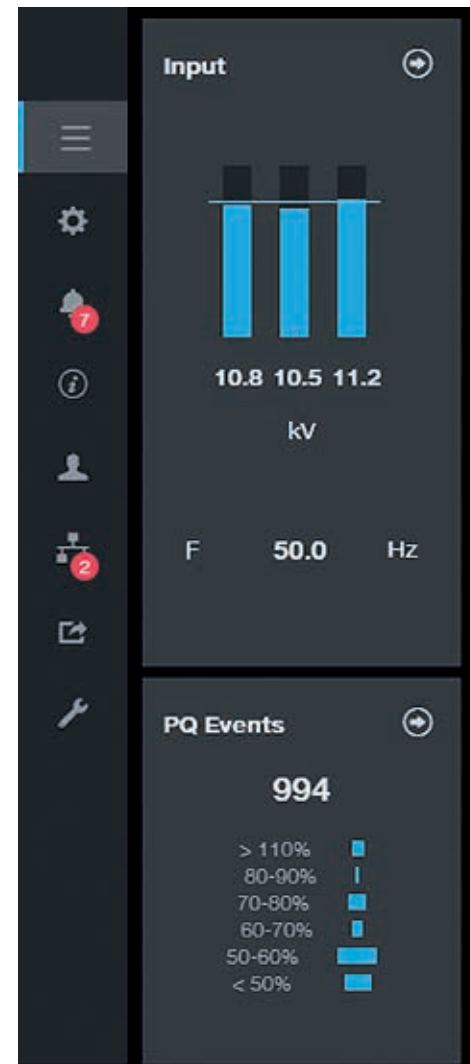
À l'avant-garde de la technologie depuis plus d'un siècle, ABB innove encore avec son ASI moyenne tension fondée sur l'architecture révolutionnaire ZISC.

### Plate-forme PCS120

Le convertisseur PCS120 d'ABB est l'un des grands leviers de la technologie ZISC. Il hérite de la modularité du PCS100 mais avec une densité de puissance deux fois plus importante →5. C'est là une illustration exemplaire de l'innovation ABB en électronique de puissance.

Au cœur du système ASI, le PCS120 n'est pas seulement un nouveau concept en matière de robustesse et de fiabilité, mais aussi de connectivité. Sa toute nouvelle interface ABB analyse l'intégralité des incidents électriques →6. Maintenance et supervision sont également améliorées avec des analyses de tendance combinées à des services numériques proactifs, alignés sur la plate-forme ABB Ability™.

Côté matériel, la modularité de la conception ABB garantit une continuité de service et une redondance inégalées pour une disponibilité maximale. Dans le cas improbable d'un module défectueux, par exemple, le système isole ce dernier et continue de fonctionner avec une puissance de sortie réduite



—  
06 Nouvelle interface numérique PCS120 pour une analyse approfondie des incidents et une maintenabilité proactive

#### Bibliographie

[1] Stansberry, M., « Uptime Institute Data Center Industry Survey », Uptime Institute, 2015.

[2] Emerson Network Power, livre blanc « Understanding the Cost of Data Center Downtime: An Analysis of the Financial Impact on Infrastructure Vulnerability », 2011.

[3] CCG Facilities Integration Inc., « Medium Voltage Electrical Systems for Data Centers », 15 septembre 2012.

à la marge. En parallèle, le contrôle-commande avancé signale la défaillance à la supervision pour que les techniciens de maintenance puissent intégrer à leur calendrier la prochaine intervention

—  
**La supériorité de l'architecture ZISC tient en deux mots : simplicité et robustesse. Seuls l'inductance de ligne isolante et le transformateur de couplage demeurent en moyenne tension.**

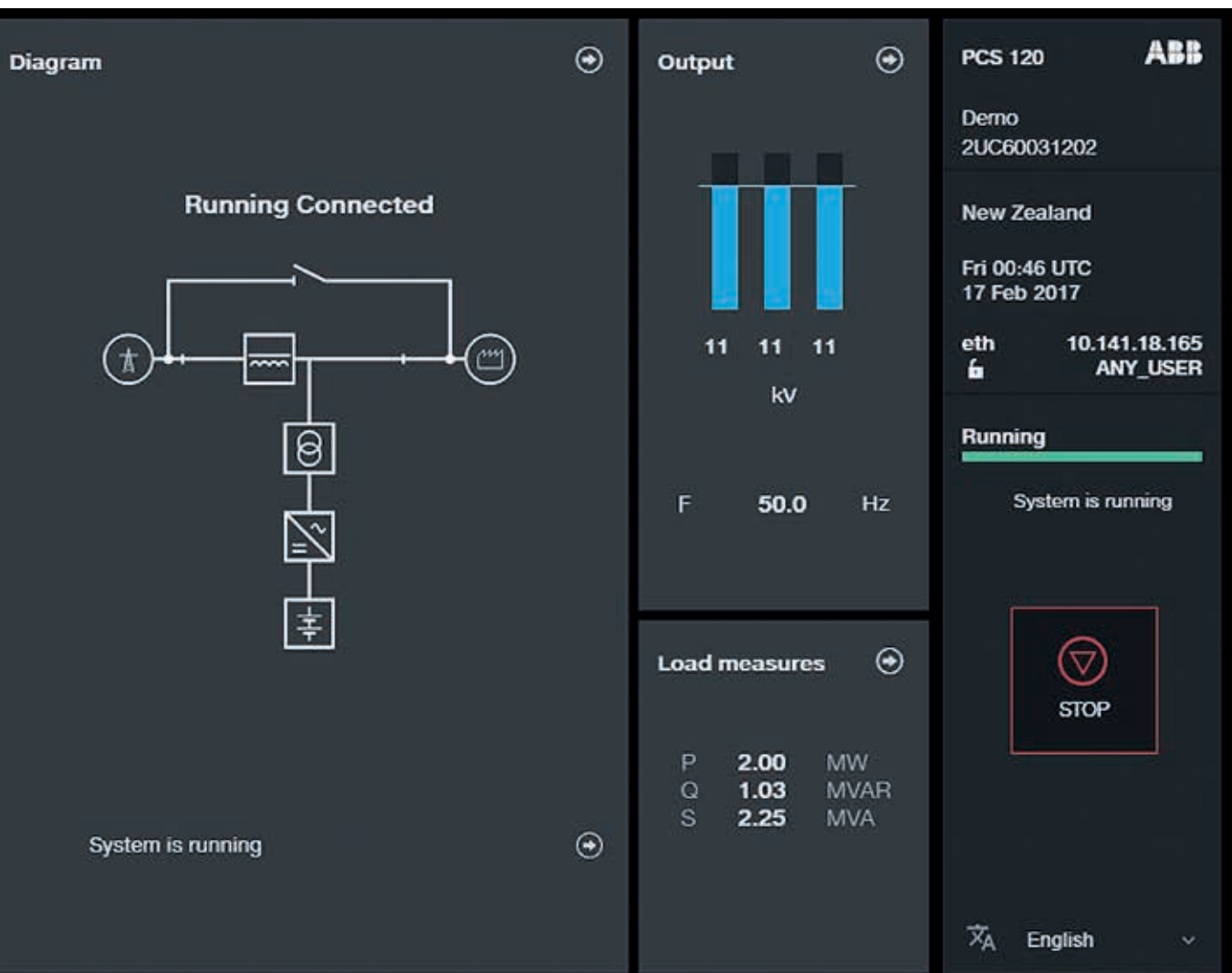
sur site. Des outils automatiques de gestion intelligente des microprogrammes (firmware) et de nouveaux modules embrochables, sur glissières, garantissent aux clients ABB une maintenabilité optimale et une gestion facilitée des pièces de rechange.

#### L'offre ABB est une

Outre l'ASI moyenne tension PCS120, le portefeuille ABB inclut le tableau de distribution primaire UniGear Digital et des relais de protection numérique. L'intégration conforme CEI 61850 entre l'ASI PCS120 et l'appareillage rajoute des capacités de contrôle-commande distribué pour une fiabilité accrue. La solution ABB globale est conçue pour se raccorder sans encombre à la plate-forme ABB Ability.

De plus, l'organisation unifiée du Groupe, alliant ancrage local et stature mondiale, assure à ses clients l'assistance et les équipes projet indispensables pour livrer et finir dans les délais.

Cette offre « tout-en-un » constitue un guichet unique de la protection électrique avec une palette de produits et de services d'exception, dans le droit fil de la philosophie ABB : coller aux besoins de ses clients sur un marché concurrentiel en plein essor. ●



## PROTECTION ET SÉCURITÉ

# Protection Ekip Link par sélectivité de zone logique

Un navire à positionnement dynamique moderne embarque un système électrique complexe, qui pilote son appareil propulsif afin de maintenir le bâtiment en position. La sélectivité ou « discrimination » de zone logique, assurée par le disjoncteur Emax 2 d'ABB équipé du module Ekip Link, sur bus d'interconnexion fermé, améliore la fiabilité et la souplesse opérationnelles.

**Antonio Fidigatti**  
**Borje Axelsson**  
**Carlo Collotta**  
ABB Electrification  
Products Division  
Bergame (Italie)

antonio.fidigatti@  
it.abb.com  
borje.axelsson@  
se.abb.com  
carlo.collotta@  
it.abb.com

Tout navire au long cours est soumis aux forces du milieu marin, telles que le vent, les vagues et les courants. La technique du positionnement dynamique (DP) s'appuie sur le système propulsif du navire pour neutraliser ces forces et maintenir par tout temps la position et le cap sans ancrage ni intervention humaine. Les navires DP se déclinent en une multitude de formes et de dimensions qui

—  
**Le positionnement dynamique (DP) ajuste automatiquement la position et le cap du navire en agissant sur son système propulsif.**

leur permettent d'accomplir quantité de missions : enrochement, support de plongée et d'intervention sous-marines téléguidées (ROV), pose de canalisations, levage, forage, soutien aux installations pétrolières en mer, etc. →1.

Tous ont un même objectif : tenir une position et un cap avec une précision absolue, même par forte houle ou grande marée.

#### Éléments constitutifs et niveaux de redondance

Un système DP comporte trois volets :

- Production et distribution de puissance : tous les équipements électriques du système, à savoir les générateurs, tableaux, câbles et chemins de câbles, gestion de l'énergie ;
- Propulsion : tous les composants et systèmes servant à propulser et à diriger le navire (actionneurs, commandes électroniques et manuelles) ;
- Contrôle-commande : tous les composants et systèmes, y compris logiciels, indispensables au positionnement dynamique du navire, à savoir l'ordinateur et la commande de secours par joystick (en guise de barre), la référence de position par satellites, les capteurs et les consoles opérateurs DP.

—  
01 Un navire DP doit pouvoir maintenir sa position et son cap avec une précision absolue.

Tous les navires DP ne remplissent pas les mêmes critères de redondance. L'Organisation maritime internationale (OMI) a défini trois classes notées 1 à 3, correspondant à des niveaux croissants de redondance et de sécurité →2:

- **Navire DP1**: pas d'exigence de redondance;
- **Navire DP2**: la redondance rend le système tolérant à un seul défaut; la position du navire

—  
L'alimentation électrique d'un navire DP doit afficher une fiabilité et une flexibilité extrêmes : une prouesse au vu des contraintes de place, de la complexité du système et des rigueurs du milieu marin.

est maintenue en cas de panne d'un composant ou système actif (générateur, propulseur, tableau, vanne télécommandée, etc.), mais elle peut être perdue sur défaillance d'un composant passif (câble, canalisation, vanne manuelle, etc.);

- **Navire DP3**: aux exigences DP2 s'ajoute l'obligation de dissocier physiquement les systèmes redondants. Les équipements doivent tenir au feu ou à l'inondation dans n'importe quel compartiment du navire, sans provoquer de panne. Aucune défaillance unique, y compris la destruction d'un compartiment feu par un incendie ou la submersion d'un compartiment étanche, ne doit entraîner la perte de position. [1]

#### Cap sur le 100 % électrique

Comme pour d'autres flottes maritimes spécialisées, la tendance est aujourd'hui à l'électrification des navires DP. Le tout-électrique est la seule solution qui permette, de manière aisée et efficace, de maintenir la position en toute circonstance, avec une précision sans faille.



Classifications DP internationales												
OMI	ABS	BV	CCS	DNV Det Norske Veritas (Norvège)		GL	IRS	KR	LR	NK	RINA	RS
	American Bureau of Shipping (USA)	Bureau Veritas (France)	China Classification Society (Chine)			Germanischer Lloyd (Allemagne)	Indian Register of Shipping (Inde)	Korean Register of Shipping (Corée)	Lloyds Register (Royaume-Uni)	Nippon Kaiji Kyokai (Japon)	Registro Italiano Navale (Italie)	Russian Maritime Register of Shipping (Russie)
	DPS-0	DYNAPOS SAM		DYNAPOS AUTS	DPS-0				DP (CM)		DYNAPOS SAM	
Classe 1	DPS-1	DYNAPOS AM/AT	DP-1	DYNAPOS AUT	DPS-1	DP 1	DP(1)	DP (1)	DP (AM)	Class A DP	DYNAPOS AM/AT	DYNPOS-1
Classe 2	DPS-2	DYNAPOS AM/AT R	DP-2	DYNAPOS AUR	DPS-2	DP 2	DP(2)	DP (2)	DP (AA)	Class B DP	DYNAPOS AM/AT R	DYNPOS-2
Classe 3	DPS-3	DYNAPOS AM/AT RS	DP-3	DYNAPOS AUTO	DPS-3	DP 3	DP( 3)	DP ( 3)	DP (AAA)	Class C DP	DYNAPOS AM/AT RS	DYNPOS-3

02

Les performances attendues d'un navire DP exigent un système électrique offrant une disponibilité et une flexibilité maximales. Reste que le manque de place à bord, les problèmes de fiabilité dus à la complexité de l'installation électrique et la rudesse du monde marin compliquent la tâche des concepteurs. Essentiel au fonctionnement d'un navire DP, le traitement des défauts a pour mission

La sélectivité de zone permet une isolation rapide et efficace des défauts électriques, sans que les utilisateurs non directement affectés s'en aperçoivent.

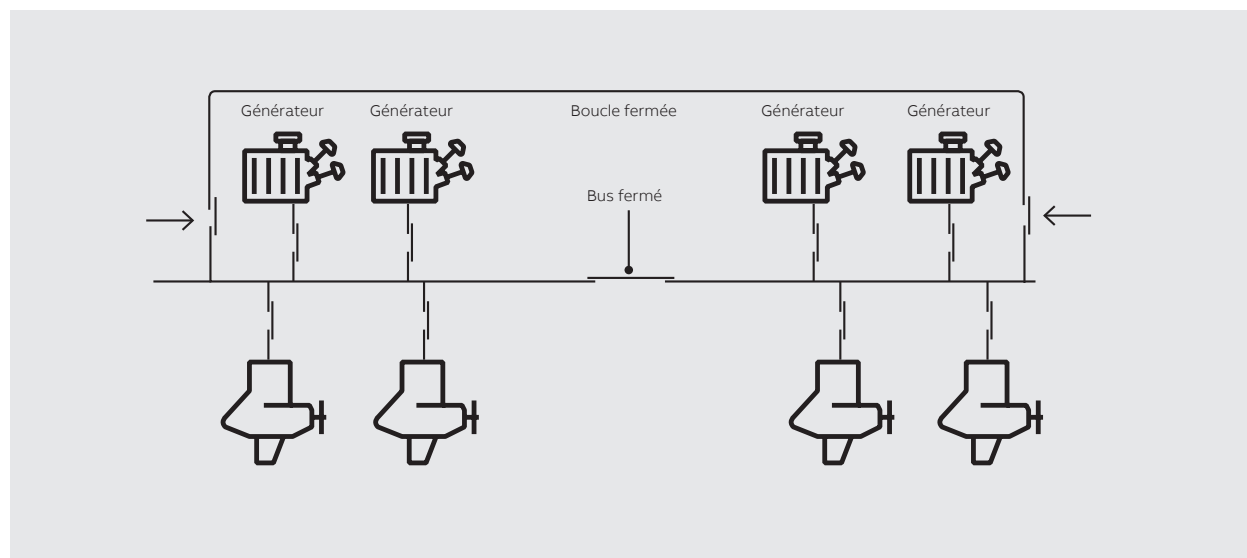
- d'isoler le composant ou système défectueux avant que la défaillance se propage d'un élément à l'autre;
- de déconnecter le système incriminé, suivant une stratégie basée sur la détection du sens du défaut;
- de garantir la souplesse et la redondance des protections électriques;
- d'assurer une autosurveillance pour limiter les défauts masqués.

**Bus d'interconnexion fermé**

La chaîne de propulsion marine, habituellement de type isolée, aligne 4 à 8 générateurs et se subdivise en 2, 3 ou 4 sections. Les bus d'alimentation de chaque section sont couplés sur une ligne d'interconnexion dotée d'un disjoncteur : lorsque celui-ci est fermé, n'importe quel générateur peut alimenter un consommateur quelconque (propulseurs, par exemple).

Ce mode de fonctionnement a l'avantage de faire tourner quelques moteurs à forte puissance plutôt que tous les moteurs à puissance réduite : une stratégie qui réduit sensiblement les coûts d'exploitation (économie de quelque 3 à 5 % de combustible) et de maintenance (30%), mais aussi les émissions polluantes. Elle permet en outre de concevoir des systèmes tolérants aux pannes, grâce au disjoncteur inséré dans le système en boucle fermée →3.

03





—  
02 Classifications DP internationales  
Nota: la classification DP de l'OMI n'a pas toujours d'équivalences parfaites en raison des disparités entre organismes d'agrément, des exemptions locales, etc.

—  
03 Les bus d'interconnexion fermés améliorent l'exploitation.

—  
04 Disjoncteur Emax 2 et module de communication Ekip Link



04

### La belle équipe

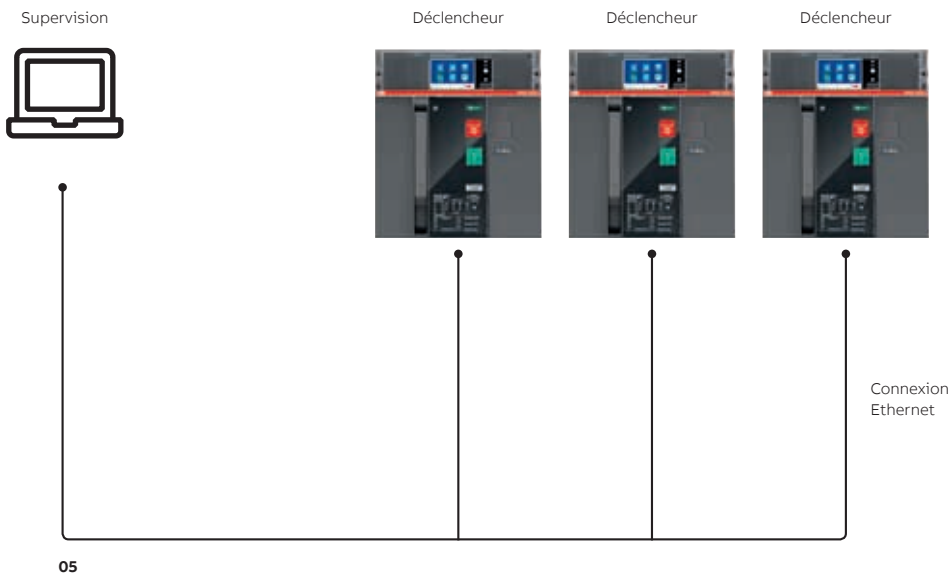
L'Emax 2 d'ABB est plus qu'un disjoncteur au sens strict : sa compacité et sa grande fiabilité, optimi-

—  
La protection directionnelle est utile aux topologies en boucle fermée, où la présence de plusieurs sources d'énergie oblige à définir le sens du courant alimentant le défaut.

sée par des essais préalables, en font l'appareil de coupure privilégié du secteur naval. Il innove par sa conception « tout-en-un » : c'est le premier

disjoncteur capable à la fois de protéger, de connecter et d'optimiser les microréseaux basse tension (BT). Des modules viennent étendre l'exécution de base en fonction des compléments fonctionnels requis. Citons par exemple le déclencheur électronique de protection Ekip Hi Touch ou Ekip G Hi Touch, qui intègre un double jeu de paramétrages permettant de modifier en souplesse la configuration du système.

Des contacts programmables assurent la flexibilité nécessaire à la prise en compte des signalisations spécifiques au positionnement dynamique.



Le module de communication Ekip Link →4 gère le dialogue entre disjoncteurs BT sur un bus interne développé par ABB; tous les appareils peuvent échanger des données via un seul coupleur Ekip Link raccordé à l'interrupteur principal sur Ethernet →5. Si la chaîne de sélectivité compte plus de deux disjoncteurs, l'ajout d'un commutateur Ethernet permet de traiter les signaux relevant des différents modules Ekip Link.

—  
**La discrimination de zone logique, souvent requise en classes DP2 et DP3, associe sélectivité de zone et protection directionnelle.**

Grâce au protocole de communication ABB, Ekip Link offre

- une sélectivité logique poussée, sans câblage complexe;
- une redondance par bus logique Ekip Link et câblage physique standard;
- des diagnostics (configurables) pour tester la sélectivité du câblage.

#### **Discrimination de zone logique**

Le système d'alimentation d'un navire DP se singularise par sa protection contre les défauts électriques. Il emploie pour cela une méthode très efficace de sélectivité ou « discrimination » de zone logique, qui permet d'isoler rapidement les défauts sans que les utilisateurs non directement concernés s'en aperçoivent.

Cette méthode peut isoler exactement la branche défectueuse en ouvrant rapidement le ou les disjoncteurs voisins, et réduire ainsi le temps de défaut transitoire et les contraintes électriques.

#### **Coup double**

La discrimination de zone logique associe sélectivité de zone et protection directionnelle. La sélectivité de zone s'appuie sur un principe différent de celui des méthodes de sélectivité traditionnelles, fondées sur le temps et/ou le courant: le disjoncteur qui doit s'ouvrir sur apparition d'un défaut envoie un signal de blocage aux disjoncteurs en amont pour les empêcher de déclencher →6. Autrement dit, le premier touché protège les autres.

En filigrane, une logique détermine les disjoncteurs devant ou non déclencher selon le cas. Sur l'Emax 2, le signal de blocage peut prendre la forme d'une liaison câblée classique ou d'une connexion de bus via coupleur Ekip Link. On peut aussi combiner ces deux possibilités pour obtenir une configuration redondante.

#### **Protection directionnelle**

La protection directionnelle est utile aux systèmes à topologie en boucle et maillée, où la présence de plusieurs sources d'énergie (générateurs) oblige à définir le sens du courant alimentant le défaut. L'Emax 2 est le premier disjoncteur BT intégrant totalement protection directionnelle et sélectivité de zone.

—  
05 Chaque déclencheur (relais de protection) est relié à l'interrupteur principal par un module Ekip Link.

—  
06 Le premier disjoncteur touché par le défaut peut, si besoin, empêcher les autres appareils de déclencher.

—  
07 La connexion Ethernet élimine la paire torsadée, source d'erreur.

#### Bibliographie

[1] Giddings, I. C., « IMO Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems », disponible en ligne sur : [http://dynamic-positioning.com/proceedings/dp2013/quality\\_giddings\\_pp.pdf](http://dynamic-positioning.com/proceedings/dp2013/quality_giddings_pp.pdf), octobre 2013.

Cette protection impose de définir un sens de référence du courant. Il est également possible de paramétrer plusieurs seuils et temporisations pour les différents sens.

—

**L'emploi d'un bus dédié garantit la vitesse et la prédictibilité des échanges, indépendamment du trafic sur les autres bus de communication.**

#### Un module fédérateur

En configuration Ekip Link, tous les disjoncteurs participant à la sélectivité de zone logique sont reliés sur un bus ABB de type Ethernet. Cette méthode dispense du câblage traditionnel par paire torsadée qui faisait naguère toute la difficulté de l'installation, de la mise en service et des essais →7.

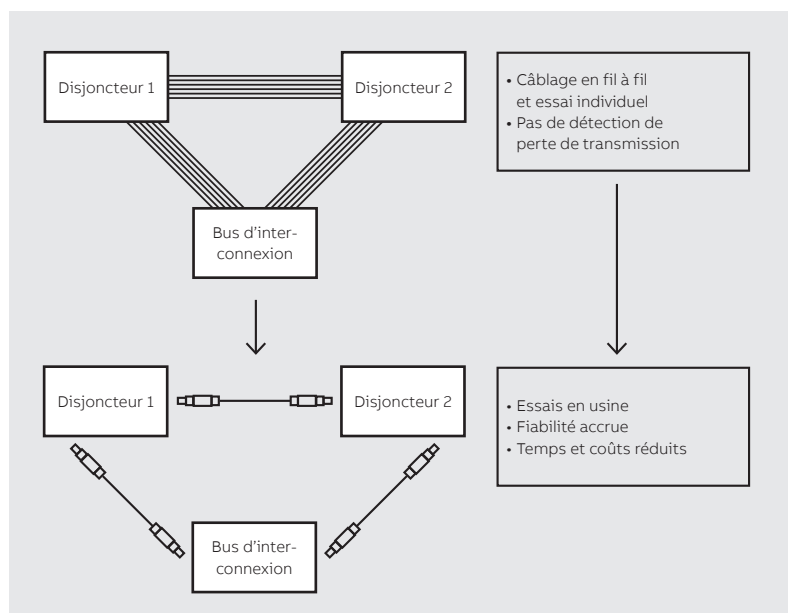
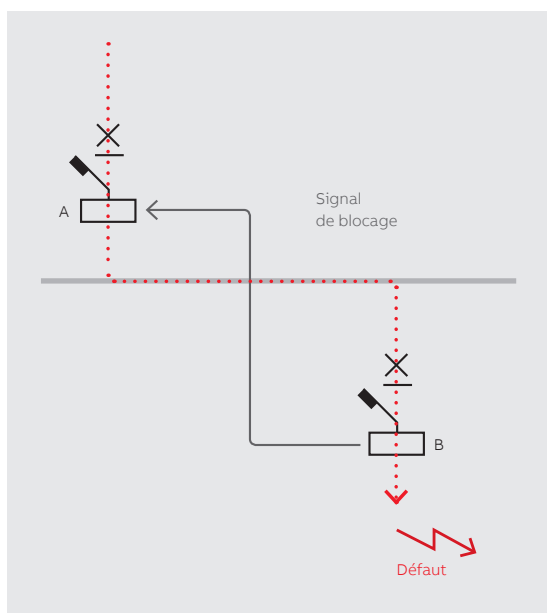
Les modules Ekip Link doivent être implantés dans la totalité des disjoncteurs. Lors du paramétrage, le logiciel Ekip Connect d'ABB permet de configurer les options de sélectivité de zone des déclencheurs : définition des signaux qui seront reçus et transmis au disjoncteur suivant, établissement des nœuds du réseau, attribution de l'adresse IP de chaque appareil. On entend par nœud un groupe donné de disjoncteurs, dont l'un, dit « référent » (maître), sert à configurer les options de sélectivité avec Ekip Connect, et les autres « acteurs » (esclaves) déclenchent la protection.

Le tandem Emax 2-Ekip Link autorise un déclenchement par sélectivité de zone logique haute précision en 100 millisecondes.

#### Le positionnement du futur

Le disjoncteur à coupure dans l'air Emax 2 et le module de communication Ekip Link sont les fondements d'une remarquable solution ABB de discrimination de zone logique BT. Optimisée pour répondre aux fortes exigences de fiabilité, de flexibilité et de performance des navires DP, la protection est de surcroît facile à installer, à mettre en service et à tester.

Cette solution se prête également à d'autres applications de microréseau ou à des installations électriques complexes (centres de données, par exemple) pour lesquelles la sélectivité de zone donne d'excellents résultats. ●



---

PROTECTION ET SÉCURITÉ

# Protection, surveillance et gestion des micro-réseaux avec l'Emax 2

L'Emax 2, innovation d'ABB destinée aux microréseaux, décuple la polyvalence et les bénéfices économiques des réseaux électriques à l'échelle d'un territoire. Ce dispositif « tout-en-un » intègre toutes les fonctionnalités avancées nécessaires : satisfaire aux exigences de fonctionnement d'un microréseau raccordé ou en site isolé devient alors un jeu d'enfant !



**Fabio Monachesi**  
Low Voltage Air  
Circuit Breaker  
ABB Electrification  
Products  
Pérouse (Italie)

fabio.monachesi@  
it.abb.com

L'essor des énergies renouvelables (EnR) et des microréseaux entraîne un bouleversement d'une ampleur inédite depuis l'avènement de la distribution électrique.

Les infrastructures sont mises à rude épreuve par la croissance de la production décentralisée d'origine renouvelable et par le durcissement des exigences en matière de résilience du réseau et d'intégration au système électrique. Le micro-réseau s'impose alors comme la solution.

---

Les infrastructures électriques sont mises à rude épreuve par la croissance de la production décentralisée d'origine renouvelable.

Un microréseau est un réseau basse tension (BT) qui peut, soit être raccordé au réseau principal de distribution, soit fonctionner en autonome, de manière coordonnée et maîtrisée. Il se compose souvent d'un groupe électrogène diesel et de dispositifs de stockage (volants d'inertie, batteries lithium-ion, etc.), associés à une production locale EnR (solaire, par exemple).



En 2016, la puissance installée des microréseaux BT dans le monde dépassait 1,5 GW ; en 2020, elle pourrait atteindre 4 GW. Une aubaine pour l'Emax 2 d'ABB.

L'Emax 2 est le premier disjoncteur à intégrer une logique programmable pour gérer l'inversion de sources automatique.

#### Tout-en-un

L'Emax 2 →1 est le premier disjoncteur intelligent conçu pour les microréseaux BT. Il regroupe dans un seul boîtier des fonctions de protection étendue, de connectivité complète et de logique avancée, ainsi que de gestion optimisée de la charge, de la production et du stockage d'énergie.

Non content d'être le disjoncteur à coupure dans l'air le plus compact du marché, avec un encombrement réduit d'environ 30 % par rapport à la concurrence, il concentre de multiples fonctions évoluées.

#### Protection

L'Emax 2 assure une protection complète des charges et des générateurs. Lorsqu'un transformateur est à l'interface d'un groupe électrogène et d'un microréseau BT ou d'un réseau moyenne tension (MT), le disjoncteur doit aussi protéger le transformateur et synchroniser le groupe avec le réseau. Les déclencheurs de l'Emax 2 offrent à cet effet de nombreuses fonctions de protection et des contrôles de mise en parallèle.

Le passage du fonctionnement interconnecté au mode autonome modifie la configuration du réseau et les exigences de court-circuit. Par exemple, un microréseau peut être couplé au réseau de distribution tout en disposant d'un groupe de secours, hors réseau. L'Emax 2 adapte les paramétrages de protection à n'importe quel scénario, garantissant la coordination des deux côtés en toutes circonstances.

En matière de protection rapide et coordonnée du réseau, la sélectivité de zone est ce qui se fait de mieux. Tous les équipements du réseau sont en mesure d'émettre et de recevoir des signaux.

—  
**Outre un encombrement réduit d'environ 30 % par rapport à la concurrence, l'Emax 2 intègre de multiples fonctions avancées.**

En cas de défaut, l'Emax 2 le plus proche s'ouvre et ordonne aux autres disjoncteurs de rester fermés. La sélectivité de zone repose sur deux réseaux coordonnés, électrique et numérique (Ethernet) : cette redondance garantit un niveau de fiabilité maximal.

En cas de découplage du réseau principal ou « îlotage », la normalisation internationale impose de protéger les interfaces en s'appuyant sur les mesures de tension et de fréquence. L'Emax 2, situé au point de couplage commun (PCC) du microréseau, intègre ces fonctions.

### Logique

Dans un microréseau, la continuité de service est vitale. En cas de défaut dans le réseau de distribution, un inverseur de sources automatique (ISA) bascule l'alimentation vers le groupe électrogène local. L'Emax 2 est le premier disjoncteur à embarquer une logique programmable pour gérer cette fonction. L'appareillage y gagne en continuité de service et en encombrement (-30 %).

Les fonctions d'interverrouillage améliorent la fiabilité du système électrique et la sécurité du personnel lorsqu'un microréseau BT est raccordé à un réseau MT. L'Emax 2 est capable d'identifier le type de défaut de terre et la protection (restreinte ou non), et de commander le découplage du réseau MT par contacts programmables, sans relayage externe supplémentaire. De plus, le déclenchement du disjoncteur MT force l'ouverture du disjoncteur BT, évitant ainsi toute inversion du courant de défaut. Les protocoles de communication ou les contacts programmables de l'Emax 2 permettent de réaliser ces fonctions de protection et d'interverrouillage des côtés MT et BT.

02



—  
01 Disjoncteur tout-en-un  
Emax 2

—  
02 Outil de mise en  
service Ekip Connect 3

### Connectivité

L'analyseur réseau embarqué dans l'Emax 2 évalue la qualité du courant ainsi qu'un grand nombre de mesures électriques. L'intégration du disjoncteur au réseau est garantie par une connectivité globale sous protocoles CEI 61850, Modbus TCP, Modbus RTU, Ethernet IP, PROFIBUS, PROFINET, DeviceNet, Ekip Link et openADR, mais aussi par l'application de visualisation Ekip View ou le panneau opérateur Ekip Control Panel.

La solution ABB Ability™ Electrical Distribution Control System (EDCS), qui s'appuie sur une plate-forme dans le Cloud pour surveiller et analyser le flux de puissance de n'importe quelle installation, démultiplie l'intelligence et la connectivité des disjoncteurs Emax 2. L'industriel peut ainsi évaluer les données en temps réel, piloter et gérer à distance ses bâtiments et circuits électriques.

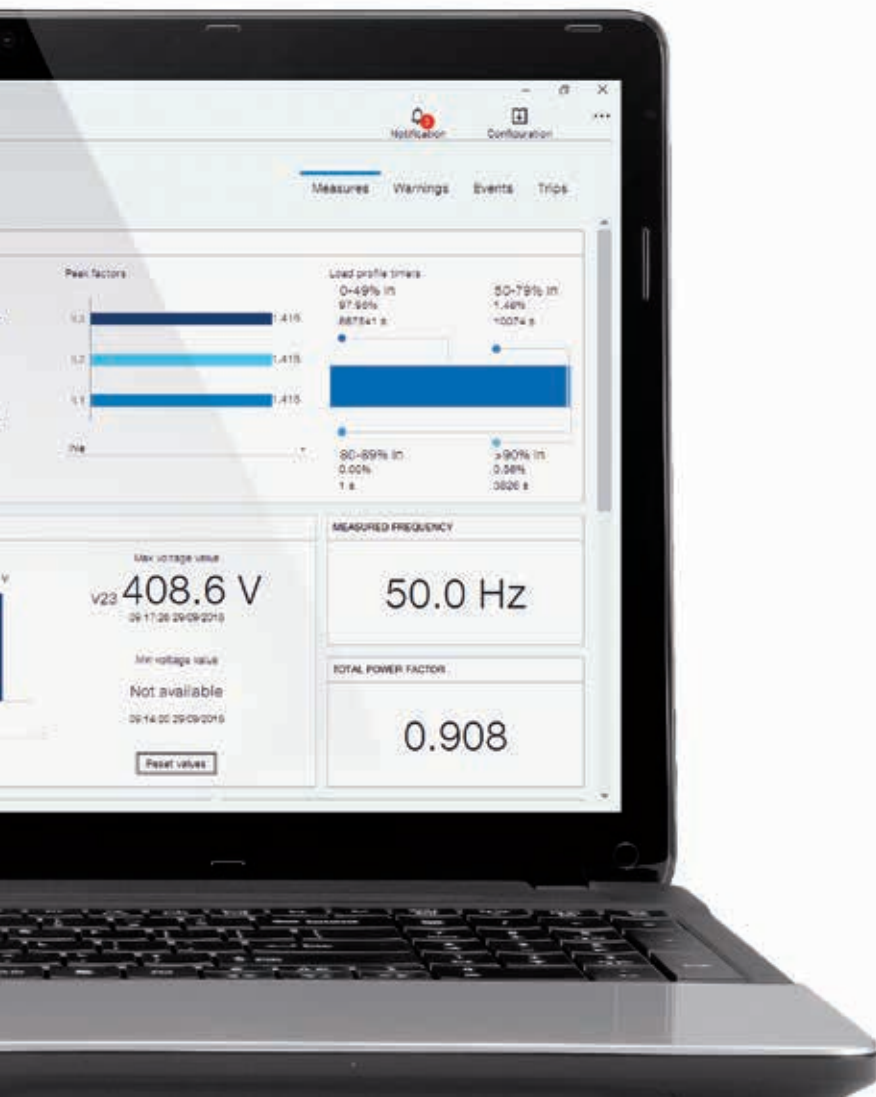
### Gestion

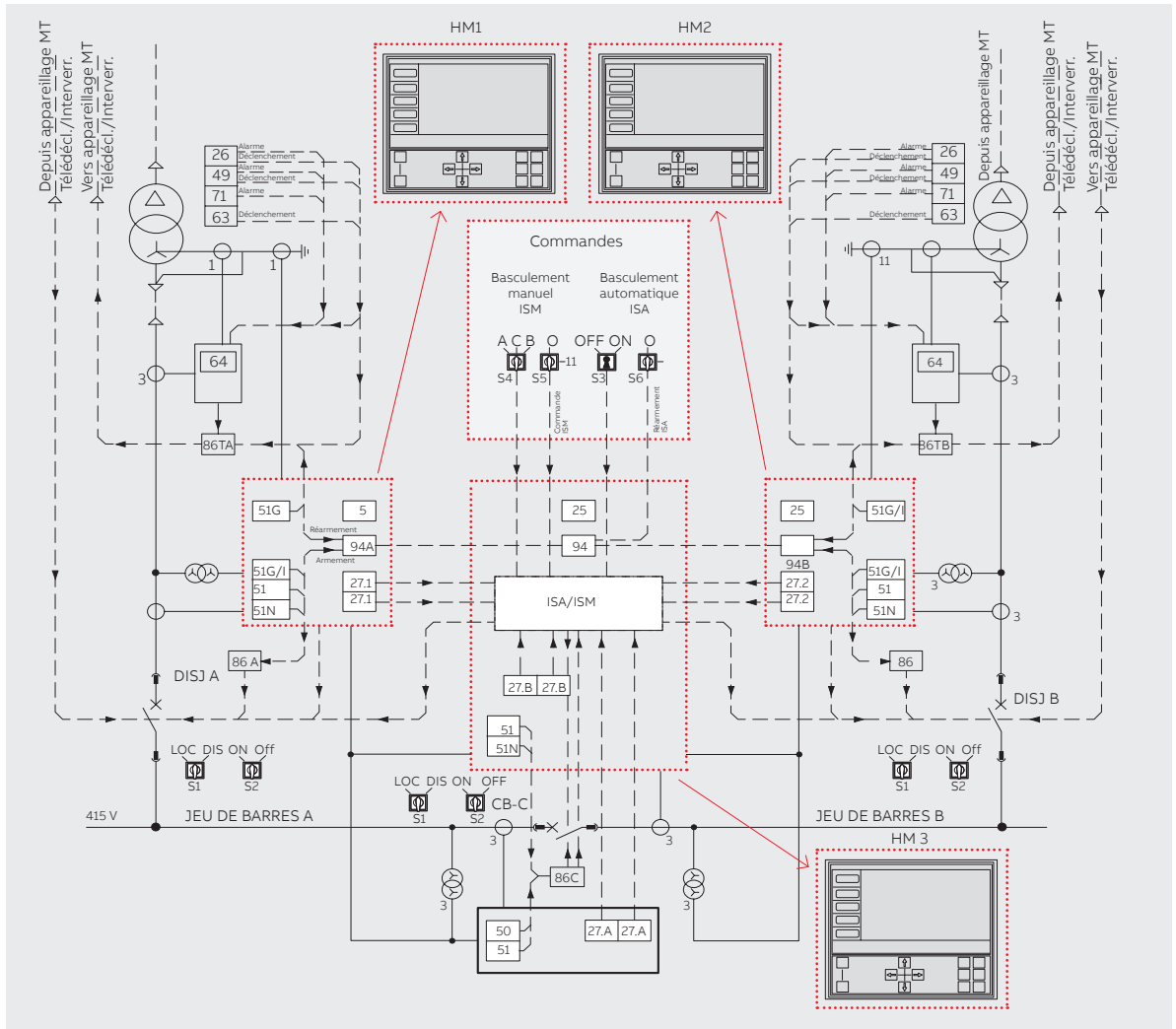
Un délestage rapide facilite l'îlotage du micro-réseau pendant le passage du mode interconnecté au mode hors réseau ou en régime permanent. La fonction de taux de changement de fréquence (ROCOF) de l'Emax 2 isole les charges uniquement en cas d'urgence (déséquilibre) →4. Pour effectuer le délestage, l'Emax 2 utilise ses propres contacts logiques ou ceux des modules externes montés sur rail DIN.

—  
En matière de protection rapide et coordonnée du réseau, la sélectivité de zone est ce qui se fait de mieux.

Les fonctions d'écrêtage de pointes et de report de consommation régulent le flux de puissance dans le micro-réseau, réduisent les pics de demande et optimisent l'intégration de la production décentralisée dans le réseau. Les protocoles de communication de l'Emax 2, dont l'algorithme de gestion énergétique a fait l'objet d'un dépôt de brevet, prennent en compte les applications de centrale virtuelle permettant l'agrégation des clients et des charges, ainsi que les programmes de maîtrise de la demande électrique (MDE).

L'Emax 2 peut remplacer plusieurs dispositifs monofonctions, ce qui en fait une solution simple, abordable et intelligente.





03a

Un microréseau BT passe par quatre étapes d'exploitation : îlotage, autonomie, reconnexion et couplage au réseau. L'Emax 2 peut toutes les commander.

—  
**ABB a développé une méthode brevetée de délestage rapide qui exploite les mesures de tension et de courant de l'appareil pour réduire le risque de chute de fréquence.**

#### Passage en îloté

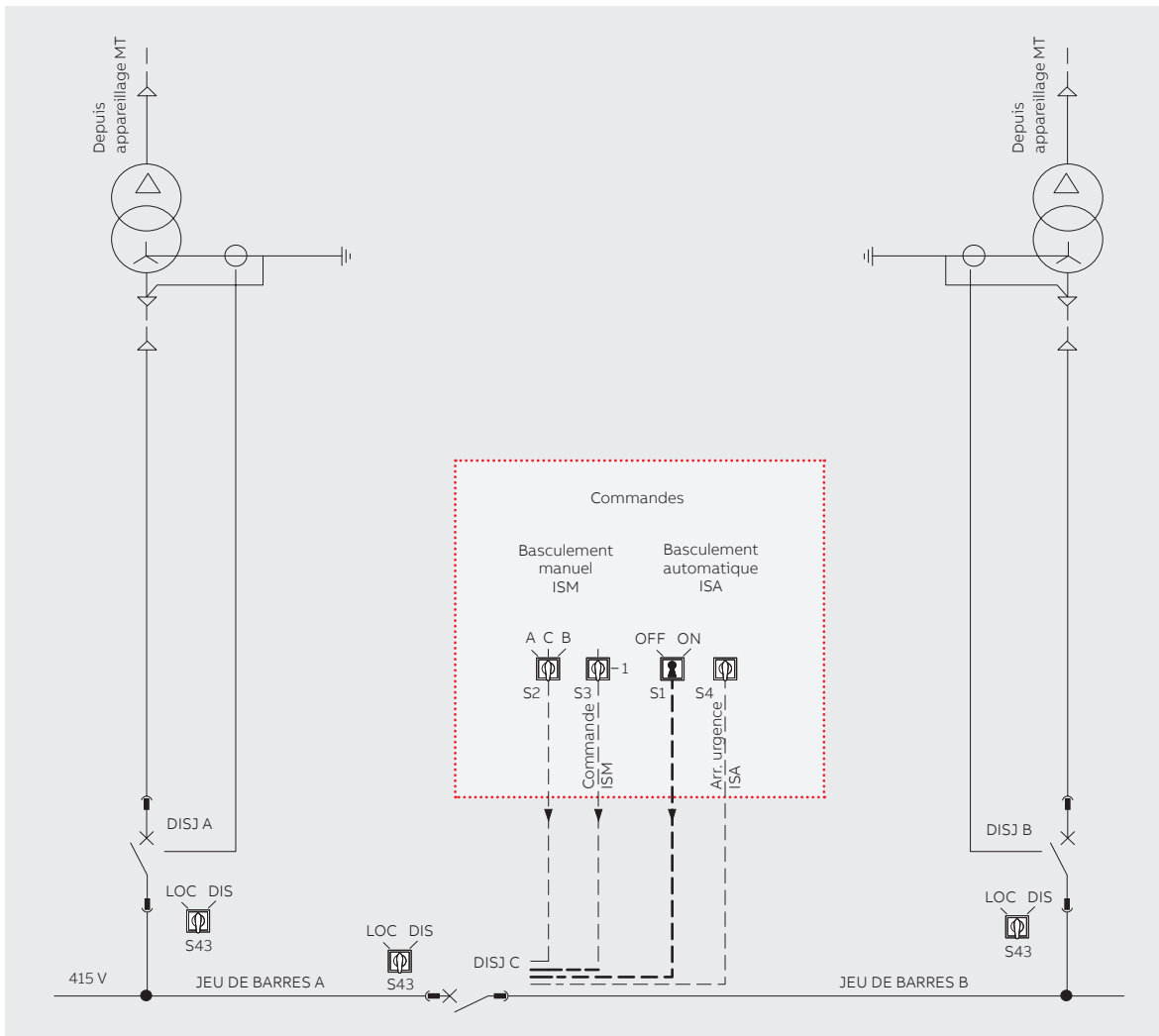
L'Emax 2 est généralement installé à l'aval du transformateur MT/BT, au point de jonction du microréseau et du réseau principal. Sur détection d'un défaut dans le réseau MT, il modifie sans délai les seuils de protection en fréquence et en tension. La fonction intégrée de protection de l'interface

découple le microréseau du réseau principal pour passer en autonome. L'Emax 2 adapte alors automatiquement les réglages de protection de l'alimentation aux nouvelles conditions du microréseau. Cela implique notamment de diminuer la limite de court-circuit, puisque le réseau de distribution ne contribue plus au défaut. Cette protection adaptative garantit la pérennité de la coordination entre ressources, même hors réseau.

La communication horizontale entre disjoncteurs Emax 2 emprunte Ekip Link, un bus ABB qui autorise la sélectivité logique. Ces échanges directs permettent de s'affranchir d'un superviseur ou d'un équipement jouant le rôle de maître, accélérant les transferts de données.

Durant le passage en îloté, il faut impérativement éviter la chute de fréquence consécutive à une instabilité, voire à une panne générale.





03b

03 L'ISA intégré réduit le nombre de composants utilisés par la logique d'inversion de sources.

03a Configuration classique

03b ISA embarqué

Pour réduire ce risque, ABB a développé une méthode brevetée de délestage adaptatif rapide, qui s'appuie sur les mesures de courant et de tension de l'appareil. En fonction de la consommation du microréseau et des mesures de fréquence, cette fonction déconnecte rapidement les charges les moins critiques afin de maintenir l'équilibre de puissance et d'éviter les interruptions de service. Sachant qu'il est possible d'ajouter ou de supprimer des sources d'énergie après

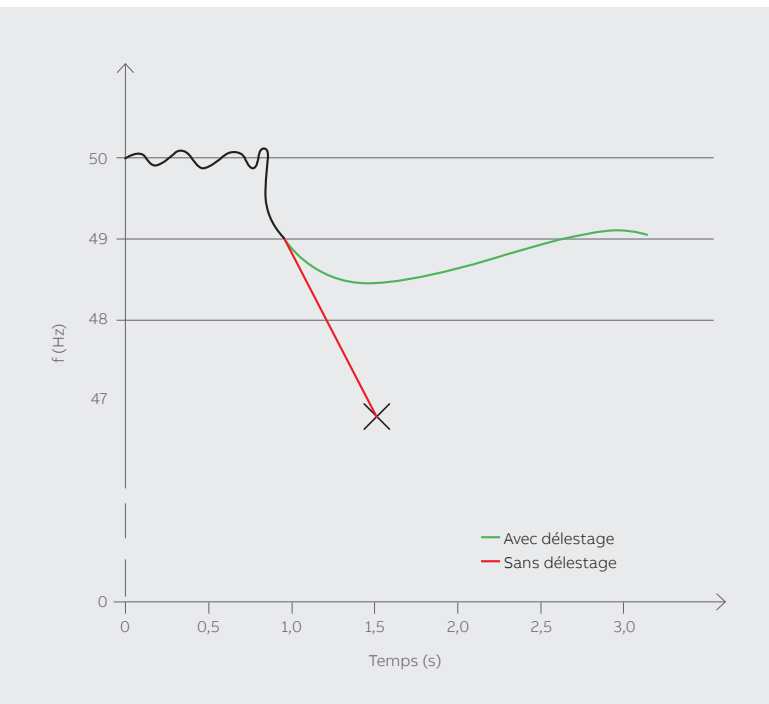
La solution ABB Ability™ Electrical Distribution Control System s'appuie sur une plate-forme cloud pour surveiller et analyser les flux énergétiques d'une installation.

flotage (démarrage d'un générateur de secours ou d'un onduleur avec protection anti-flotage, par exemple), le délestage Emax 2 a deux configurations dédiées : l'une pour le groupe de secours,

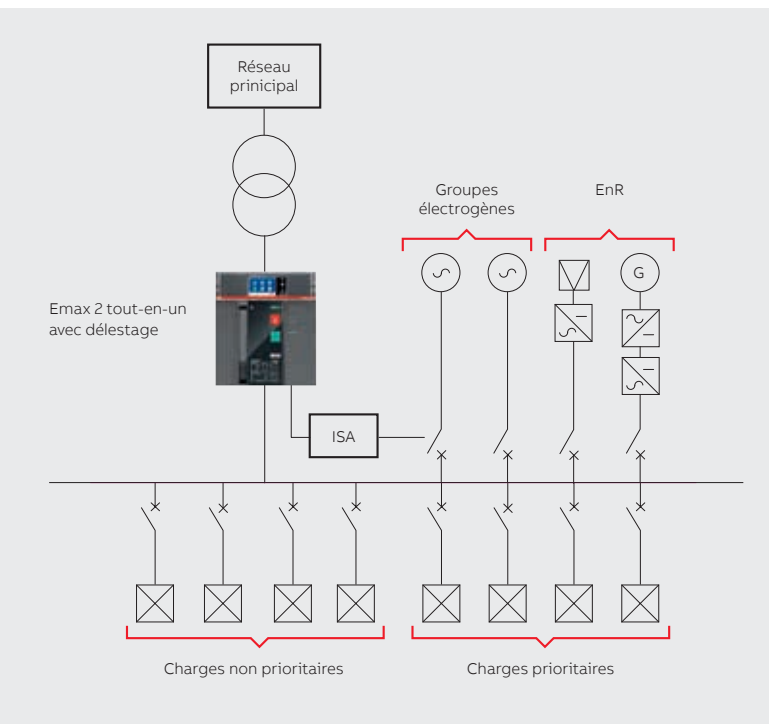
l'autre pour la production solaire, ce dernier cas tenant compte du lieu d'implantation du générateur, ainsi que de la taille, de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux.

#### Mode autonome

Lorsque le microréseau fonctionne en autonomie, le démarrage d'autres ressources, groupes de secours par exemple, est possible. La logique de l'inverseur de sources automatique embarqué (cf. supra) gère le passage de l'alimentation principale à celle de secours afin de limiter les problèmes liés à la situation de défaut dans le réseau de distribution MT. L'ISA d'ABB est un automatisme très performant, facile à installer et à programmer, compact et fiable →3, qui exploite les nouvelles fonctionnalités de l'outil de mise en service Ekip Connect 3 →2 et de l'Emax 2, dont il n'augmente même pas l'encombrement puisque la solution se limite à un déclencheur inséré au disjoncteur et au bus Ekip Link. Des modules Ekip Synchrocheck peuvent s'y greffer pour gérer le synchronisme pendant la mise en parallèle.



04a



04b

La fourniture de modèles génériques prétestés, prêts à l'emploi et facilement personnalisables par interface graphique permet de paramétrer l'appareillage électrique sans nécessiter de compétences en électricité ni en programmation automate. Une fois l'utilisateur satisfait de son paramétrage, il peut charger le modèle dans l'équipement. Pour modifier ensuite ces paramètres,

L'analyseur réseau intégré à l'Emax 2 évalue la qualité de la fourniture ainsi qu'un grand nombre de mesures électriques.

il suffit de connecter un ordinateur portable et d'utiliser la même interface graphique. Par rapport à une solution classique, c'est presque 95 % de temps en moins consacré à la conception de l'ISA !

#### Reconnexion

Parmi les fonctionnalités de l'Emax 2 figure la possibilité, en régime établi, de resynchroniser le microréseau avec le réseau principal.

La mise en parallèle n'exige ni dispositif de synchronisation ni relais externe de synchronisme (synchrocheck). Côté microréseau, les capteurs de tension sont intégrés au disjoncteur : un seul transformateur monophasé suffit donc côté réseau principal.

Le module à cassette Ekip Synchrocheck surveille les principaux paramètres de reconnexion et ajuste la tension et la fréquence du microréseau à celles du réseau principal. Les contacts Ekip Signaling assurent le réglage secondaire des contrôleurs qui synchronisent la production locale. Le disjoncteur se réenclenche automatiquement lorsque le module Ekip Synchrocheck et la bobine de fermeture intégrée l'informent que la synchronisation est effective →6.

#### Couplage réseau

Pour éviter les pics de consommation, qui grèvent la facture électrique, et faciliter les applications MDE de régulation des flux au PCC, l'Emax 2 intègre un algorithme de gestion énergétique breveté qui module la puissance transitée ou déconnecte progressivement générateurs et charges. Cet outil utilise la limite du flux électrique moyen vers le microréseau, fonction des capacités de traitement du transformateur, ou la puissance souscrite, ou encore le signal reçu de la MDE. Dans ce dernier

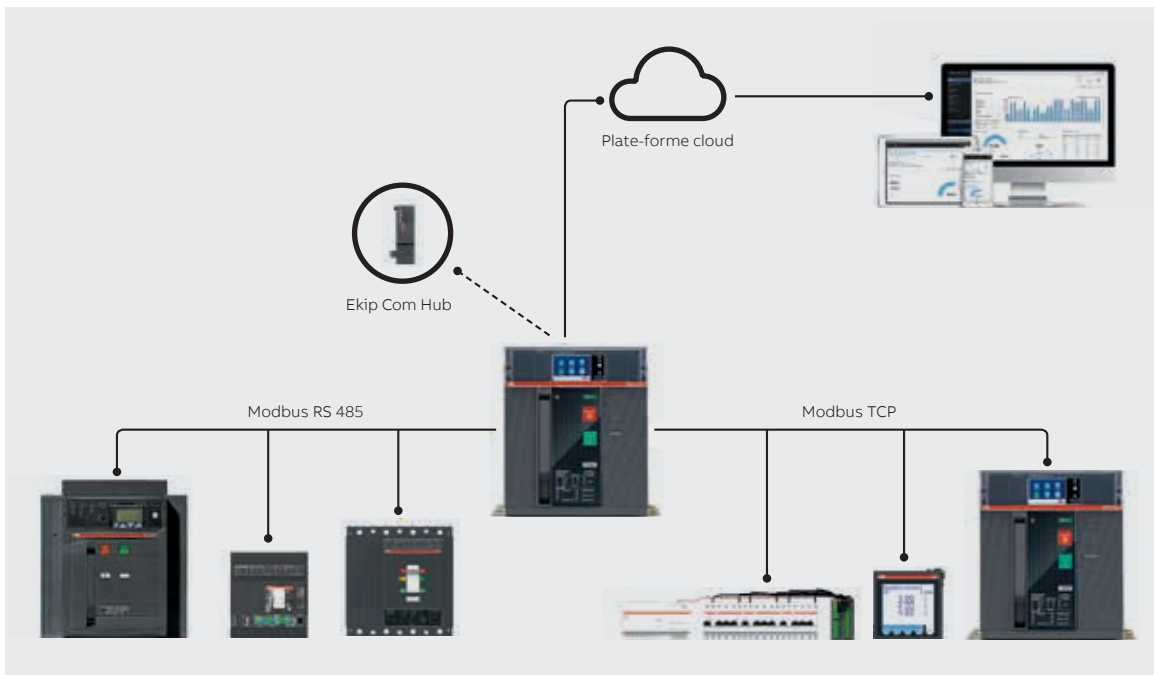
—  
04 Le déléstage de charges protège le microréseau d'une chute de fréquence brutale. Les équipements restent sous tension et la centrale fonctionne en mode îloté; les charges prioritaires sont toujours alimentées.

04a Le déléstage évite l'effondrement de la fréquence.

04b Schéma électrique du déléstage

—  
05 Solution embarquée: ABB Ability Ekip Com Hub

—  
06 Grâce à la fonction de réenclenchement synchronisé, le microréseau se reconnecte au réseau principal sans intervention d'un dispositif externe.



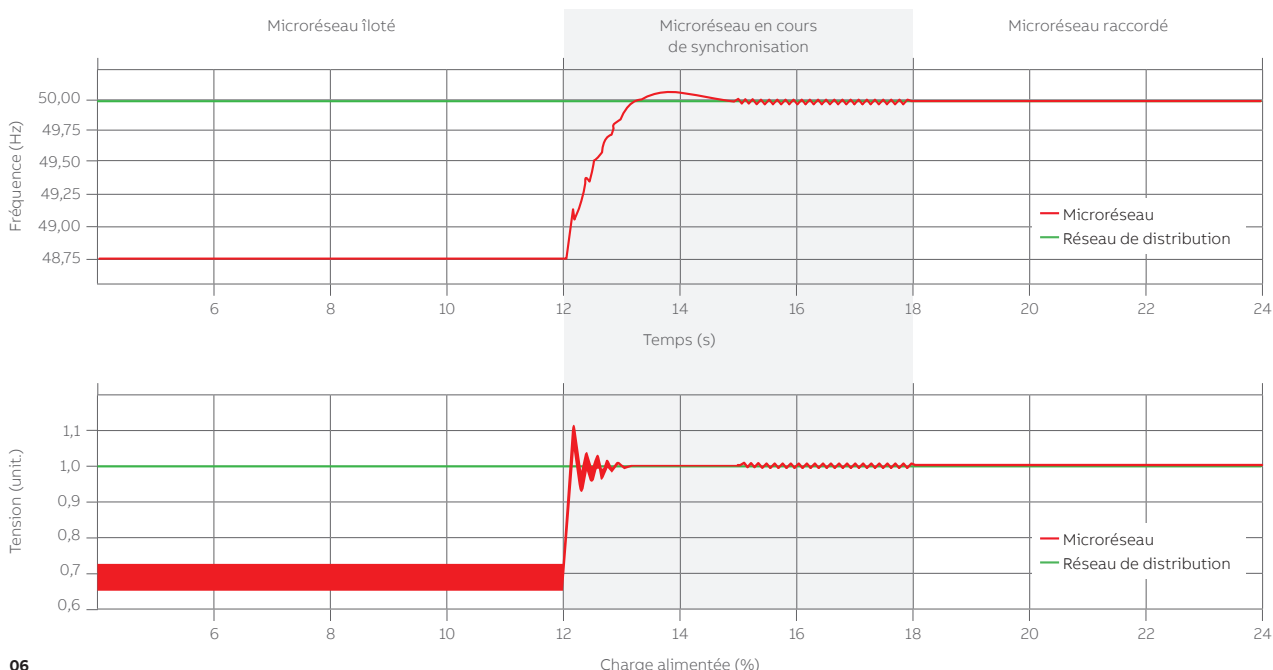
05

cas, l'Emax 2 exploite le protocole openADR pour communiquer avec les agrégateurs de charge ou les énergéticiens, en tant que nœud d'extrémité du réseau virtuel.

Pour le gestionnaire du microréseau, l'Emax 2 a bien d'autres atouts. Associé à la plate-forme cloud ABB Ability EDCS, il permet aux personnes habilitées de surveiller, d'optimiser et de commander le microréseau depuis n'importe où. Il suffit de raccorder le module de communication en cassette Ekip Com Hub au bornier de l'appareil pour se connecter au Cloud →5.

L'architecture de la plate-forme a été développée de concert avec Microsoft, gage de performance, de fiabilité et de sécurité maximales. C'est la première fois qu'un disjoncteur intelligent est capable de surveiller et de gérer un réseau BT étendu.

Avec le foisonnement des microréseaux, l'Emax 2 d'ABB aide les exploitants à augmenter leurs capacités tout en abaissant leurs coûts. Un seul appareil suffit pour protéger, commander, surveiller, gérer et coordonner les producteurs et consommateurs du microréseau, que ce soit en mode interconnecté ou îloté. ●

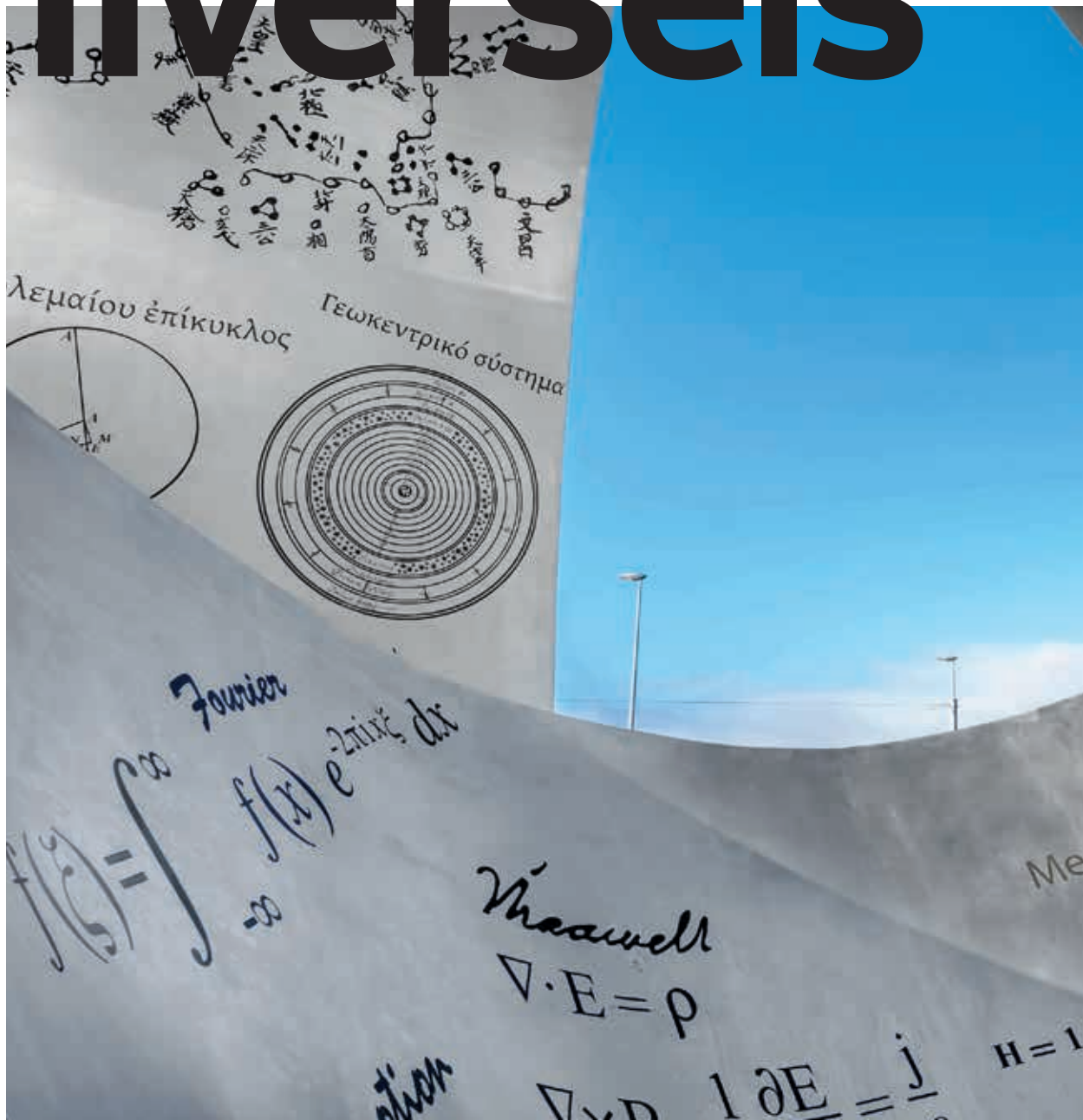


06

Charge alimentée (%)



# Raccordem universels



# ents

Qu'évoque le nom d'ABB ?  
Principalement une offre four-  
nie de produits et de services  
allant du réseau électrique à  
l'atelier de production. Mais  
ABB est bien plus que cela.  
Cette rubrique vous fait décou-  
vrir certaines applications  
moins connues de la techno-  
logie ABB, qu'il s'agisse  
d'alimenter un synchrotron au  
CERN ou de rendre l'air des  
ports plus respirable.

- 70 Un transformateur sur mesure pour  
un client plein de disCERNement
- 76 Navires de croisière et porte-  
conteneurs au bout du fil



## RACCORDEMENTS UNIVERSELS

# Un transformateur sur mesure pour un client plein de disCERNement

En assurant une isolation galvanique en moyenne tension, le transformateur moyenne fréquence (MF) élargit le champ d'application de l'électronique de puissance, traditionnellement dépourvue d'une telle fonctionnalité. Ce transformateur se substitue à l'association classique d'un convertisseur et d'un transformateur à la fréquence réseau, pour un encombrement bien moindre. Fort d'une longue expérience des transformateurs MF, ABB est capable de les exécuter sur mesure: le Groupe est ainsi le seul constructeur au monde capable de livrer un transformateur conforme aux exigences du Conseil européen pour la recherche nucléaire (CERN) →1.

**Toufann Chaudhuri**  
**Stéphane Isler**  
**Marie-Azeline Faedy**  
ABB Sécheron SA  
Genève (Suisse)

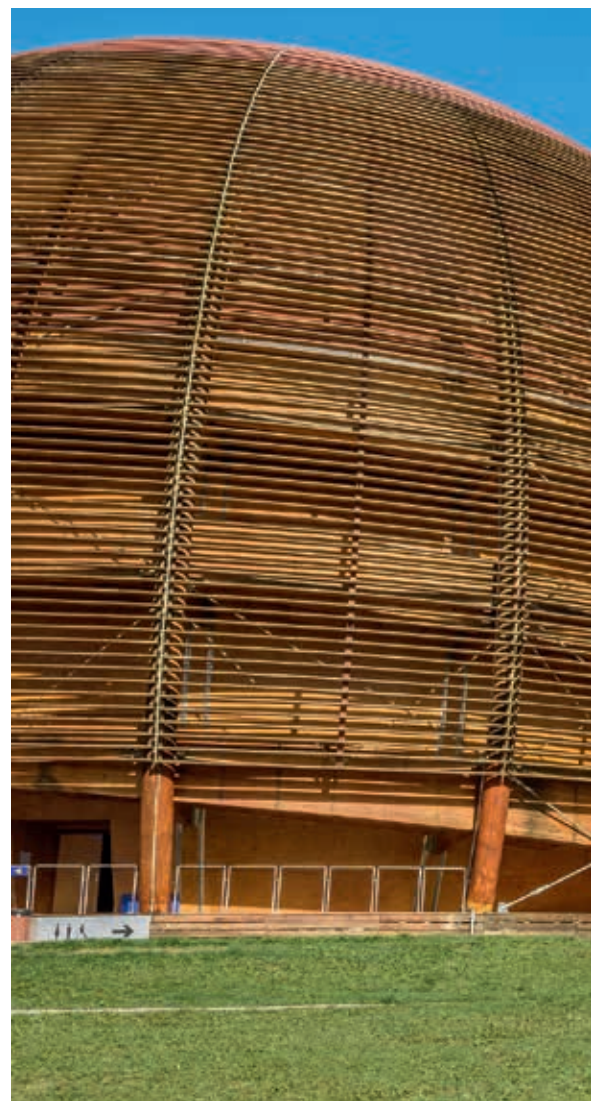
toufann.chaudhuri@  
ch.abb.com  
stephane.isler@  
ch.abb.com  
marie-azeline.faedy@  
ch.abb.com

Les transformateurs basse fréquence (BF) sont raccordés directement au réseau, dont la fréquence (16,7/50/60 Hz) correspond à leur fréquence de travail (fondamentale). Certaines applications spécialisées, à l'image de la traction électrique, soumettent de surcroît le transformateur à des harmoniques pouvant atteindre plusieurs kHz (fondamentale + teneur en harmoniques).

Le transformateur MF, raccordé à un convertisseur (CC/CA, CA/CC ou CC/CC), est moins encombrant et moins lourd que son homologue BF; sa fonda-

—  
Le transformateur MF se substitue à l'association traditionnelle d'un convertisseur et d'un transformateur à la fréquence réseau, pour un encombrement bien moindre.

mentale est déjà de plusieurs kHz, voire plus et sa forme d'onde contient également des harmoniques de plus hautes fréquences (de l'ordre de la dizaine de kHz).



—  
01 Le Globe de la Science  
et de l'Innovation, au  
siège du CERN à Genève  
(Suisse)

### Comparatif

Au niveau matériel, les transformateurs BF et MF sont très différents. Les matériaux se comportent différemment en présence de moyennes fréquences. Les pertes en charge sont bien plus élevées, ce qui disqualifie d'emblée les matériaux classiques utilisés pour le noyau : les tôles d'acier ou de ferrite doivent être beaucoup plus fines (quelques micromètres d'épaisseur) pour limiter les pertes fer. De même, la

—  
La réduction du diamètre de l'enroulement et du nombre de spires diminue fortement la longueur totale du conducteur et donc la résistance électrique, d'où un meilleur rendement.

composante MF du courant influe fortement sur les pertes cuivre ; c'est pourquoi les conducteurs doivent être divisés en un grand nombre de brins parallèles de très faible section, ou « fils de Litz ».

Les matériaux du noyau et des enroulements employés dans un transformateur MF ne sont donc pas les mêmes que dans un transformateur BF. Le flux magnétique et le nombre de spires sont inversement proportionnels à la fréquence. À densité magnétique constante, une fréquence plus élevée permet de réduire la section du noyau et le nombre de spires. Toute hausse de la fréquence entraîne donc une diminution notable de la taille du transformateur. Autre atout, la réduction du diamètre de l'enroulement et du nombre de spires diminue fortement la longueur totale des conducteurs et donc la résistance électrique. D'où le bien meilleur rendement des transformateurs MF par rapport à leurs homologues BF.

À tous ces avantages s'ajoute le fait qu'un transformateur MF est beaucoup moins volumineux →2.



ENTRETIEN

# Le CERN et ABB Review parlent de transformateurs



## Dr Davide Aguglia

Davide Aguglia, docteur en génie électrique et chargé de la mise à niveau du synchrotron à protons, explique à ABB Review les difficultés techniques du projet et en dresse le bilan.

Groupe Convertisseurs de puissance, CERN  
Genève (Suisse)

**AR** **ABB Review (AR) : Pouvez-vous nous expliquer le rapport entre les transformateurs MF et votre travail au CERN ?**

**DA** **Davide Aguglia (DA) :** Je dirige le groupe Convertisseurs de puissance, qui développe des solutions de conversion électrique pour la plupart des appareils à aimants et à radiofréquences (RF) ; les aimants servent à guider le faisceau de particules et les RF à l'accélérer. Notre groupe compte huit équipes. Les transformateurs MF sont destinés au synchrotron à protons (PS), un accélérateur qui dépend de l'équipe Convertisseurs pulsés rapides. Le PS est l'un des injecteurs du Grand collisionneur de hadrons (LHC) et participe également à d'autres expériences du CERN.

**AR** Pourquoi le CERN a-t-il décidé de remplacer ses transformateurs ?

**DA** La luminosité du LHC, c'est-à-dire le nombre de collisions de particules par seconde, doit augmenter. Pour cela, le CERN est en train de consolider et de mettre à niveau ses accélérateurs. Le système RF du synchrotron à protons a besoin de nouveaux convertisseurs de puissance pour accélérer les particules ; les transformateurs MF en sont une composante clé.

**AR** Pouvez-vous brièvement présenter à nos lecteurs les exigences d'alimentation du PS ?

**DA** La tension d'alimentation doit être constante à 25 kV, indépendamment des variations temporelles de la charge. La charge RF se compose de tubes électroniques (amplificateurs RF) qui convertissent l'énergie électrique en radiofréquences. Ses grandeurs caractéristiques varient en fonction du type d'accélération appliqué. Autrement dit, la charge peut fluctuer mais pas la puissance. En somme, nous avons besoin d'une source de tension parfaite.



### Complexité

ABB fabrique des transformateurs MF depuis longtemps. Traditionnellement, en moyenne tension, les distances d'isolement sont le facteur limitant la réduction de l'encombrement. Heureusement, les hautes performances de l'isolation huile permettent de retrouver la compacité de la MF même à des niveaux de tension d'isolement plus élevés, ce qui autorise diverses méthodes de refroidissement, par huile (circulation naturelle ou forcée) et eau ou air (circulation naturelle ou forcée).

Les traversées constituent une pierre d'achoppement lorsqu'on cherche à concilier haute tension d'isolement et faible encombrement. La taille d'une traversée haute tension (HT) standard ne représente qu'une fraction de celle d'un transformateur BF, mais est supérieure à celle de tout un transformateur MF ! Inutilisable dans ce cas de figure, elle doit donc être remplacée par des petites traversées au niveau du couvercle de la cuve à huile. Il faut alors

s'assurer de respecter les bons dégagements et lignes de fuite, ce qui exige des connaissances poussées en matière d'isolation diélectrique et le recours à la simulation par la méthode des éléments finis.

—  
**Le transformateur MF utilise moins de matériaux qu'un transformateur réseau et est beaucoup moins encombrant.**

### Le CERN

Construit en 1954, le Laboratoire européen pour la physique des particules [1] est installé à proximité de Genève, à cheval sur la frontière franco-suisse. Ses détecteurs et accélérateurs de particules, construits spécifiquement pour l'institution,

**AR** Quelles ont été les difficultés techniques du projet ?

**DA** En fait, nous avons trois exigences spécifiques, qui ne pouvaient être satisfaites que par un seul appareil, lequel n'existait nulle part ailleurs que chez ABB et, à ma connaissance, n'a toujours pas d'équivalent. Le transformateur ABB est le premier à combiner une isolation haute tension de 25 kV, une fréquence moyenne de 20 kHz et une puissance de 100 kW.

Le CERN voulait en outre des convertisseurs modulaires afin de pouvoir les utiliser dans d'autres projets à venir, au lieu de les réserver au synchrotron à protons.

**AR** Le premier convertisseur est déjà installé. Qu'en est-il ?

**DA** Notre commande portait sur cinq convertisseurs de puissance, soit 17 transformateurs : trois par convertisseur et deux de rechange. Le prototype est opérationnel. Il est encore à l'étude mais les résultats sont encourageants. Nous prévoyons de mettre en service trois convertisseurs supplémentaires cet automne.

**AR** ABB et le CERN sont deux organisations d'envergure. Cela a-t-il été un atout ou un frein pour créer des synergies entre équipes projet ?

**DA** Nous avons élaboré un contrat spécifique pour tenir les exigences de ce projet ambitieux. Vu les risques encourus par les deux parties, il a fallu peaufiner la phase d'achat.

Par contre, la stature d'ABB a été un avantage indéniable pour moi et l'ensemble du personnel technique du CERN, puisque nous n'avions qu'un seul interlocuteur pour toutes les étapes du projet : inutile de faire appel à des sous-traitants, tout s'est effectué en interne. La collaboration en a été d'autant plus rapide et facile, sans compter que, avec seulement deux parties, la répartition des responsabilités était claire et nette.

**AR** En quoi ABB sortait-il du lot ?

**DA** Ce qui est fabuleux chez ABB, c'est son expertise métier. Mais ce qui a fait la différence à mes yeux, c'est d'avoir été reçu à Genève par les ingénieurs et techniciens ABB, ainsi que le chef de la R&D. Par exemple, les techniciens ont été impliqués dès les premières discussions sur la conception. S'agissant d'un projet de haute technicité, pouvoir échanger directement avec le personnel ABB et bénéficier de sa grande expérience a été un argument de poids.

**AR** Nous sommes heureux de vous l'entendre dire ! Merci de nous avoir consacré du temps.

sont les plus grands et les plus complexes au monde. Ils servent à étudier les particules élémentaires, briques constitutives de la matière. Le CERN possède neuf accélérateurs, dont le synchrotron à protons.

—

À l'heure actuelle, ABB est le seul fournisseur au monde capable de livrer un produit destiné à une application aussi contraignante que celle du CERN.

#### Modernisation du synchrotron à protons

Le synchrotron à protons (PS), en fonctionnement depuis 1959, est la « bête de somme » du CERN. Il comporte un accélérateur de particules  $\rightarrow 3$  qui sert d'injecteur pour toutes les expériences du CERN. Ses cavités accélératrices haute fréquence exigent une tension CC extrêmement stable de 25 kV. À l'occasion de la modernisation du PS en 2013, il était prévu d'intégrer un transformateur MF au convertisseur CC/CC du CERN. La source d'alimentation devait également être mise à niveau, sans que le transformateur MF soit plus encombrant que son prédécesseur.



03





—  
02 Transformateur  
moyenne fréquence

—  
03 Le synchrotron à  
protons du CERN, qui  
abrite le transformateur  
MF d'ABB.

—  
**Bibliographie**  
[1] [https://home.cern/  
fr/about](https://home.cern/fr/about), consulté  
le 21/2/2017.

Le cahier des charges était le suivant :

- Fréquence de travail: 22 kHz;
- Puissance assignée: 160 kVA, isolation par huile ester;
- Refroidissement KNAN par circulation naturelle d'huile (point d'éclair > 300 °C) et d'air;
- 2 enroulements primaires et 24 secondaires;
- Absence de décharges partielles à 30 kV<sub>eff</sub>;
- Encombrement maxi: 580 × 480 × 400 mm;
- Masse maxi: 90 kg.

ABB a capitalisé sur son expérience de la conception et de la fabrication de transformateurs de traction à électronique de puissance PETT, qui affichent une tension isolée de 38 kV, une fréquence de travail de 2 kHz et une puissance de 180 kW. Les 24 enroulements HT supplémentaires constituent la seule particularité des transformateurs MF du CERN.

En 2016, ABB a ainsi pu fournir 17 transformateurs MF répondant au cahier des charges. Ceux-ci ont réussi tous les essais auxquels les a soumis le CERN, très satisfait du produit développé par ABB. Ce dernier est en mesure de tester le fonctionnement à fréquence réelle (20 kHz dans ce cas), les pertes en charge et à vide, et les inductances.

Pouvoir faire fonctionner le transformateur MF en conditions réelles d'exploitation garantit la pertinence des essais et la parfaite adéquation de l'appareil aux exigences du client. L'installation et la mise en service se sont déroulées au premier semestre 2017. À l'heure actuelle, ABB est le seul fournisseur au monde capable de livrer un produit à la hauteur des ambitions du CERN.

#### Accélération plein gaz

ABB compte parmi les rares constructeurs de transformateurs MF sur mesure pour des applications d'électronique de puissance HT, offrant les atouts suivants :

- Très forte densité de puissance pour le niveau d'isolement MT ou les architectures de grande puissance;
- Compacité et légèreté;
- Intégration facile dans des convertisseurs modulaires;
- Rendement énergétique amélioré;
- Divers modes de refroidissement;
- Réduction de la consommation de cuivre, de fer et d'huile;
- Zéro maintenance.

Toutes ces qualités des transformateurs MF d'ABB permettent à ses clients tels que le CERN de continuer à percer les secrets de la matière. ●

## RACCORDEMENTS UNIVERSELS

# Navires de croisière et porte-conteneurs au bout du fil

À quai, la consommation électrique d'un navire de grande taille peut atteindre 20 MVA, généralement fournis par ses moteurs diesel. Or les autorités sont de plus en plus regardantes sur la qualité de l'air et le niveau de bruit dans les ports. Le convertisseur de fréquence statique ACS6000 d'ABB forme le socle de solutions pré-exécutées, capables de fournir un courant quai fiable et d'excellente qualité, conforme à la réglementation et à un coût optimisé.



**Roberto Bernacchi**  
ABB Power Grids,  
Grid Integration  
Sesto San Giovanni (Italie)

roberto.bernacchi@  
it.abb.com

En escale, les navires transocéaniques →1 tirent leur alimentation électrique des moteurs diesel, lesquels ne sont guère réputés pour leur propreté. C'est pourquoi le bruit et les émissions polluantes des zones portuaires sont de plus en plus dans le collimateur des autorités, d'autant que les ports jouxtent souvent des zones marines fragiles ou des grandes villes densément peuplées. En tête de liste des dix priorités environnementales définies par l'organisation européenne des ports maritimes (ESPO) figurent la gestion de la qualité de l'air, l'efficacité énergétique et le bruit [1].



**Ester Guidi**  
ABB Robotic and Motion,  
Medium Voltage Drives  
Turgi (Suisse)

ester.guidi@ch.abb.com

**Contraintes de l'alimentation des navires à quai**  
Les autorités portuaires mettent souvent à disposition des armateurs un raccordement quai-navire pour réduire les émissions. Il n'en reste pas moins que les porte-conteneurs géants, de type Post-Panamax ou plus, consomment 7,5 MVA, et les grands paquebots 20 MVA. Le courant quai à fournir peut alors vite s'envoler si plusieurs porte-conteneurs font escale en même temps.

Les infrastructures électriques du port sont mises à rude épreuve par le niveau de puissance exigé : la complexité du système entraîne d'importantes dépenses d'investissement, de fonctionnement et de maintenance. De plus, les navires pouvant être alimentés en 50 ou 60 Hz (60 Hz dans leur grande

—  
**ABB a décidé d'intégrer sa plate-forme modulaire de variateurs moyenne tension ACS6000 dans des solutions pré-exécutées hautes performances.**

majorité), le convertisseur de fréquence statique doit non seulement prendre en charge ces fortes puissances mais aussi régler la fréquence du réseau local sur celle de chaque navire.

## Conversion de fréquence ACS6000

Le segment des navires très gourmands en énergie exige des connexions quai à la pointe de la technologie. Aussi ABB a-t-il décidé d'intégrer sa plate-forme modulaire de variateurs moyenne tension (MT) ACS6000 →2 dans une gamme de solutions pré-exécutées de conversion de fréquence statique (SFC) à haute performance.



01

—  
 01 Un navire à quai consomme une grande quantité d'énergie, souvent fournie par ses moteurs diesel: une solution loin d'être écologique.

L'offre ABB assure une alimentation fiable des navires en courant d'excellente qualité, dans le respect des normes internationales et pour un coût du MVA optimisé.

—  
 Les autorités portuaires mettent souvent un système de courant quai à disposition des navires pour réduire la pollution.

La solution de courant quai intégrée SFC ACS6000 offre les fonctions centrales suivantes :

- Conversion statique entre le réseau triphasé 50/60 Hz du port et le réseau 60/50 Hz du navire;
- Gestion complète de la puissance active et réactive sur le réseau du navire;
- Équilibrage du flux de puissance par des convertisseurs de fréquence raccordés en parallèle au niveau de l'infrastructure de distribution côté charges;

- Courant de court-circuit dimensionné pour permettre le fonctionnement des dispositifs de protection en aval;
- Faible taux d'harmoniques côtés réseau et navire.

—  
 La plate-forme évoluée SFC ACS6000 retenue existe en 12 versions qui couvrent aussi bien les besoins de puissance d'un seul ou de plusieurs porte-conteneurs que ceux des plus grands paquebots actuels.

—  
 Le niveau de bruit et les émissions polluantes sont de plus en plus réglementés.

La conception s'est attachée à maximiser la qualité de l'électricité sur le navire et à minimiser la pollution harmonique sur le réseau triphasé, ce dernier point passant par l'utilisation d'un redresseur à pont de diodes 12 ou 24 pulses (alimentation LSU) ou d'un redresseur actif double/triple (ARU).



02

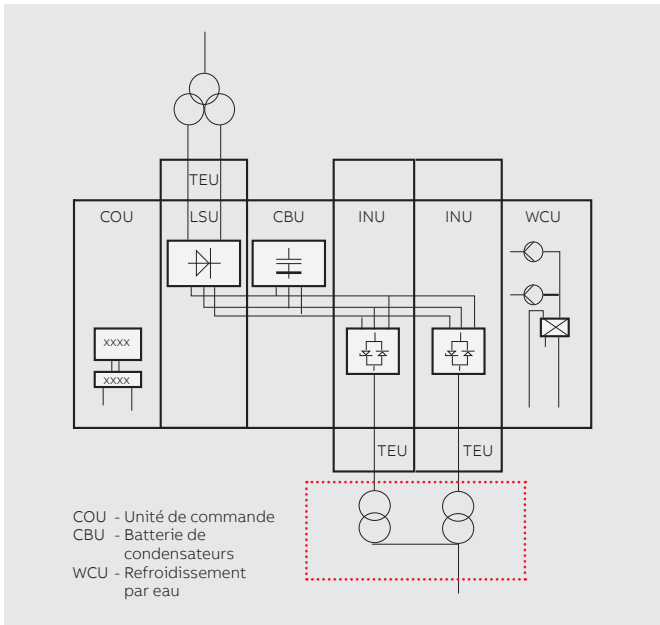
Côté navire, chaque onduleur (INU) est raccordé à un enroulement distinct du transformateur de sortie (TEU); côté charge, les enroulements sont raccordés en série pour obtenir les caractéristiques du réseau. Cette configuration, ainsi que le déphasage de chaque enroulement combiné à la présence

—  
**Les solutions ABB assurent une alimentation fiable des navires en courant d'excellente qualité, dans le respect des normes internationales et pour un coût du MVA optimisé.**

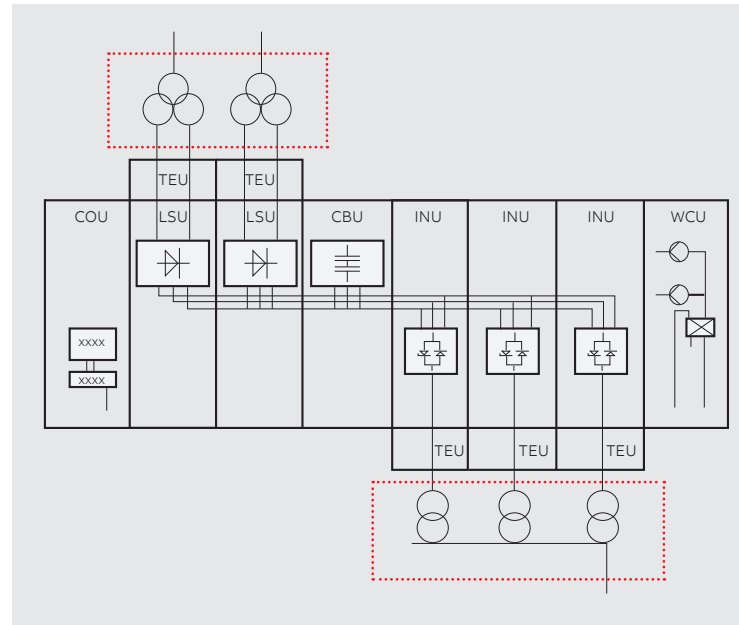
d'un filtre ad hoc, diminuent fortement les harmoniques caractéristiques du convertisseur. Les configurations de base du SFC ACS6000 sont présentées en →3. Le rendement de la solution est un critère déterminant pour minimiser les coûts d'exploitation. Le mode de refroidissement est ici un paramètre crucial: le rendement peut dépasser

98 % pour un SFC refroidi par eau et reste proche de son maximum même à charge partielle (plus de 97 % pour un facteur de charge de 30 %), avantage supplémentaire par rapport à un convertisseur de fréquence rotatif.

L'intégration du SFC ACS6000 dans le réseau portuaire respecte les exigences les plus strictes du référentiel international CEI/ISO/IEEE 80005-1 « Systèmes de connexion à quai à haute tension » ainsi que les règles de classification des navires par les organismes de certification. Par exemple, la forme d'onde sinusoïdale envoyée au navire est générée à partir d'impulsions optimisées pour supprimer ou ramener à un niveau acceptable les harmoniques de faible rang (jusqu'au 50<sup>e</sup>). Un filtre RC ou RLC utilisateur permet ensuite d'atténuer les harmoniques de rangs supérieurs (jusqu'au 100<sup>e</sup>). Le taux global de distorsion harmonique ne dépasse ainsi pas 4 %.



03a



03b

- 02 Convertisseur de fréquence statique ACS6000 d'ABB
- 03 Configurations de base de l'ACS6000
- 03a Installation à deux ACS6000 (14 MVA maxi)
- 03b Installation à trois ACS6000 (24 MVA maxi)
- 04 Architecture du système convertisseur-équipements annexes

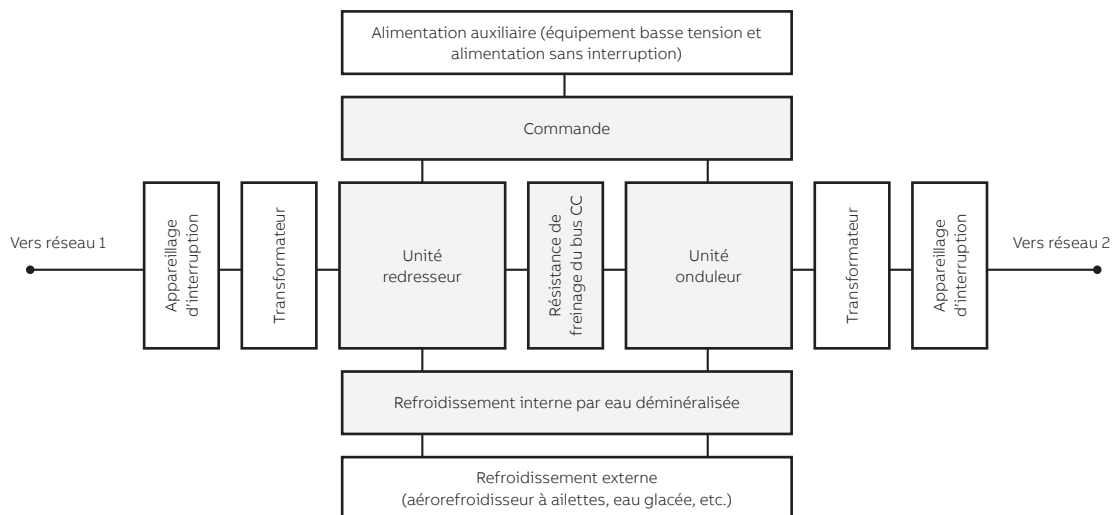
Le choix de la plate-forme de conversion de fréquence n'est que la première étape de la conception d'une solution de courant quai fiable. D'autres aspects spécifiques au navire entrent en ligne de compte :

- Tension d'alimentation : 6,6 kV ou 11 kV via un transformateur élévateur. Un changeur de prises en charge est nécessaire pour permuter entre les deux niveaux de tension ;
- Synchronisation et partage de charge avec le groupe diesel embarqué, notamment pendant la période de transition qui suit immédiatement le raccordement du navire au courant quai ;
- Gestion de l'inversion du courant navire-quai par résistance de freinage dédiée pour éviter toute réinjection de puissance dans le réseau portuaire (interdite par les codes réseau de certains pays) ;

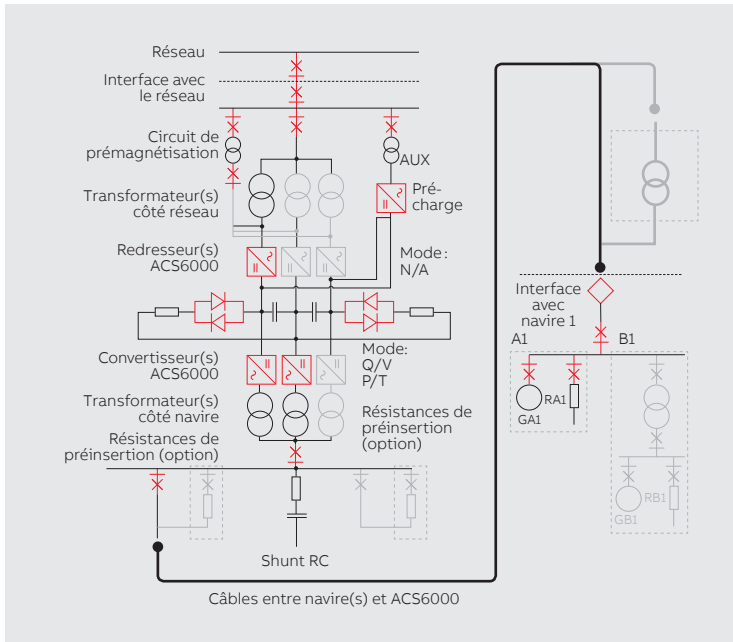
- Régulation temps réel du facteur de puissance (active et réactive), en fonction des différents réseaux embarqués ;

La plate-forme évoluée SFC ACS6000 existe en 12 versions qui couvrent presque toutes les exigences de puissance.

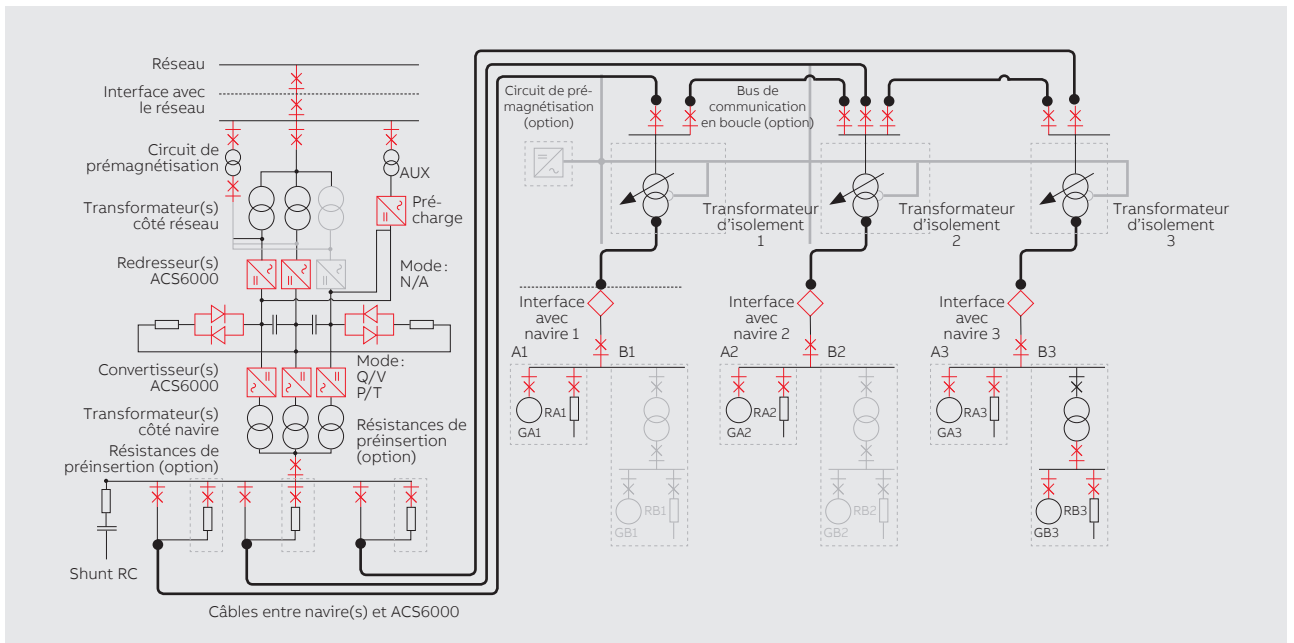
- Sélectivité aval lors de la sélection du courant de court-circuit maximal admissible du convertisseur et de la surcharge causée par la commutation des charges à bord ;



04



05a



05b

- Dimensionnement des appareillages d'interruption côté charge et côté navire pour assurer la protection et la commande électriques intégrales du navire et du convertisseur.

La conception s'est attachée à maximiser la qualité de l'électricité côté navire et à minimiser la pollution harmonique côté réseau.

Il en ressort que les paramètres critiques sont le dimensionnement du convertisseur, les caractéristiques des transformateurs d'entrée et de sortie ainsi que le choix du système de refroidissement et des dispositifs de commande et de protection →4.

L'intégration du convertisseur de fréquence statique ACS6000 dans une solution pré-exécutée garantit un déroulement fluide du projet quelle que soit la configuration retenue.

Pour une solution mono-navire et mono-quai, par exemple, l'ACS6000 retenu devra non seulement répondre aux besoins de puissance nominale du navire mais également gérer le surcroît de puissance appelé au démarrage de gros moteurs directement sur le réseau et à la mise sous tension des transformateurs embarqués. Il devra aussi disposer de la sélectivité nécessaire pour isoler les défauts survenant dans le réseau du navire →5a.



—  
05 La préconception, gage d'une exécution réussie

05a Configuration à un quai

05b Configuration à plusieurs quais

—  
06 L'intégration du port « intelligent » dans le réseau doit être à la fois souple et efficace pour équilibrer l'offre et la demande d'électricité

#### Bibliographie

[1] « ESPO / EcoPorts Port Environmental Review 2016 – Insight on port environmental performance and its evolution over time », disponible en ligne sur : [http://www.espo.be/media/news/ESPO\\_EcoPorts%20Port%20Environmental%20Review%202016.pdf](http://www.espo.be/media/news/ESPO_EcoPorts%20Port%20Environmental%20Review%202016.pdf), avril 2016.

La prémagnétisation du transformateur côté réseau national a fait l'objet d'une attention particulière pour minimiser le risque de chute de tension sur le réseau portuaire.

Les coûts d'exploitation d'une installation à plusieurs quais sont réduits grâce à l'utilisation d'un seul poste de conversion de fréquence pour l'alimentation simultanée de plusieurs navires →5b.

## Le rendement de la conversion de fréquence est un critère déterminant pour minimiser les coûts d'exploitation.






Enfin, il convient d'analyser la charge spécifique d'un seul navire afin de garantir que le poste électrique est capable de supporter la charge totale, compte tenu de la prémagnétisation du transformateur à terre qui assure l'isolation galvanique entre navires.

### Démarche globale

Au vu de la complexité de la solution et des contraintes associées, une installation de courant quai dans un port exige une ingénierie globale, prenant en compte tous les aspects de la concep-

tion liés à l'électrification du port →6, et non seulement le système de connexion. On peut considérer le réseau d'un port comme un environnement dynamique susceptible d'accueillir à tout moment de nouveaux producteurs ou consommateurs d'électricité. C'est pourquoi il doit afficher une robustesse à toute épreuve, depuis le poste haute tension (HT) en amont jusqu'au consommateur basse tension (BT) en aval, pour garantir en permanence l'équilibre offre-demande. La modernisation d'un poste HT ou du réseau portuaire peut être l'occasion de faire pénétrer la mobilité électrique dans le port, tant côté mer (transbordeurs à propulsion électrique ou hybride) que côté terre (véhicules électriques) et d'intégrer les énergies renouvelables (parcs éoliens ou photovoltaïques).

Ainsi, la connexion électrique des navires à quai et l'électrification contribuent au rayonnement des ports, moteurs de croissance régionale : à leur fonction traditionnelle de centres de transit pour les biens et les populations s'ajoute un nouveau rôle, celui d'acteurs économiques durablement intégrés dans le tissu local. La fourniture d'une énergie propre et l'élimination du bruit et des émissions polluantes améliorent les conditions de vie, de transport et de travail dans les ports et alentours. Seule l'électrification garantit la quasi-disparition de la pollution du site et sa croissance pérenne à un coût acceptable. ●

Énergie et automatismes pour...	Exemples	Avantages
Courant quai 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastructure d'alimentation électrique des navires à quai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suppression de 98 % des émissions et de 100 % des bruits et vibrations</li> <li>Meilleure qualité de vie à proximité du port</li> </ul>
Électrification du port 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poste HT</li> <li>Alimentation en MT/BT</li> <li>Transformateurs de puissance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un seul interlocuteur pour tout le système électrique portuaire : ABB</li> <li>Produits HT extrêmement fiables</li> </ul>
Intégration port-réseau 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatisation du réseau de distribution portuaire</li> <li>Intégration des EnR</li> <li>Réseaux de communication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Meilleure fiabilité de l'alimentation</li> <li>Microréseau portuaire auto-suffisant</li> <li>Communications performantes et sécurisées</li> </ul>
Solutions d'électromobilité 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastructure de recharge pour transbordeurs à propulsion hybride</li> <li>Recharge des véhicules électriques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escalles « zéro émission</li> <li>Transports intégrés (du rail aux véhicules électriques)</li> </ul>
Maintenance/modernisation 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseil pour définir la solution optimale</li> <li>Modernisation de l'existant</li> <li>Contrats de maintenance/fourniture de pièces détachées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration majeure de la fiabilité, de la sécurité et des performances</li> <li>Allongement du cycle de vie du système</li> </ul>



# Command produttivi





# e et té

92

Des données indisponibles ou corrompues, une confusion entre variance importante et faible, et c'est toute la chaîne de commande et la productivité qui sont menacées. Les méthodes de commande ABB sont parmi les plus évoluées et les plus fiables du marché : en effet, elles ne se contentent pas de mettre en œuvre des automatismes « intelligents », mais insufflent de l'intelligence dans l'ordonnancement et le process.

- 84      Commande avancée ABB  
pour compresseurs électriques
- 92      Un ordonnanceur convivial et  
flexible



84

COMMANDE ET PRODUCTIVITÉ

# Commande avancée ABB pour compresseurs électriques

De nos jours, les systèmes techniques sont presque tous automatisés. L'innovation dans ce domaine, moins tangible que les progrès accomplis dans celui du matériel, se fait souvent en toute discrétion, contrastant étonnamment avec la popularité des percées technologiques (drones quadricoptères, véhicules autonomes, robots industriels, etc.) qui, pourtant, n'existeraient pas sans automatismes. Cet article met en lumière une autre application innovante de la commande avancée qui permet d'économiser des millions de dollars, sauvant la mise de nombreuses filières énergivores : les compresseurs de gaz électriques.

**Thomas Besselmann**  
**Andrea Cortinovis**  
**Mehmet Mercangöz**  
ABB Corporate Research  
Baden-Dättwil (Suisse)

thomas.besselmann@  
ch.abb.com  
andrea.cortinovis@  
ch.abb.com  
mehmet.mercangoez@  
ch.abb.com

**Arne-Marius Ditlefsen**  
**Harald Fretheim**  
**Jan Wiik**  
ABB Industrial  
Automation, Oil, Gas and  
Chemicals  
Oslo (Norvège)

arne-marius.ditlefsen@  
no.abb.com  
harald.fretheim@  
no.abb.com  
jan.wiik@no.abb.com

**Sture Van de moortel**  
**Pieder Joerg**  
ABB Robotics and  
Motion, Drives  
Turgi (Suisse)

sture.vandemoortel@  
ch.abb.com  
pieder.joerg@ch.abb.com

Les compresseurs centrifuges sont très utilisés dans l'industrie pétrolière et gazière, aussi bien dans les secteurs amont (exploration, extraction) et aval (raffinage, commercialisation) que médian (stockage, transport). Ils servent à comprimer et à pomper le gaz naturel tout au long de la chaîne d'approvisionnement, du gisement aux consommateurs. Ces grosses machines tournantes sont les équipements les plus énergivores d'une unité de traitement, mais aussi les plus critiques puisque leur arrêt entraîne de lourdes pertes financières. Une disponibilité élevée ainsi que des systèmes de contrôle-commande et de sécurité dédiés sont donc primordiaux pour garantir la bonne marche de l'installation.

Ces turbomachines peuvent être alimentées par des turbines à gaz classiques ou des moteurs électriques commandés en vitesse variable. Les compresseurs électriques ont plusieurs avantages sur les turbines à gaz : meilleurs rendements, temps de réponse plus courts, plage de fonctionnement élargie, coûts de maintenance réduits et zéro émission de gaz à effet de serre, entre autres.



Ces machines peuvent gagner en disponibilité et en fiabilité grâce à deux innovations ABB : une protection renforcée « DT2S » (Dynamic Time To Surge) et une commande avancée de type régulation de couple prédictive par modèle « MPTC » (Model Predictive Torque Control).

Dans cet article, il sera surtout question des perturbations du réseau électrique : en faisant rapidement chuter le couple fourni par le variateur, elles peuvent conduire à une dangereuse instabilité de l'écoulement, très redoutée des exploitants : le « pompage ».

#### Travail de compression

Le synoptique d'un convertisseur industriel à commande électrique type est donné en →1. Le bloc électrique est constitué d'un onduleur commuté par la charge intégrant un transformateur d'entrée, de convertisseurs côté réseau et côté moteur, d'un moteur synchrone et d'un circuit d'excitation. Un arbre flexible, scindé en arbre moteur lent et arbre compresseur rapide par un multiplicateur, relie cet ensemble à l'étage de compression.

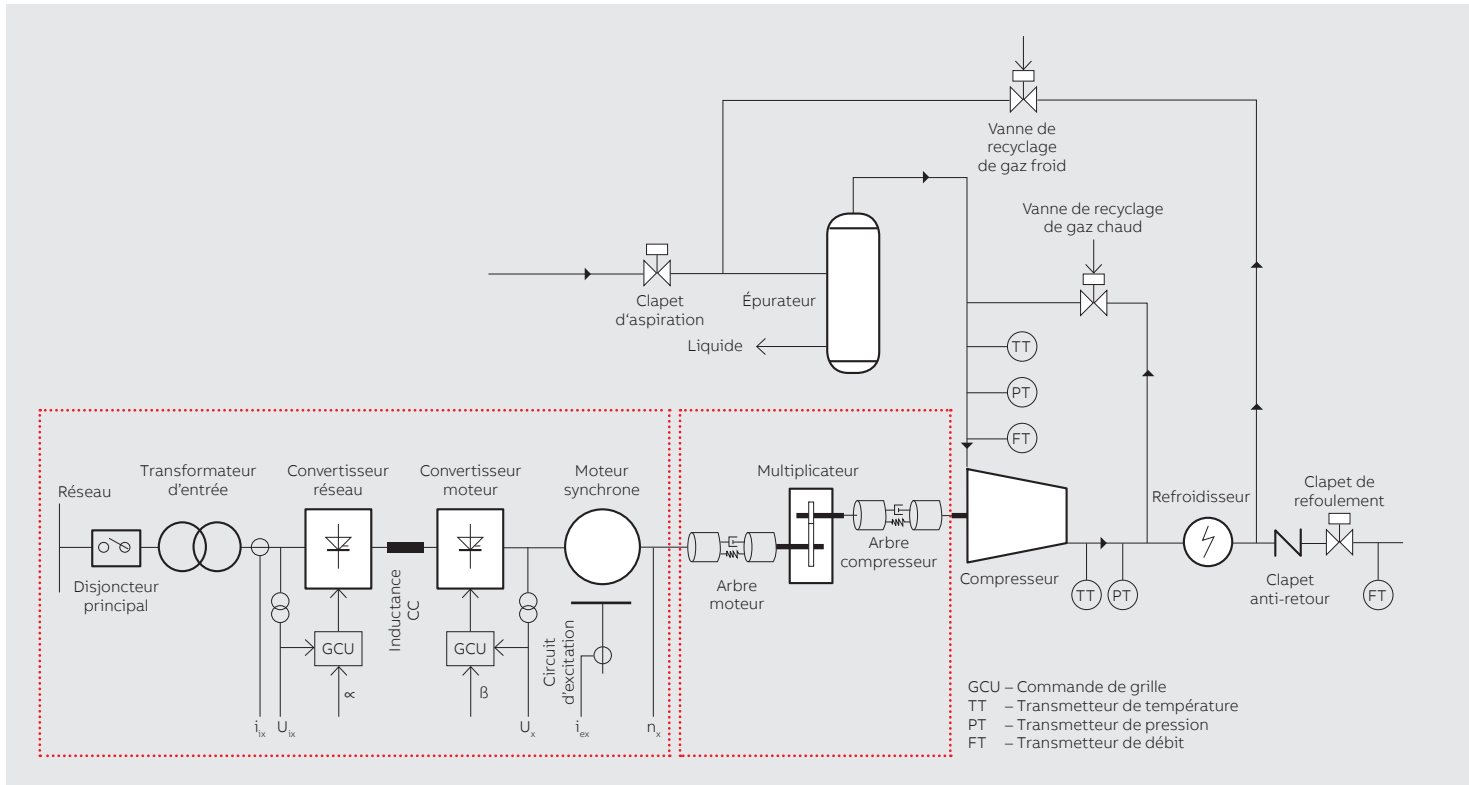
Voyons le détail du processus : avant d'entrer dans le compresseur centrifuge, le gaz naturel traverse une conduite d'admission, un clapet d'aspiration et un épurateur de liquide. Entraîné par le couple du

—  
**La solution ABB prémunit bien mieux les compresseurs électriques des instabilités dues aux creux de tension que les protections existantes.**

moteur électrique, il est ensuite comprimé, puis évacué dans une conduite aval à travers un clapet de refoulement avant d'être refroidi.

Deux circuits de recyclage du gaz agissent sur le fonctionnement du compresseur en connectant le réseau à haute pression du refoulement au réseau à basse pression de l'aspiration ; cette boucle est ouverte lorsque la machine débite trop peu, et refermée lorsqu'elle débite suffisamment. L'ouverture d'une vanne diminue la résistance du circuit, et donc le rapport de pression aspiration-refoulement,





01

augmentant l'écoulement dans le compresseur. L'ouverture de la vanne de recyclage de gaz froid est progressive, mais plutôt lente, de l'ordre de la seconde; elle permet de modifier le régime de charge du compresseur pour éviter le pompage. Par contre, la vanne de recyclage de gaz chaud fonctionne en « tout ou rien » et son ouverture ne prend que quelques centaines de millisecondes; elle stoppe le processus par mesure de sécurité.

Le fonctionnement en régime stable d'un compresseur centrifuge est souvent représenté par des courbes caractéristiques donnant le taux de compression en fonction du débit. Le taux de compression décrit la quantité de travail appliqué à une unité de gaz. Il est lié à la hausse de pression entre aspiration et refoulement; néanmoins, la surpression produite par un taux de compression donné varie avec la densité du gaz aspiré. Le fonctionnement de la machine obéit à plusieurs contraintes  $\rightarrow 2$ , dont la plus importante est la limite de pompage. Le pompage se manifeste par une instabilité du débit, des vibrations excessives et une augmentation de la température, précurseurs d'une usure accrue, voire de dégâts sévères qu'il faut éviter à tout prix.

#### Variateur Megadrive-LCI d'ABB

Très électro-intensive, la compression de gaz passe naturellement par des entraînements à vitesse variable de forte puissance. Une configuration type comprend une machine synchrone alimentée par un onduleur commuté par la charge comme le Megadrive-LCI d'ABB.

Depuis des décennies, la technologie Megadrive-LCI  $\rightarrow 3$  est réputée sur le marché des variateurs moyenne tension (MT) avant tout pour sa robustesse éprouvée et ses performances adaptées à un large éventail d'applications exigeant de très hauts niveaux de puissance (jusqu'à plus de 100 MW) et de tension.

Le Megadrive-LCI est schématisé en bas à gauche du synoptique  $\rightarrow 1$ . En entrée, le variateur est raccordé au réseau MT par l'intermédiaire d'un transformateur et, en sortie, au moteur synchrone. Il se compose d'un redresseur côté réseau, d'un bus continu commun (CC) à inductance et d'un onduleur côté moteur, ce qui en fait un convertisseur à source de courant. Le Megadrive-LCI utilise des thyristors développés pour les fortes puissances.

En mode moteur, l'alimentation en courant alternatif (CA) à fréquence fixe du réseau MT est d'abord redressée en courant continu (CC), puis reconvertie en CA, cette fois à fréquence variable, pour moduler la vitesse de rotation du moteur en fonction des besoins de puissance.

—  
01 Chaîne cinématique  
du compresseur et  
alimentation électrique  
du moteur

—  
02 Carte compresseur

### Enjeux du secteur

Les installations de gaz sont habituellement implantées dans des sites reculés où le réseau électrique est souvent perturbé. Les aléas météorologiques (tempêtes hivernales, vents violents, accumulation de glace sur les lignes) dégradent l'état des conducteurs électriques, faisant brusquement chuter la tension réseau dans une ou plusieurs phases. Même de courte durée (50 à 150 ms), ces creux de tension peuvent avoir de graves conséquences.

Ces défauts posent un défi majeur au système de commande d'un variateur LCI : selon sa capacité à réagir aux perturbations, il peut sortir du domaine de fonctionnement sûr et déclencher. Le cas est fréquent dans l'industrie avec le déclenchement de surintensité provoqué par l'appel de courant au rétablissement de la tension réseau.

La parade habituelle consiste à interrompre le fonctionnement du LCI jusqu'au retour de la tension réseau. Un bon sens pour quantité d'applications, mais pas pour les compresseurs électriques : en effet, la perte soudaine de couple variateur déplace rapidement le point de fonctionnement du compresseur vers la ligne de pompage. Par précaution, la compression est arrêtée pour prévenir l'usure et les dégâts mécaniques. S'ensuit une procédure de redémarrage du compresseur, qui prend du temps !

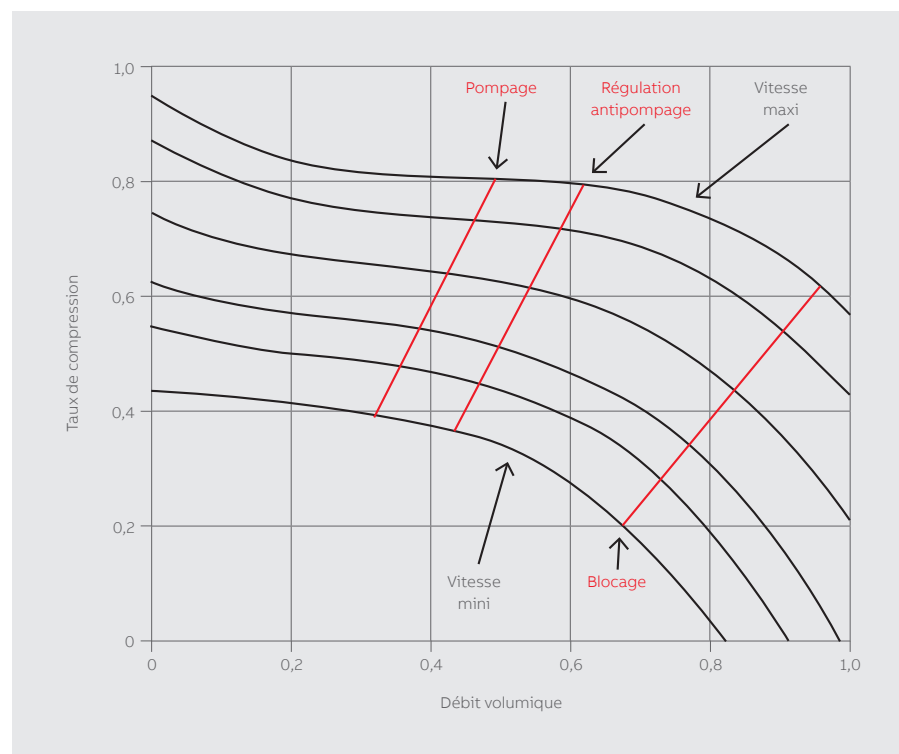
Se pose alors une question épineuse : quand arrêter la compression ? Trop tôt, et l'on risque inutilement un important manque à gagner dû à la perte de production ; trop tard, et le système entre en pompage, avec des conséquences mécaniques désastreuses.

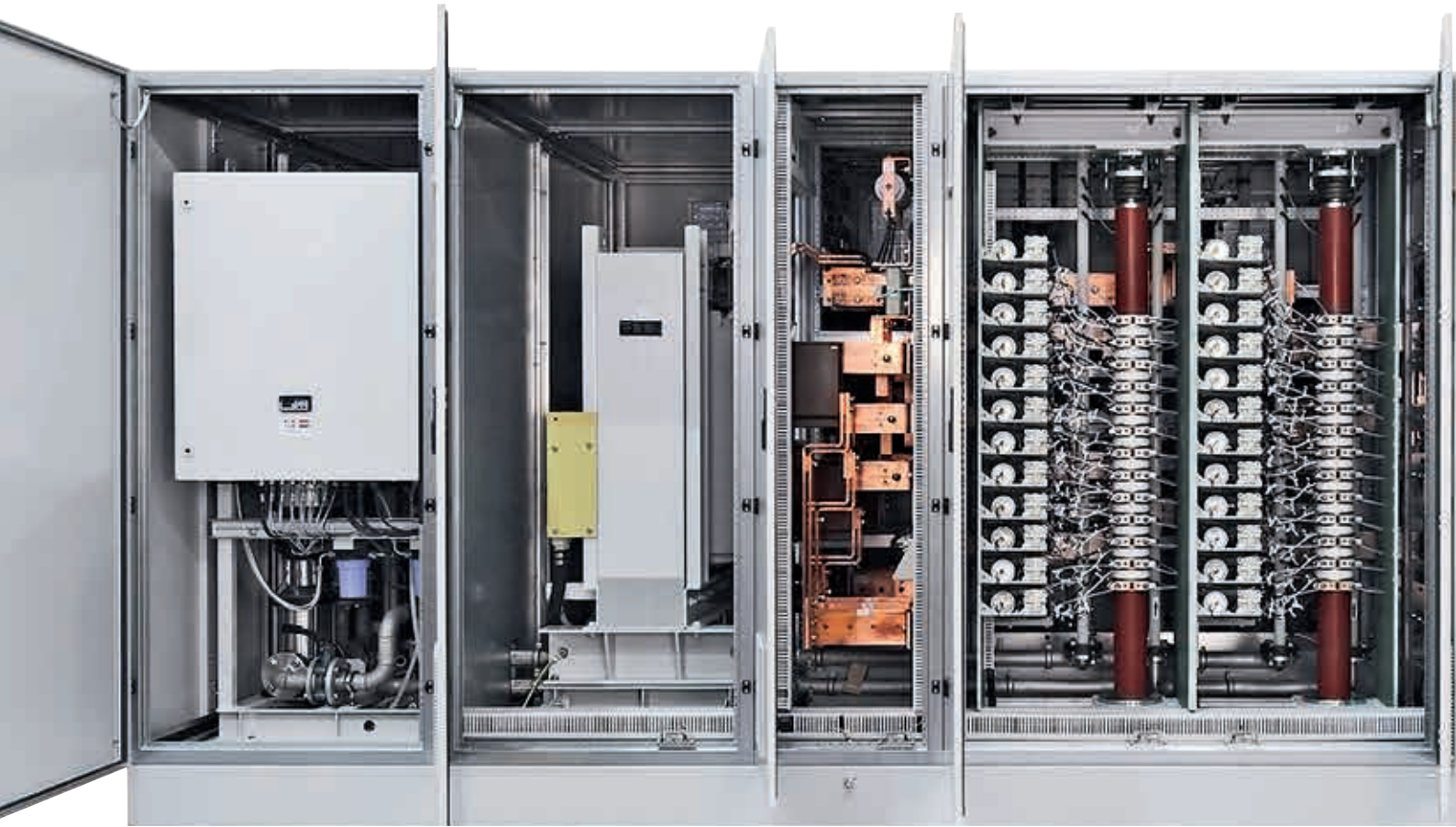
Le dilemme est encore plus délicat si l'on considère la relative lenteur de réaction des vannes de recyclage. Même la réactivité de la vanne de gaz chaud oblige à décider d'ouvrir assez tôt. Sans compter que le déclenchement n'est effectif qu'au bout de quelques centaines de millisecondes, laissant le compresseur sans protection dans ce laps de temps.

### Architecture du système d'automatisation

Pour améliorer la tenue de la compression de gaz aux manques de tension, ABB a conçu un système d'automatisation bâti autour de deux principaux éléments :

- Une solution de commande du Megadrive-LCI, capable de surmonter les creux sans déclencher le variateur ;
- Une protection antipompage à base de modèle, qui garantit le fonctionnement sûr du compresseur sans déclenchement inutile.





03

Le système est illustré en →4. Installé sur une carte de commande spécifique, il peut être intégré à d'autres entraînements à vitesse variable dépourvus de Megadrive-LCI. Reste que son association au variateur d'ABB réserve bien d'autres avantages (cf. infra).

Un tel schéma de protection impose au préalable d'estimer rapidement la vitesse du moteur afin de réagir avec précision aux creux de tension et de garantir des marges cohérentes de sécurité au pompage. Une tâche dont s'acquitte le contrôleur LCI avec un temps de rafraîchissement d'une milliseconde.

Ce système ABB comporte des fonctionnalités à la fois de calcul de « temps dynamique d'évolution vers le pompage » DT2S et de surveillance.

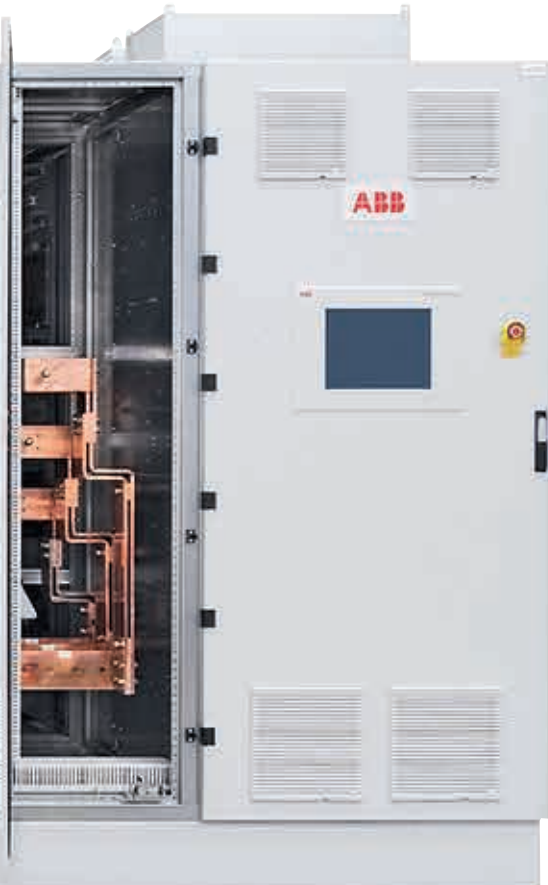
#### **Solution DT2S**

Les systèmes classiques de contrôle antipompage ne réagissent pas toujours aux transitoires très rapides que sont les creux de tension, hypothéquant le bon fonctionnement du compresseur. Par ailleurs, la compression ne doit être arrêtée que lorsque la sécurité l'exige. Comment résoudre ces difficultés de façon sûre et efficace ? La réponse ABB consiste à recouper les informations provenant de la commande électrique et de l'étage de compression.

Il n'existe pas de recette miracle pour protéger les compresseurs électriques des creux de tension. On peut par exemple calculer un temps fixe d'évolution vers le pompage dans une simulation haute fidélité effectuée hors ligne, réduisant ainsi le problème à une table associative dans le paramétrage temps réel, fonction de quelques variables du processus. Or cette méthode a le défaut de ne pas tenir compte de la variabilité des régimes de fonctionnement (conditions aux limites ou modification de la résistance du système, par exemple). De plus, elle est habituellement conçue pour les pires scénarios, donnant lieu à des surprotections en cascade, synonymes d'arrêts à répétition.

Il fallait donc une nouvelle solution qui combine les informations de la commande électrique et de la compression pour prédire la trajectoire future du processus à l'aide d'un modèle. Mesures électriques et de process sont pour cela échantillonnées à différentes vitesses, puis chargées dans un programme qui détermine le point de fonctionnement initial du compresseur et le couple partiel attendu lors du creux de tension. Cette information alimente un modèle du processus de compression, qui est ensuite intégré numériquement à une fenêtre de prédiction donnée. Les trajectoires du système permettent alors de déterminer dans cet intervalle le moment du franchissement de la limite de pompage.





—  
03 Megadrive-LCI  
d'ABB

—  
04 Architecture du  
système d'automati-  
sation : exemple de  
déploiement sur site  
des automatismes  
de protection du  
compresseur

Cette « valeur dynamique DT2S », recalculée en temps réel toutes les 5 à 10 ms, permet de décider de la reprise au vol ou de l'arrêt de la compression, par rapport à une marge au pompage correspondant au temps de réaction maximal attendu du système de sécurité.

L'algorithme de protection de la solution D2TS s'accompagne d'une fonction de surveillance qui fournit des données en ligne et des instantanés de haute résolution en régimes transitoires. Toutes les données sont historisées de façon à pouvoir analyser certains événements ou développements

au fil du temps. Cette surveillance inclut également des mesures vibratoires du compresseur et du moteur, qui servent à

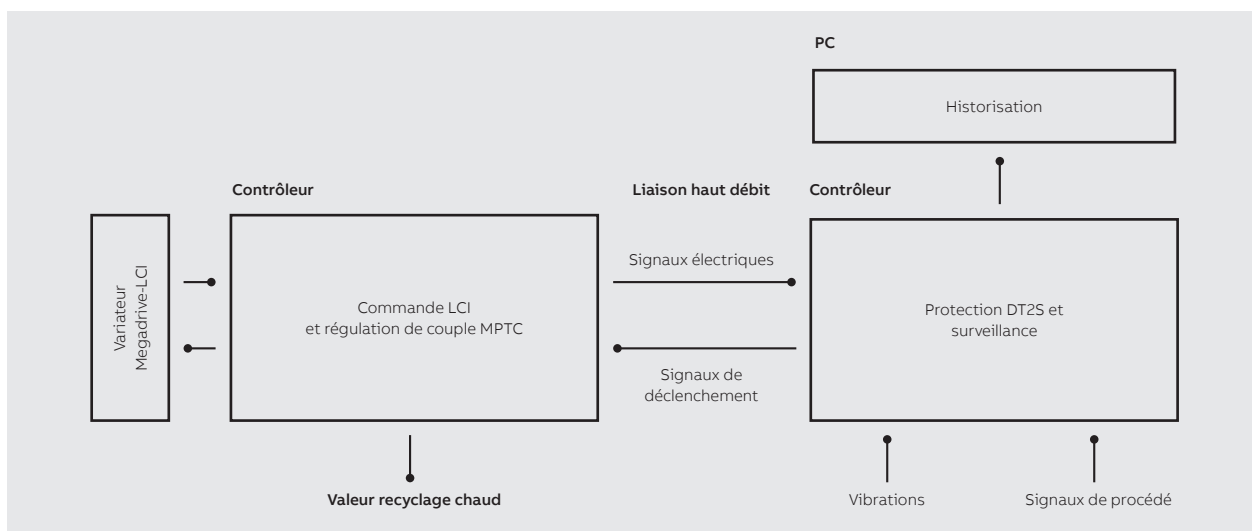
- confirmer la sûreté de fonctionnement du compresseur lors des creux de tension ;
- paramétrer le niveau de protection en évaluant, par exemple, les vibrations durant ces transitoires ;
- suivre l'évolution des courbes caractéristiques du compresseur susceptibles d'influencer ce paramétrage.

—  
La collaboration entre ABB  
et Statoil, dans le cadre d'un  
projet industriel conjoint, a  
beaucoup joué dans cette  
avancée technologique.

#### Régulation de couple prédictive par modèle

MPTC est un tout nouveau logiciel de régulation de couple destiné au variateur Megadrive-LCI d'ABB. Il utilise un algorithme prédictif à base de modèle, qui pilote le fonctionnement du variateur lors des perturbations de l'alimentation électrique et du réseau afin de fournir au compresseur un couple partiel lui évitant le pompage.

L'emploi de la régulation prédictive par modèle remonte aux années 1980, dans l'industrie des procédés (chimie et raffinage pétrolier). Elle surpasse les techniques de commande classiques en ce qu'elle prédit le comportement futur du système piloté au moyen d'un modèle mathématique et résout un problème d'optimisation de la commande en fonction de certains critères et seuils de fonctionnement.



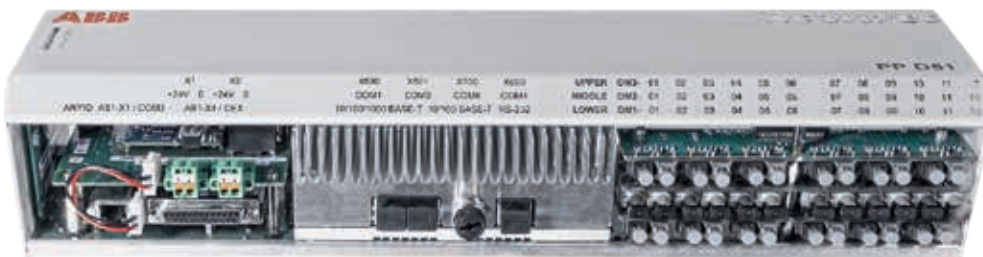
La principale difficulté inhérente à la régulation prédictive du couple du variateur LCI est la nécessité de réagir rapidement aux fluctuations de la tension réseau : un problème d'optimisation non linéaire est alors formulé, linéarisé et résolu toutes les millisecondes sur la carte automate AC 800PEC d'ABB →5. Précisons que l'algorithme MPTC complet ne mobilise qu'une infime fraction des ressources de calcul de façon à pouvoir exécuter l'intégralité de la commande dans le temps imparti.

Outre le traitement de seuils sur des variables opérationnelles comme le courant, qui permet donc d'éviter les déclenchements de surintensité, le logiciel MPTC décide de l'allumage coordonné des thyristors, améliorant la capacité du système à rejeter les perturbations et à surmonter les creux de tension.

Plus précisément, le tandem LCI-MPTC est capable de faire face à ces défauts tout en fournissant un couple partiel au compresseur. La puissance à développer dépend du type et de la profondeur du creux →6. Le couple partiel permet d'éviter totalement ou, a minima, de retarder l'entrée en pompage, allongeant le délai de rétablissement de la tension ou de déclenchement des protections. Avec MPTC, c'est tout le système de compression qui gagne en sécurité et en disponibilité.

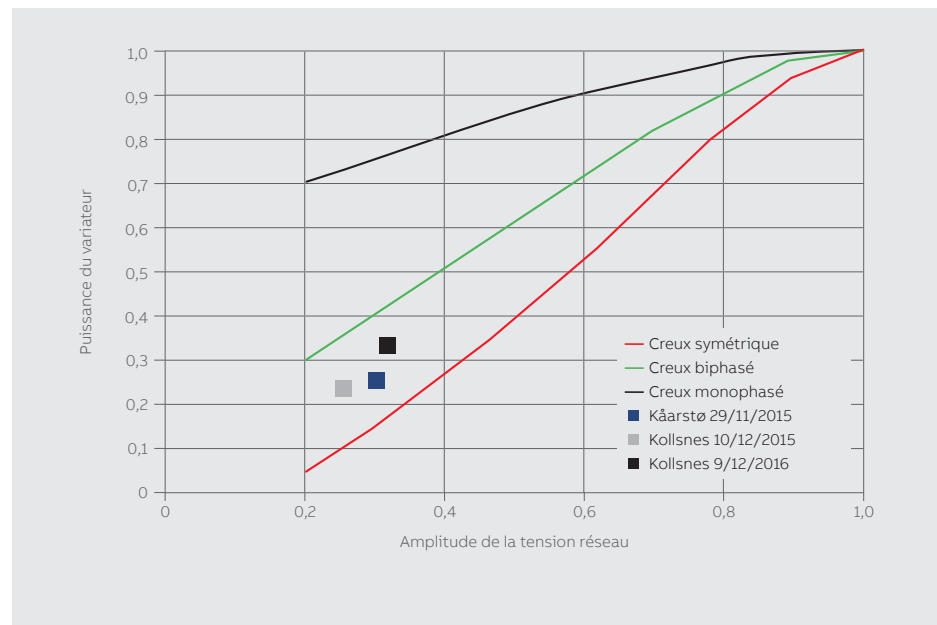
### Installation pilote

La solution ABB associant régulation prédictive de couple MPTC et protection/surveillance antipompage DT2S fut installée en 2016 sur un compresseur électrique de 41,2 MW, dans l'usine Statoil de traitement et d'exportation de gaz naturel, à Kollsnes (Norvège). L'algorithme DT2S fut pendant un temps exécuté en boucle ouverte pour collecter les données servant au réglage du système et au paramétrage des limites de sécurité afin de minimiser les risques de dégâts et de maximiser la capacité de reprise au vol du compresseur en cas de creux de tension.



05

06



—  
05 Carte automate AC 800PEC  
embarquée dans le variateur  
Megadrive-LCI

—  
06 Puissance attendue  
du variateur lors d'un creux  
de tension symétrique,  
biphasé et monophasé

—  
07 Exemple de reprise au vol  
sur creux de tension

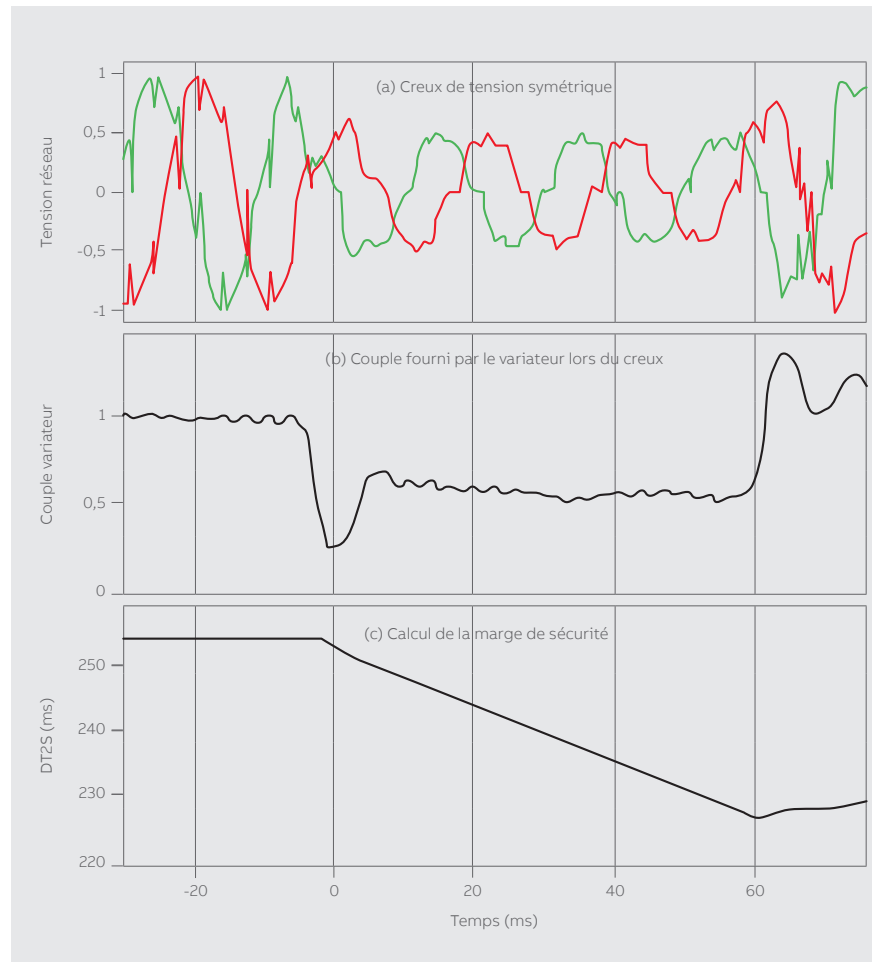
#### Bibliographie

[1] Cortinovis, A., et al.,  
« Dynamic Time to Surge  
Computation for Electric  
Driven Gas Compressors  
during Voltage Dips »,  
11<sup>th</sup> IFAC Symposium  
on Dynamics and Control  
of Process Systems  
DYCOPS-CAB, Trondheim  
(Norvège), 6–8 juin 2016.

[2] Besselmann, T., et al.,  
« Partial Torque Ride  
Through with Model  
Predictive Control »,  
Petroleum and Chemical  
Industry Conference  
Europe (PCIC Europe),  
Berlin, p. 1–8, juin 2016.

[3] Besselmann, T., et al.,  
« Model Predictive Control  
in the Multi-Megawatt  
Range », IEEE Transac-  
tions on Industrial  
Electronics, vol. 63, n° 7,  
p. 4641–4648, juillet  
2016.

[4] Bhatia, R., et al.,  
« Un moteur synchrone  
de 100 MW commandé  
en vitesse variable au  
sein d'une soufflerie  
transsonique », Revue  
ABB, 6/1998, p. 14–20.



07

Le système fut ensuite activé en fermant la boucle de régulation, enclenchant de fait la protection contre les creux de tension. L'enregistrement d'une perturbation est reproduit en →7 : le creux symétrique (a) dure environ 60 ms, pendant lesquelles le variateur LCI fournit un couple (b) qui ralentit le passage en régime de pompage. En parallèle, le logiciel DT2S estime que la situation est sûre (c) et ne nécessite pas de déclencher le compresseur. Après rétablissement de la tension, le compresseur réaccélère, son point de fonctionnement s'éloignant de la ligne de pompage.

#### La pression du marché

Les entraînements électriques de puissance sont une importante composante du portefeuille de produits ABB pour l'industrie du pétrole et du gaz. La tendance aujourd'hui est au remplacement des turbines à gaz par des variateurs électroniques, moins coûteux en maintenance et plus respectueux des réglementations antipollution. De même, leur plage de fonctionnement élargie, leur rendement accru et des variations de couple plus dynamiques en font un équipement incontournable des terminaux gaziers à terre.

Quelques grands noms de l'industrie dominent le marché des gros variateurs MT. Si le prix du produit est évidemment un critère décisif pour les clients, sa disponibilité entre aussi en ligne de compte. La quantité de gaz exporté lui est directement liée ; à l'inverse, toute indisponibilité, et donc toute interruption de l'acheminement, ont de lourdes conséquences financières sur l'activité. ●

#### AVIS D'EXPERT ?

ABB vous propose de consulter des experts renommés de la variation électronique de vitesse pour vous aider à développer des solutions sur mesure et à optimiser les performances de vos systèmes d'entraînement :  
<http://new.abb.com/drives/services/engineering-and-consulting/drive-system-consulting>

COMMANDE ET PRODUCTIVITÉ

# Un ordonnanceur convivial et flexible

L'ordonnancement reste trop souvent une fonctionnalité complexe et pointue, qui se fraie difficilement un chemin jusqu'à l'atelier. En s'appuyant sur le standard ISA 95 qui définit une plate-forme d'échange de données universelle, ABB a développé une application d'ordonnancement à base de diagrammes de Gantt. Conviviale et souple d'emploi, elle se présente sous forme de « briques de base » adaptées au secteur industriel visé.

**iiro Harjunkoski**  
**Martin Hollender**  
**Reinhard Bauer**  
**Jens Doppelhamer**  
**Subanatarajan Subbiah**  
 ABB Corporate  
 Research Center  
 Ladenbourg (Allemagne)

iiro.harjunkoski@  
 de.abb.com  
 martin.hollender@  
 de.abb.com  
 reinhard.bauer@  
 de.abb.com  
 jens.doppelhamer@  
 de.abb.com  
 subanatarajan.subbiah@  
 de.abb.com

**Werner Schmidt**  
 Ancien collaborateur ABB

Ces vingt dernières années ont été marquées par des avancées significatives dans le développement de modèles, de méthodes et de solutions d'ordonnancement. Reste un enjeu technique majeur, qui n'a trouvé jusqu'ici que des réponses partielles :

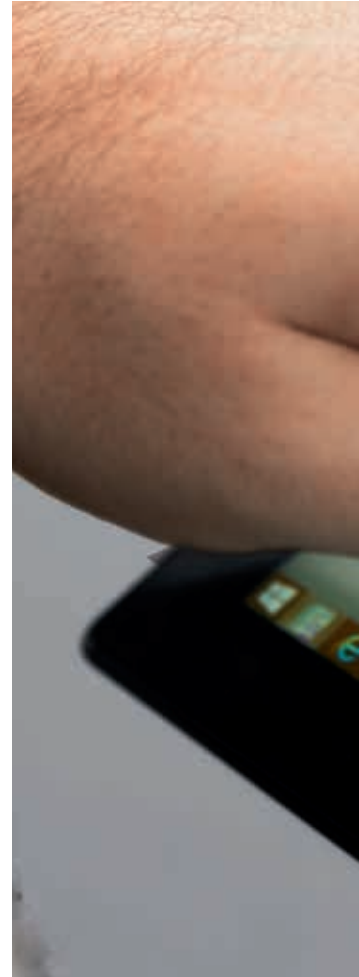
—

**Une solution d'ordonnancement doit être étroitement liée à l'environnement de production pour récupérer automatiquement toutes les données utiles.**

comment assurer un déploiement efficace dans l'industrie ? L'usage est de bâtir une application maison issue de la collaboration entre, d'un côté, experts et responsables de site et, de l'autre, spécialistes de l'optimisation. Il en résulte souvent des solutions logicielles fortement personnalisées, généralement non réutilisables et d'une maintenance difficile en raison de leur complexité. Corollaire : un fonctionnement en îlot, sans possibilité de diffusion à plus grande échelle.

Cependant, avec l'explosion des volumes de données disponibles et l'essor de l'électrification et de l'automatisation, l'ordonnancement de la production ne peut plus être considéré tels une solution cloisonnée. Des concepts comme l'Internet des objets, les réseaux électriques intelligents, l'usine 4.0, les données massives (Big data) et les applications informatiques hébergées (SaaS), ainsi que l'intérêt accru porté à l'optimisation globale [1] poussent à sa connexion et à son interaction avec les autres systèmes et solutions de l'entreprise.

Dans la plupart des cas, une solution d'ordonnancement industriel doit être étroitement liée à l'environnement de production (contrôle-commande distribué SNCC, pilotage et suivi MES, gestion collaborative CPM, par exemple), afin d'être automatiquement alimentée en données de fabrication et de procédé. Une connexion au logiciel de gestion intégrée (ERP) est souvent essentielle puisque la production est habituellement déclenchée par les commandes client saisies dans l'interface ERP. De même, les données de l'ERP alimentent la fonction approvisionnement pour s'assurer de la disponibilité des matières et ressources appelées par le plan de production.





Un ordonnancement efficace nécessite de connaître

- la disponibilité des ressources: équipements, matières, personnel, fluides et énergies (utilités), etc.;
- les dépendances et règles liées aux différentes étapes du procédé;

—  
**L'ordonnanceur ABB s'appuie sur le standard ISA 95, au croisement de la gestion de production et du contrôle-commande.**

- l'état d'avancement de la production et la capacité des ressources à absorber une charge supplémentaire;
- les ordres de fabrication, assortis d'un délai et d'une priorité;
- l'objectif de l'ordonnement.

La fréquence de rafraîchissement de certaines données (toutes les minutes) souligne l'importance de la connectivité pour garantir l'actualisation de l'ordonnement. Dans la méthode présentée ici, la plupart de ces informations dynamiques ont été modélisées au standard ISA 95 [2] qui facilite le partage et la communication entre composants du système.

#### **Tenants et aboutissants**

Il est fondamental de comprendre les véritables besoins des industriels. À une époque dictée par les modes et les tendances, la technologie peut facilement devenir une fin en soi et, dans l'enthousiasme qu'elle suscite, faire oublier l'essentiel. Parmi les critères privilégiés d'une solution d'ordonnement, citons :

- Une sécurité accrue, par exemple en disposant d'une vue d'ensemble des opérations à venir, en évitant les changements complexes de gammes ou de plus vastes opérations concomitantes dans l'atelier ;

- Une baisse des coûts et une simplification des opérations: des points d'autant plus critiques que les procédés se complexifient. La solution doit assurer maîtrise des coûts et assistance à l'exploitation;
- Un rendement productif maximisé et un temps de préparation minimisé;

machines et une fiabilité accrue. Automatisée, elle aide à s'adapter aux situations évoluant rapidement et à définir les meilleurs programmes, indépendamment des compétences de l'opérateur. Quant aux projets de déploiement de telles solutions, leurs bénéfices, tendances et enjeux sont bien documentés [3].

Toutes les données d'entrée pour le calcul d'ordonnancement sont au format B2MML.

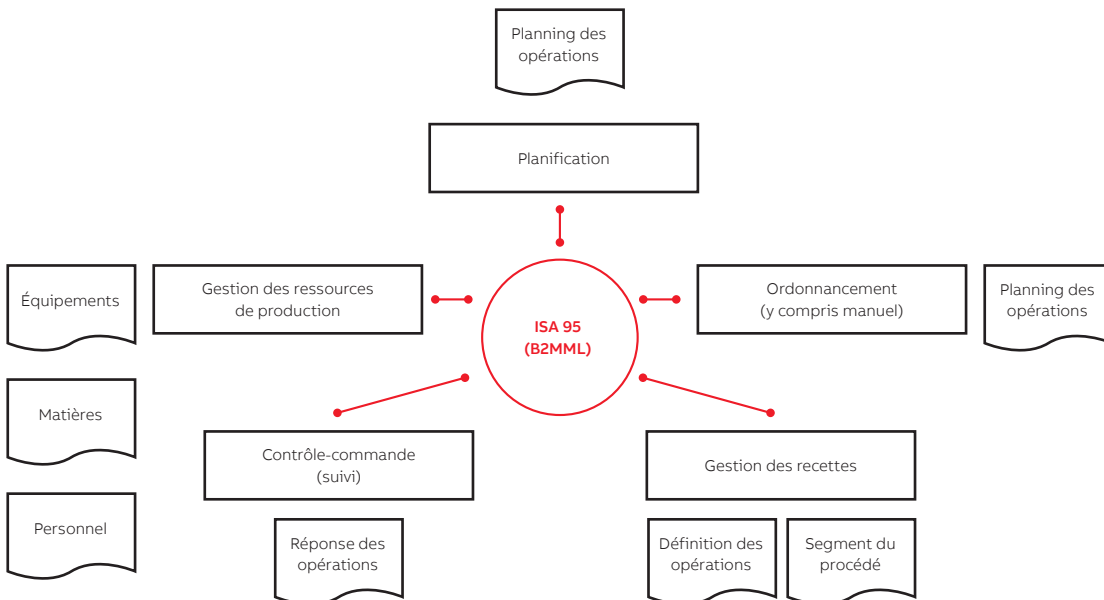
- Un meilleur taux d'utilisation et une rentabilité accrue des actifs: il s'agit d'optimiser l'engagement des équipements onéreux, voire d'identifier les doublons;
- Des décisions plus efficaces: le rôle premier d'un système d'automatisation est de faciliter la gestion du procédé, d'accompagner, d'accélérer et de fiabiliser la prise de décisions.

**Ordonnanceur**

Tirer le meilleur d'une solution d'ordonnancement nécessite de répondre aux principales exigences de mise en œuvre en contexte industriel:

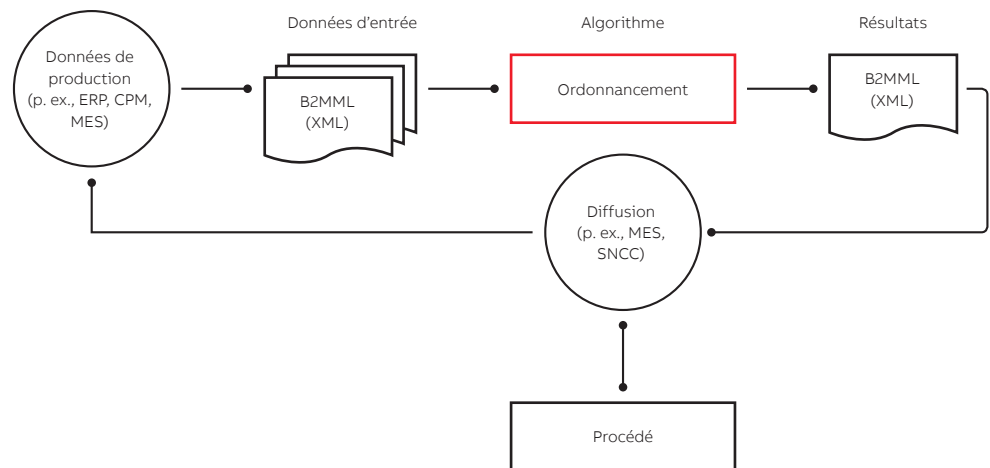
- Définir un environnement capable d'héberger l'algorithmique, de collecter les données nécessaires et d'injecter les résultats dans la chaîne de production;
- Fournir une description générique des problèmes permettant d'exprimer chaque situation concrète;
- Élaborer des algorithmes efficaces adaptés à une variété de cas et fournir des solutions pertinentes et réalisables;
- Procurer un environnement de configuration accessible aux non-spécialistes pour la maintenance de la solution.

En règle générale, une solution d'ordonnancement fonctionnelle contribue à un meilleur suivi des opérations et à la détection précoce des goulets d'étranglement. Elle peut aussi améliorer la performance par une utilisation plus équilibrée des



—  
01 Composants de la norme ISA 95 et de sa mise en œuvre B2MML fournissant toutes les informations utiles à l'ordonnancement.

—  
02 Déroulement d'un échange au format B2MML



02

### Environnement

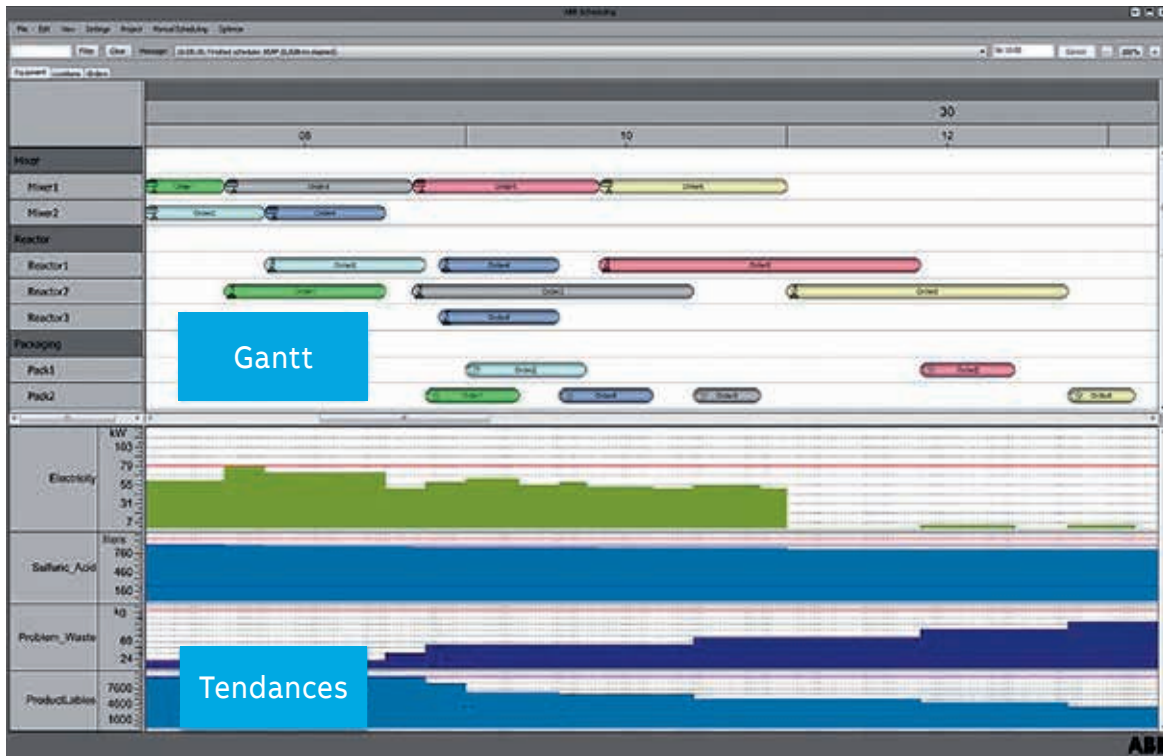
L'une des pièces maîtresses du prototype développé par ABB est le standard ISA 95, conçu pour l'échange d'informations entre systèmes de gestion et automatismes industriels. Ce référentiel définit la plupart des champs de données nécessaires et s'appuie sur un langage de balisage XML spécifique à l'intégration gestion-production : B2MML (Business to Manufacturing Markup Language) [4]. Parmi les fonctionnalités prévues figurent les schémas XML, bien adaptés aux

—  
L'ordonnanceur ABB utilise des algorithmes heuristiques pour trouver rapidement la bonne solution.

nombreux langages de programmation informatique (C#, Java) qui manipulent ce formalisme de manière intégrée et simple. Toutes les données d'entrée d'un problème d'ordonnancement peuvent ainsi être fournies en B2MML, et tous les résultats restitués dans ce format. Les informations les plus courantes sont d'emblée prises en compte, avec la possibilité de les compléter par des extensions.

L'environnement défini par l'ISA 95 →1 inclut les informations relatives aux ressources (équipements, matières, personnel), à la gestion des recettes et aux objectifs de production. L'état de la production en cours est transmis en utilisant les structures de données de réponse des opérations. Ces données sont communiquées à l'algorithme d'ordonnancement, exclusivement en langage XML ; celui-ci offre la souplesse nécessaire pour intégrer les fonctions d'ordonnancement et autoriser l'emploi de plusieurs types d'algorithmes, les données d'entrée étant exprimées dans un format neutre, exploitable par n'importe quelle stratégie de résolution du problème.

Un exemple du processus est illustré en →2 : les données d'entrée sont d'abord récupérées des systèmes informatiques de l'entreprise (ERP, CPM, etc.), en flux poussés « push » ou tirés « pull ». Une fois l'algorithme exécuté, les résultats sont transmis à un système de diffusion en prise directe avec le process. Dans l'idéal, l'intégralité du jeu de données ISA 95 est centralisée dans une base régulièrement mise à jour par tous les composants logiciels impliqués.



03

### Algorithmique

L'ordonnanceur héberge une série d'algorithmes heuristiques ; un choix qui s'est naturellement imposé car l'objectif était de trouver très vite une solution générique, pertinente et viable, sans forcément prétendre à l'optimum. L'algorithme prend en compte les principales contraintes liées aux équipements, les horaires de travail et les limitations courantes en matière d'énergie, de matières et de personnel. L'ordonnanceur peut ainsi suivre la consommation d'utilités, ainsi que l'utilisation et la production de matériaux →3.

—

L'algorithme prend en compte les principales contraintes des équipements de production, les horaires de travail et les limitations en termes de ressources (énergie, matières, personnel).

Le prototype ABB inclut une nouvelle fonction de glisser-déposer manuel ; la vitesse d'exécution de l'algorithme permet ainsi de conjuguer calcul automatique et action opérateur.

La solution fonctionne selon plusieurs modes, allant de l'exploitation manuelle de visu au solveur complexe. Dans le premier cas, la logique de décision relève entièrement de l'opérateur, sans action corrective. Les ordres sont déplacés par glisser-déposer et les recettes de production soumises à un contrôle d'intégrité qui refuse le transfert en cas de non-respect des règles. À l'inverse, les actions manuelles peuvent s'appuyer sur des algorithmes qui recalculent en conséquence tout au partie de l'ordonnancement. Le mode manuel permet ainsi d'exécuter des tâches à base de règles intuitives, trop complexes à reproduire dans un algorithme générique.

Enfin, le prototype peut s'enrichir d'algorithmes réalisés dans n'importe quel langage .NET.



—  
03 Écran de l'ordonnancement : diagramme de Gantt et courbes de tendance relatives à la consommation d'électricité et de matières

—  
04 Exemple de fichier B2MML : en noir, les données spécifiques au contexte, en rouge, les balises standardisées ISA 95

#### Bibliographie

[1] Grossmann, I. E., « Challenges in the application of mathematical programming in the enterprise-wide optimization of process industries », Theoretical Foundations of Chemical Engineering, vol. 48, n° 5, p. 555-573, 2014.

[2] Norme ISA 95 relative à l'intégration des systèmes d'entreprise et de contrôle-commande : <http://www.isa-95.com/>

[3] Harjunkoski, I., et al., « Scope for industrial applications of production scheduling models and solution methods », Computers and Chemical Engineering, 62, p. 161-193, 2014.

[4] Harjunkoski, I., Bauer, R., « Sharing data for production scheduling using the ISA-95 standard », Frontiers in Energy Research, <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fenrg.2014.00044/full>, 21 octobre 2014.

## Configuration

Configurer la solution revient essentiellement à créer les fichiers B2MML →4. Avec son modèle de données universel, le standard ISA 95 facilite les échanges entre systèmes multifournisseurs : il est en effet beaucoup plus simple de centraliser des données génériques dans une base conforme à ce référentiel que de recueillir les données issues

## Le périmètre de l'ISA 95 couvre les équipements, les matières, le personnel, ainsi que les recettes et objectifs de production.

d'autant de modèles propriétaires. Sans compter que l'ISA 95 fait autorité en matière d'intégration gestion ERP-production et que de plus en plus de professionnels sont formés à B2MML.

Dans l'idéal, les données B2MML doivent permettre de modéliser le problème d'ordonnancement de façon intuitive, par exemple sous forme de composants graphiques personnalisés et de libellés utilisant un vocabulaire familier à l'opérateur.

## Un outil d'avenir

Le prototype, testé avec succès dans plusieurs situations type de différents secteurs industriels, ainsi qu'en conditions réelles dans l'industrie minière, montre un fort potentiel. Il se présente sous forme de briques de base personnalisées par secteur en complément des solutions et procédures usuelles. Son approche heuristique garantit évolutivité et flexibilité, et sa vitesse d'exécution, l'interactivité de la solution. Il permet de modéliser simplement une large palette de problématiques tout en pouvant facilement s'étendre pour répondre aux nouveaux besoins.

Les évolutions technologiques bousculent l'architecture pyramidale de l'automatisation industrielle, décloisonnant la prise de décisions et facilitant la gestion de systèmes complexes. L'intégration de l'ordonnancement est un indéniable levier de progrès, à condition d'aligner technologies et processus métier pour obtenir des résultats significatifs et exploitables. Une solution d'ordonnancement trouve naturellement sa place au sein d'un système de gestion de la production, au carrefour des processus décisionnels à court terme et des données process utiles. ●

```
- <OperationsSchedule xmlns="http://www.wbf.org/xml/B2MML-V05">
  <ID>Factory A schedule requests</ID>
  <Description>This example shows the schedule *after* optimization</Description>
  <StartTime>2012-08-30T08:00:00</StartTime>
  <EndTime>2012-08-30T17:30:00</EndTime>
  <ScheduleState>Forecast</ScheduleState>
  <PublishedDate>2012-08-30T07:40:00</PublishedDate>
  - <OperationsRequest>
    <ID>Order1</ID>
    <StartTime>2012-08-30T08:00:00</StartTime>
    <EndTime>2012-08-31T08:00:00</EndTime>
    <Priority>1</Priority>
    <OperationsDefinitionID>Chemical1</OperationsDefinitionID>
    - <SegmentRequirement>
      <ProcessSegmentID>Mix</ProcessSegmentID>
      <EarliestStartTime>2012-08-30T08:00:00</EarliestStartTime>
      <LatestEndTime>2012-08-30T08:30:00</LatestEndTime>
      <Duration>PT0H30M</Duration>
      - <PersonnelRequirement>
        <PersonnelClassID>Mixeroperator</PersonnelClassID>
        <PersonID>Mixeroperator-2</PersonID>
      </PersonnelRequirement>
      - <EquipmentRequirement>
        <EquipmentClassID>Mixer</EquipmentClassID>
        <EquipmentID>Mixer1</EquipmentID>
      </EquipmentRequirement>
      - <MaterialRequirement>
        <MaterialClassID>Electricity</MaterialClassID>
        <MaterialUse>Consumable</MaterialUse>
      - <Quantity>
        <QuantityString>30.0</QuantityString>
        <DataType>double</DataType>
        <UnitOfMeasure>kW</UnitOfMeasure>
      </Quantity>
      </MaterialRequirement>
    </SegmentRequirement>
  </OperationsRequest>
  - <OperationsRequest>
    <ID>Order2</ID>
    <StartTime>2012-08-30T08:00:00</StartTime>
```

## LE MOT DU MOMENT

# Blockchain

ABB Review inaugure une nouvelle rubrique visant à expliquer de manière simple et concise des principes technologiques complexes. Le premier de ces articles est consacré à la blockchain, ou « chaîne de blocs ».



Une nouvelle transaction est soumise à la blockchain.



**Thomas Locher**  
**Yvonne-Anne Pignolet**  
ABB Corporate Research  
Baden-Dättwil (Suisse)

thomas.locher@  
ch.abb.com  
yvonne-anne.pignolet@  
ch.abb.com

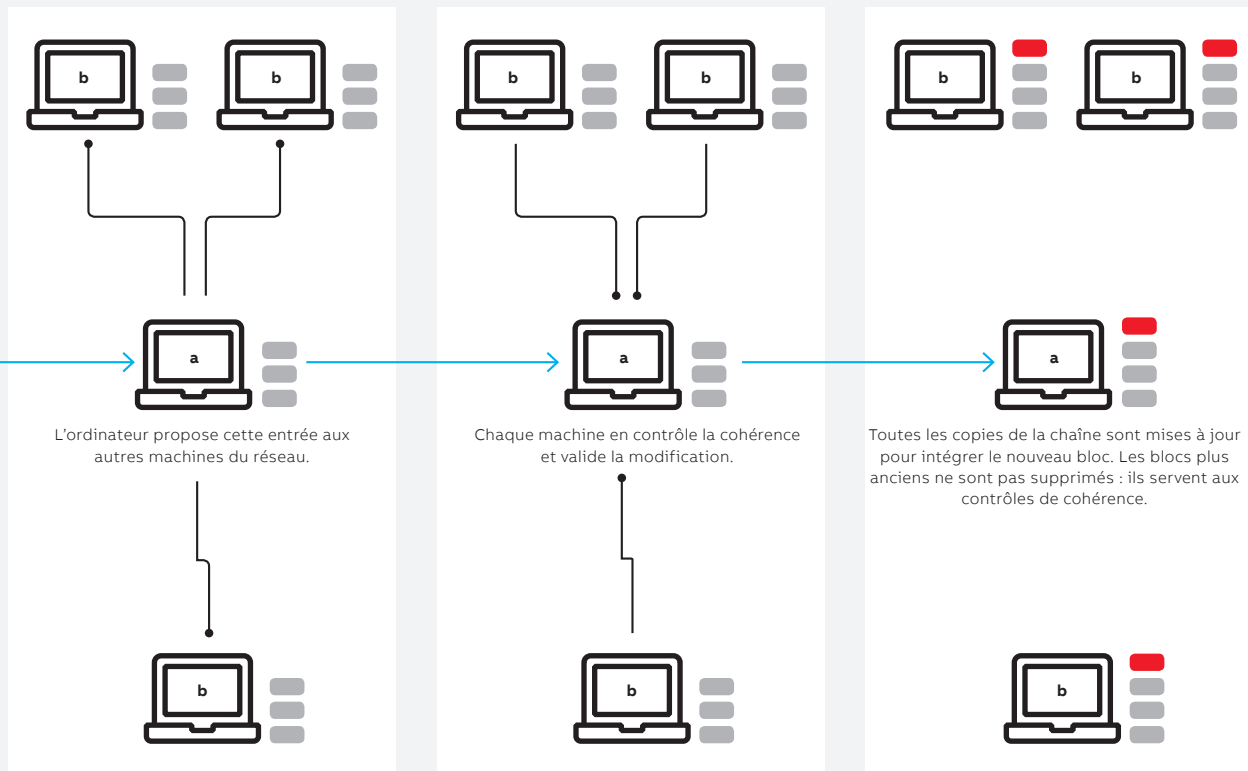
Une chaîne de blocs est une base de données distribuée, c'est-à-dire dupliquée sur de nombreux ordinateurs pour maximiser la tolérance aux fautes. Elle se compose d'une liste de transactions en croissance perpétuelle. Ces transactions sont regroupées en « blocs » horodatés contenant un lien vers le bloc précédent. C'est cette succession de blocs qui forme la chaîne. Un système de validation de pair à pair permet de vérifier que les bases de données dupliquées d'un ordinateur à l'autre sont identiques. Un bloc n'est ajouté à la chaîne qu'après validation. L'exigence d'un consensus entre les blocs sur l'historique des transactions rend impossible toute incohérence entre ordinateurs, et donc toute modification du registre des transactions →1. À l'origine, la blockchain a été conçue pour garantir les transactions en monnaie numérique bitcoin en s'affranchissant d'un tiers de confiance ou d'un organe central de contrôle. Depuis, les chaînes de blocs se sont diversifiées et ont conquis d'autres domaines. D'une manière générale, une chaîne de blocs forme un registre décentralisé offrant un moyen de stockage efficace, vérifiable et permanent pour n'importe quelle transaction impliquant une ou plusieurs parties. Par exemple, la finance étudie la possibilité de s'appuyer sur la blockchain pour simplifier les transactions et la communication entre banques. Les industriels s'intéressent à l'évolutivité, à l'immutabilité et à la tolérance aux fautes offertes par cette technologie, ainsi qu'à la possibilité de certifier la provenance et le propriétaire de biens physiques ou immatériels, ou encore de suivre ces derniers à la trace. ●

## L'ESSENTIEL

- En l'absence de registre centralisé, les comptes sont bien plus difficiles à falsifier qu'avec un système classique.
- Le système repose sur le consensus et non sur l'autorité.
- La monnaie bitcoin en est la plus célèbre réalisation, mais la technologie blockchain est applicable à n'importe quelle forme d'information numérique.



## 01 Principe d'une chaîne de blocs



01

## Publication ABB

## Rédaction

**Bazmi Husain**  
Chief Technology Officer  
Group R&D and Technology

**Adrienne Williams**  
Senior Sustainability  
Advisor

**Christoph Sieder**  
Head of Corporate  
Communications

**Reiner Schoenrock**  
Technology and Innovation  
Communications

**Roland Weiss**  
Group Research Portfolio  
Manager  
Group R&D and Technology

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

## Édition

ABB Review est publiée  
par ABB Group R&D and  
Technology.

ABB Switzerland Ltd.  
ABB Review  
Segelhofstrasse 1K  
CH-5405 Baden-Dättwil  
Suisse  
abb.review@ch.abb.com

ABB Review paraît quatre  
fois par an en anglais,  
français, allemand et  
espagnol. La revue est  
diffusée gratuitement  
à tous ceux et celles  
qui s'intéressent à la  
stratégie d'ABB.

Pour vous abonner,  
contactez votre  
correspondant ABB  
ou souscrivez en  
ligne sur [www.abb.com/  
abbreview](http://www.abb.com/abbreview).

L'impression ou la  
reproduction partielle  
d'articles est autorisée  
sous réserve d'en indiquer  
l'origine. La reproduction  
d'articles complets  
requiert l'autorisation  
écrite de l'éditeur.

Édition et droits d'auteur  
©2017  
ABB Switzerland Ltd.  
Baden (Suisse)

## Impression

Vorarlberger  
Verlagsanstalt GmbH  
AT-6850 Dornbirn  
(Autriche)

**Maquette**  
DAVILLA AG  
Zurich (Suisse)

**Traduction française**  
Cléa Blanchard  
clea.blanchard@  
gmail.com

## Avertissement

Les avis exprimés dans  
la présente publication  
n'engagent que leurs  
auteurs et sont donnés  
uniquement pour infor-  
mation. Le lecteur ne  
devra en aucun cas agir  
sur la base de ces écrits  
sans consulter un profes-  
sionnel. 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 respon-  
sabilité sur leur utilisation.

Les entreprises du Groupe  
ABB n'apportent aucune  
caution ou garantie, ni ne  
prennent aucun engage-  
ment, formel ou implicite,  
concernant le contenu ou  
l'exactitude des opinions  
exprimées dans la  
présente publication.

ISSN: 1013-3119

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



**À vos tablettes**  
Retrouvez l'appli  
ABB Review  
sur notre site  
[www.abb.com/  
abbreviewapp](http://www.abb.com/abbreviewapp).

## Gardez le contact

Pour ne pas manquer un numéro, abonnez-vous  
à la liste de diffusion sur [www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview).

Dès votre demande enregistrée, vous recevrez un  
e-mail vous invitant à confirmer votre abonnement.



---

Dans le numéro 04/2017  
**En mouvement**

**Les secteurs de l'électricité (production et distribution) et du numérique (communication et contrôle-commande) sont le théâtre de mutations radicales qui n'épargnent aucune activité. Les entreprises doivent dès aujourd'hui s'attaquer à transformer leurs pratiques. Rendez-vous dans notre prochain numéro pour voir comment ABB peut leur mettre le pied à l'étrier et les aider à réussir cette transition.**

## ENQUÊTE DE SATISFACTION 2017

# La parole à nos lecteurs



Lorsqu'il s'agit de définir la future ligne éditoriale d'ABB Review, l'opinion et la satisfaction de nos lecteurs sont notre première préoccupation; c'est pourquoi nous vous invitons à répondre à ce bref questionnaire. Cinq participants seront tirés au sort et remporteront une station d'accueil Bluetooth. Nous accordons la plus haute importance à l'opinion de nos lecteurs et nous vous remercions par avance du temps que vous consacrerez à notre enquête. Vous pouvez également y répondre en ligne à l'adresse [www.abb.com/abbrevreview](http://www.abb.com/abbrevreview).

—  
Date limite  
de participation:  
13 novembre 2017

**Q1 Quels liens avez-vous avec ABB ?  
(une seule réponse possible)**

- Client
- Fournisseur
- Collaborateur
- Journaliste
- Investisseur
- Concurrent
- Enseignant/chercheur
- Autre

**Q2 Quel est votre sujet de prédilection ?  
(une seule réponse possible)**

- Production électrique
- Transport et distribution d'électricité
- Autres services à la collectivité
- Pétrole et gaz
- Autres énergies
- Exploitation minière
- Industrie papetière
- Industrie agroalimentaire
- Industrie chimique
- Industrie automobile
- Autres procédés continus
- Autres procédés manufacturiers
- Automatisation du bâtiment
- Automatisation d'autres secteurs
- Transport maritime
- Autres modes de transport
- Centres de données
- Autre

**Q3 Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?  
(une seule réponse possible)**

- 15–24 ans
- 25–34 ans
- 35–44 ans
- 45–54 ans
- 55–64 ans
- + de 65 ans
- Ne souhaite pas répondre.

**Q4 Lisez-vous ABB Review :  
(plusieurs réponses possibles)**

- Pour mieux comprendre les technologies ABB
- Pour mieux comprendre la technologie en général
- Pour mieux cerner les offres ABB
- À des fins commerciales et marketing
- À des fins de formation et/ou d'enseignement
- En vue d'un recrutement
- À des fins de recherche
- Pour d'autres raisons

**Q5 Comment obtenez-vous votre exemplaire  
d'ABB Review ? (une seule réponse possible)**

- Par abonnement (version papier)
- En contactant ABB
- À la bibliothèque
- Par mon entreprise
- En ligne (version PDF)
- Sur tablette/mobile
- Autre

**Q6 Par quel canal de distribution préférez-vous  
obtenir votre exemplaire de la revue ?  
(une seule réponse possible)**

- Par abonnement (version papier)
- En contactant ABB
- À la bibliothèque
- Par mon entreprise
- En ligne (version PDF)
- Sur tablette/mobile
- Autre

**Q7 ABB Review est actuellement publiée en quatre  
langues. Dans quelle autre langue aimeriez-vous  
qu'elle soit traduite ?  
(une seule réponse possible)**

- Arabe
- Italien
- Chinois (mandarin)
- Portugais
- Russe
- Autre (précisez) \_\_\_\_\_

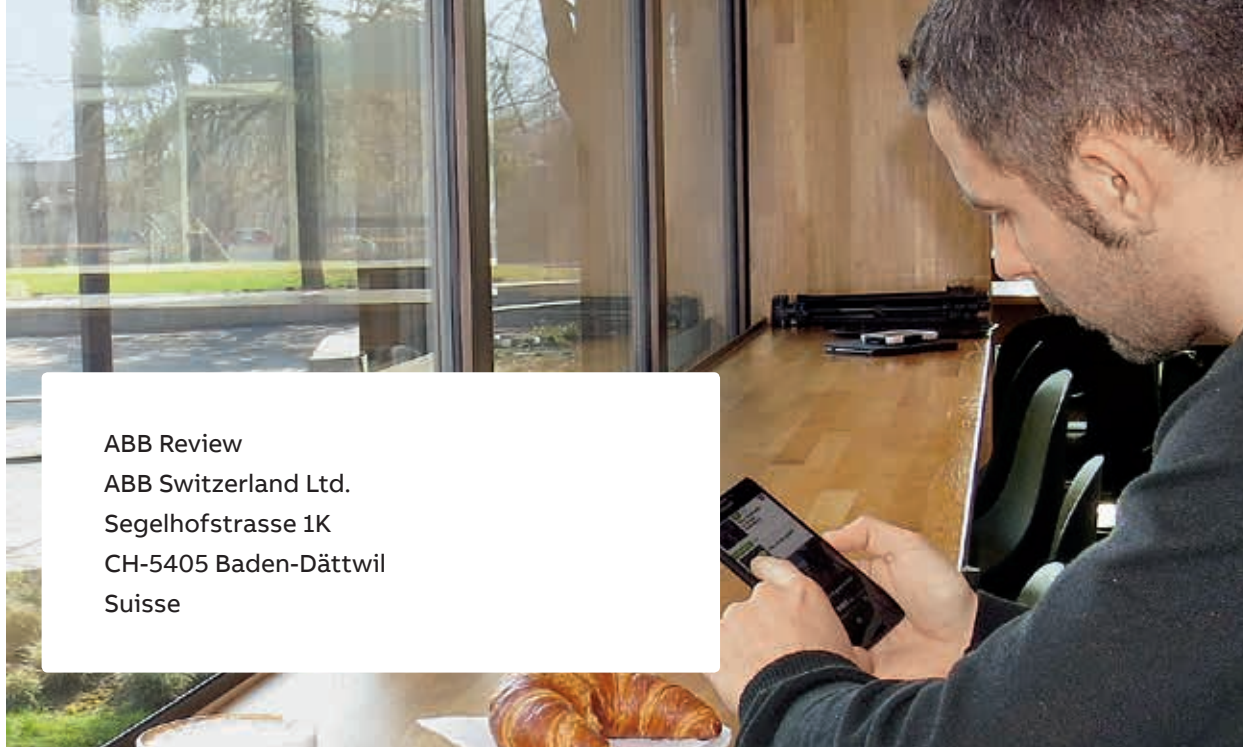


ABB Review  
ABB Switzerland Ltd.  
Segelhofstrasse 1K  
CH-5405 Baden-Dättwil  
Suisse

—  
Veuillez compléter  
et renvoyer le  
formulaire dans  
une enveloppe  
affranchie à  
l'adresse ci-contre,  
avant le  
13 novembre 2017.

Pliez ici

**ABB Review a adopté une nouvelle maquette depuis le début de l'année 2017. Les questions ci-dessous ne concernent que cette nouvelle formule.**

**Q8 Jugez-vous le contenu d'ABB Review :  
(une seule réponse possible)**

- Jamais assez technique
- Parfois pas assez technique
- D'une bonne technicité
- Parfois trop technique
- Toujours trop technique

**Q9 Souhaiteriez-vous qu'ABB Review comporte :  
(une seule réponse possible)**

- Beaucoup plus d'articles
- Plus d'articles
- Autant d'articles qu'à l'heure actuelle
- Moins d'articles
- Beaucoup moins d'articles

**Q10 La nouvelle présentation vous semble :  
(une seule réponse possible)**

- Très claire
- Claire
- Satisfaisante
- Confuse
- Très confuse

**Tous vos commentaires et suggestions pour  
améliorer ABB Review sont les bienvenus.**

---

---

---

---

---

---

---

Pour participer au tirage au sort, veuillez nous indiquer votre nom et votre adresse e-mail.  
Les informations personnelles recueillies ne seront pas utilisées à d'autres fins que l'amélioration  
d'ABB Review et le tirage au sort. Elles ne feront l'objet d'aucune communication ni transmission  
à un tiers. Vous retrouverez les résultats de l'enquête dans un prochain numéro.  
Merci de votre participation.

Prénom

---

Nom

---

Pays

---

E-mail

---