

ABB

2 | 16
fr

review

Services à la carte 6

Nourrir la productivité 9

Sécurité sanitaire 20

Préserver le goût 37

La revue
technologique
du Groupe ABB

Industrie agroalimentaire



125

YEARS SERVING
THE WORLD FROM
SWITZERLAND
www.abb.com

Power and productivity
for a better world™





Si la nourriture est à la fois le principal carburant de notre organisme et source de bien-être, rares sont ceux à s'interroger sur le contenu de leur assiette : d'où viennent nos aliments et boissons ? Par quelles machines et technologies complexes sont-ils produits ? Ce numéro d'*ABB review* pousse la porte de la fabrication alimentaire et met au menu les contributions d'ABB.

Pour ouvrir l'appétit, une chaîne d'embouteillage d'huile d'olive (*en couverture*) et un défilé de tartelettes sur un convoyeur hélicoïdal mené par un variateur ABB (usine Pooles of Wigan, Royaume-Uni)...

Agro- alimentaire

- 6 À votre santé!**
ABB met les bouchées doubles
- 9 Données massives en rayon**
La révolution de l'Internet des objets dans l'agroalimentaire
- 14 Quand le MES s'en mêle**
Un outil de suivi et de pilotage ABB pour « vitaminer » la production de la société DSM Nutritional Products
- 17 Formule gagnante**
L'usine 4.0 et l'Internet des objets, des services et des personnes permettent à la suite logicielle *Automation Builder* d'ABB de virtualiser rapidement la production manufacturière
- 20 Sûrs et durables**
Les rouages du lavage haute pression
- 24 Palettisation rapide**
Le robot IRB 460 cartonne
- 28 Cocktail d'innovations**
Des solutions ABB pour tous les goûts
- 30 De l'élevage à l'assiette**
Services de maintenance et d'exploitation ABB chez Marine Harvest
- 34 La recette du succès**
Jumeler débitmétrie massique et densimétrie
- 37 Du pareil au même**
Garantir un produit de qualité constante avec l'instrumentation ABB
- 40 La crème de l'instrumentation**
Des mesures précises et fiables pour l'industrie laitière
- 45 Le poids de l'alimentation**
Des applications à plein régime avec l'ASI durcie *PowerLine DPA* d'ABB
- 50 À l'unisson**
Les variateurs ABB font l'harmonie dans l'industrie alimentaire

Temps forts

- 52 125 ans d'ABB**
L'innovation suisse par excellence
- 55 Semi-conducteurs**
L'électronique de puissance ABB, d'hier à aujourd'hui

Données au pouvoir

- 61 Le chantier de l'intégration**
Technologies de l'information et de la production conjuguent leurs données avec les services *Decathlon* d'ABB
- 68 AirPlus™**
Une alternative au SF₆ pour l'isolement et la coupure dans les appareillages électriques

Réseau apprivoisé

- 73 Amortir les résonances**
Des méthodes de régulation ABB stabilisent le fonctionnement des convertisseurs réseau basse tension

ABB, votre serviteur



Bazmi Husain

Chers lecteurs,

L'agroalimentaire n'est pas seulement une vaste et florissante filière industrielle qui poursuit sa trajectoire de croissance quand d'autres sont à la peine. Plusieurs fois par jour, elle « alimente » des consommateurs avisés et attentifs au respect des normes très strictes en matière de sécurité sanitaire et de traçabilité. De leur côté, les fabricants sont constamment sous pression pour optimiser la productivité sans compromettre la qualité du produit fini. Ce numéro d'*ABB review* présente quelques-unes des technologies qui répondent à ces ambitions.

ABB est déjà présent sur de nombreux fronts technologiques du secteur. Nous équipons ses usines d'un grand nombre de composants manufacturiers essentiels à la préparation, à la manipulation et au stockage des aliments et boissons. Au-delà de leur fiabilité et de leur performance, ces outils sont conçus pour remplir les rigoureux critères d'hygiène et autres impératifs du métier.

Au sommet de l'édifice, nous proposons des systèmes de gestion d'entreprise et de contrôle-commande pour optimiser la production. De quoi favoriser l'émergence de l'Internet des objets, des services et des personnes (IoTSP), et permettre à nos clients d'être véritablement acteurs de la transformation numérique de l'industrie. À cette offre de produits s'ajoute une panoplie de services de soutien et d'accompagnement, notamment dans le domaine de la télésurveillance, qui aident à planifier la maintenance.

Il va de soi que beaucoup de nos gammes de produits trouvent leur place au-delà de la sphère agroalimentaire, reflétant la tendance de l'industrie aux développements multisectoriels.

Notre revue aborde d'autres domaines dans lesquels ABB s'illustre en pionnier et en leader technologique depuis sa création, il y a 125 ans. Pour anticiper cet anniversaire, et en préambule à notre troisième parution de l'année consacrée à l'événement, nous vous livrons un avant-goût de quelques innovations ABB qui feront date.

Également au menu d'*ABB review*, l'intégration des technologies de l'information et de la production, ainsi qu'un nouveau gaz isolant pour les appareillages électriques. Enfin, nous clôturons notre dossier sur la maîtrise des oscillations de puissance avec un article traitant des méthodes pour éviter les résonances dans les convertisseurs basse tension.

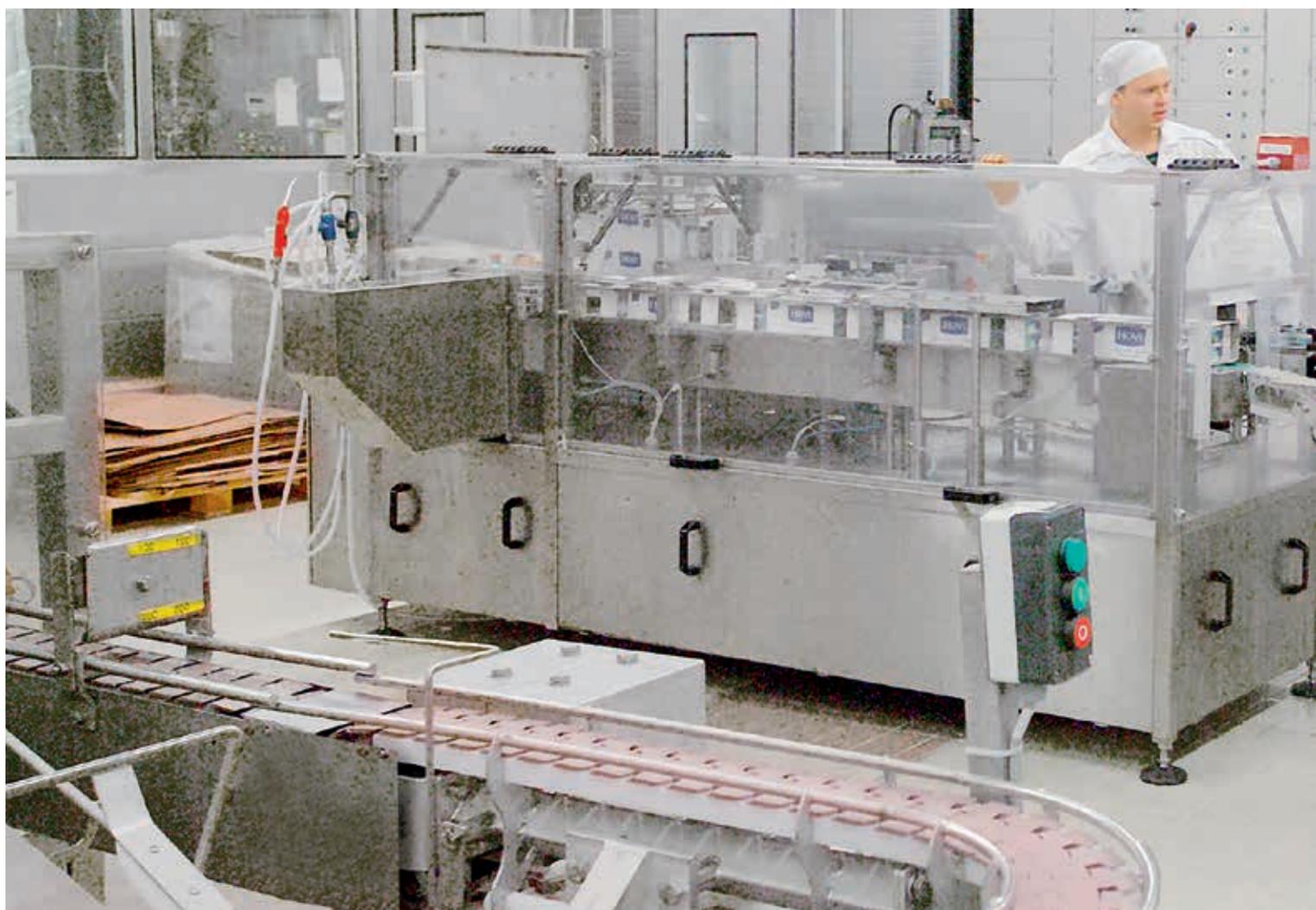
Et pour conclure sur une métaphore culinaire, gageons que ce numéro d'*ABB review* aiguise votre soif de connaissances et votre appétit pour l'innovation technologique.

Bonne dégustation,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bazmi Husain', with a stylized flourish at the end.

Bazmi Husain
Directeur des technologies
du Groupe ABB





À votre santé !

ABB met les bouchées doubles dans l'industrie agroalimentaire

TATJANA MILENOVIC – ABB est présent dans l'agroalimentaire depuis de nombreuses années. Cet important travail de collaboration et de développement avec les professionnels du secteur a débouché sur des produits et services qui améliorent la sécurité et l'efficacité des procédés. Aujourd'hui, ABB mise sur sa stratégie de croissance baptisée «Next Level» pour resserrer ses liens avec la filière et l'accompagner au quotidien sur la voie de la durabilité, de la performance opérationnelle et économique, de la transformation numérique et de la maintenance prédictive et conditionnelle, centrée sur la fiabilité.



L'offre ABB accompagne les entreprises agroalimentaires dans leur démarche d'optimisation des ressources et des actifs de production, de réduction des déchets et d'amélioration de la qualité du produit fini.

Fin 2014, ABB a présenté sa stratégie « Next Level » et ses objectifs financiers pour la période 2015–2020, avec l'ambition d'accélérer la création de valeur durable. Il s'agit pour le Groupe de basculer son centre de gravité vers les marchés de consommation en forte croissance, de doper sa compétitivité et de diminuer les risques de son modèle économique. L'industrie agroalimentaire est au centre de cette nouvelle cible.

Développement durable et responsabilité sociétale

L'usage optimisé de ressources de plus en plus limitées comme l'énergie et l'eau, de même que la réduction des déchets et la mise à profit des énergies renouvelables sont étroitement liés à la performance de la filière agroalimentaire. En s'appuyant sur une vaste panoplie de technologies éprouvées et de solutions

Photo

ABB, déjà très impliqué dans l'agroalimentaire, entend renforcer sa contribution dans le droit fil de sa stratégie « Next Level ».

innovantes, que ce soit dans le domaine de l'énergie, des renouvelables et des microréseaux électriques, ou encore de l'automatisation et de l'Internet des objets, des services et des personnes (loTSP), les clients d'ABB bénéficient d'une approche globale de la production durable.

Polycompétence ABB

L'offre Agroalimentaire d'ABB se décline en une palette de produits et solutions, de la commande des machines à la régulation des procédés et la sécurité du personnel de production → 1. ABB travaille en étroite synergie avec ses clients pour leur éviter les ruptures de stock, sécuriser leur alimentation électrique et garantir la continuité de service de leurs opérations stratégiques. ABB les aide également à mettre en place des outils de suivi et de traçabilité produit et process tout au long de la fabrication,

à améliorer leur productivité et à réduire leurs coûts d'exploitation.

La sécurité, priorité multiforme

Les produits ABB concourent de bien des façons à la sécurité des denrées alimentaires, qu'ils comportent des soudures et des revêtements spéciaux facilitant l'écoulement de l'eau et évitant la pénétration d'aliments dans les microfissures, ou qu'ils soient facilement repérables par des systèmes de vision ou des

Sécurité sanitaire et utilisation efficace des actifs sont primordiales.

détecteurs de métaux. Un serre-câble, par exemple, qui lâche et tombe sur un convoyeur sera automatiquement retrouvé et les aliments au contact de l'intrus aussitôt mis au rebut. C'est non seulement la démarche la moins coûteuse, mais aussi le meilleur moyen d'éviter que

ABB conjugue approche globale et innovation technologique pour bâtir un avenir alimentaire durable.

le débris métallique finisse dans l'assiette du client, avec des conséquences désastreuses sur la réputation du fabricant !

Avec modération

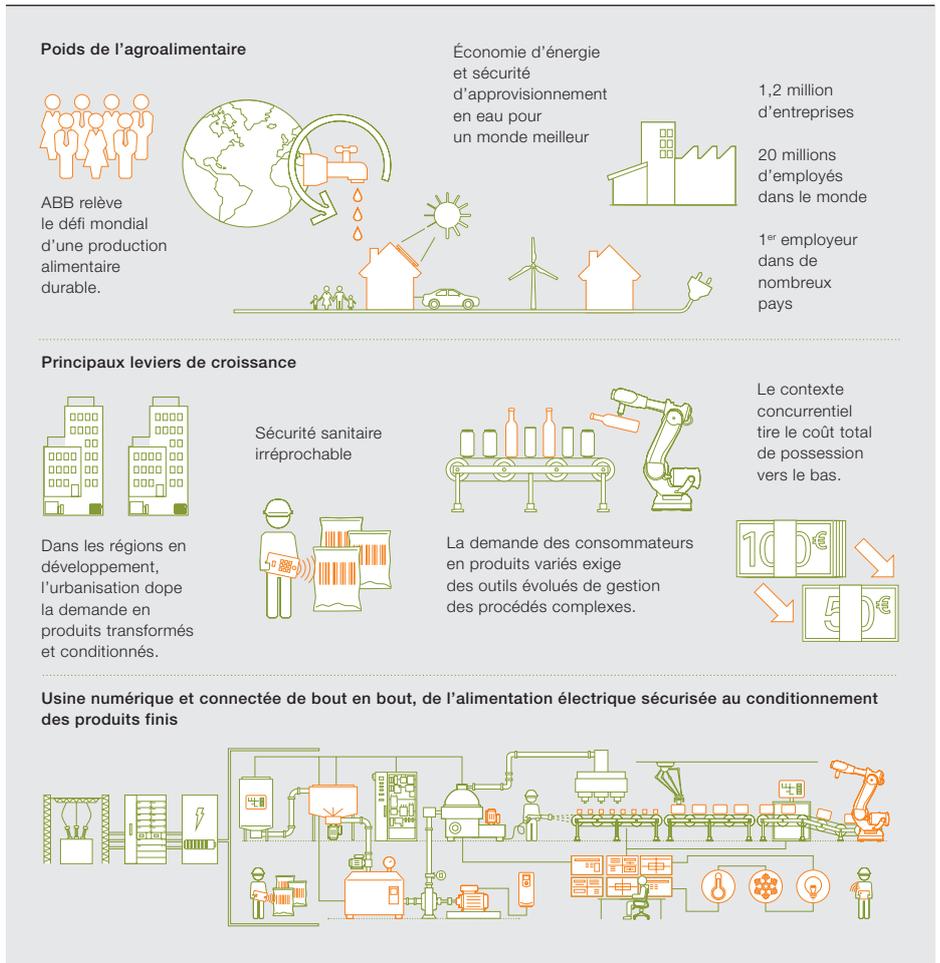
L'offre ABB permet aux entreprises alimentaires d'affiner leur consommation de matières premières, de réduire les déchets et d'améliorer la qualité de l'ensemble du process et de la fabrication. Du variateur de fréquence qui pilote à l'économie une ensacheuse au compteur qui mesure avec précision la quantité de lait cru livré à la laiterie, en passant par le robot empileur et palettiseur qui manie avec dextérité les produits en bout de chaîne, ou encore l'écran de contrôle d'un mélangeur qui compare dosage et recette pour s'assurer que les bonnes quantités de bons ingrédients ont été ajoutées au bon moment... autant d'applications où les solutions ABB sont à la hauteur des exigences de l'industrie alimentaire.

Productivité et création de valeur

Les automatismes ABB s'acquittent parfaitement des tâches répétitives comme le tri, la saisie et le conditionnement. La robotique libère l'opérateur des contraintes du travail à la chaîne : passer des heures et des jours les yeux rivés sur un convoyeur à trier des pièces est source d'erreurs et de non-qualité du produit fini, mais aussi de risques. En revanche, un robot peut trier toute la journée sans se plaindre, travailler à côté d'un four ou en chambre froide sans gants ni pauses, et même dans l'obscurité, d'où des économies d'énergie supplémentaires. Les robots de prise et dépose de produits crus, par exemple, renforcent l'hygiène du procédé et l'innocuité des aliments.

ABB facilite également la maintenance du site avec des services adaptés aux besoins spécifiques des équipes d'intervention, de l'approvisionnement des pièces détachées

1 L'importance de la filière agroalimentaire dans la stratégie de croissance ABB



en bord de chaîne à des solutions pointues de télésurveillance conditionnelle et de maintenance préventive et prédictive.

L'expérience d'un réseau mondial

Les solutions ABB améliorent la sécurité sanitaire, le rendement des actifs et la qualité des produits. ABB conjugue des années d'expérience et une connaissance sectorielle approfondie au service des producteurs, constructeurs de machines et intégrateurs de lignes de production.

À cette expertise de terrain s'ajoute un réseau de services de portée mondiale sur lequel peuvent s'appuyer ses clients pour maintenir leur usine pleinement opérationnelle et, surtout, éviter les arrêts intempestifs.

Dans le monde entier, la croissance démographique et l'urbanisation galopante font exploser la demande en denrées et boissons de plus en plus diversifiées, compliquant d'autant la production. Contrôle-commande, interopérabilité, simulation et modélisation virtuelle pour tester les paramétrages et les performances avant même d'investir... ABB a

de nombreux outils et solutions pour lever cette complexité.

Autre enjeu : le durcissement de la réglementation mondiale en matière d'hygiène et de sécurité oblige les procédés et lignes de production, mais aussi les systèmes de traçabilité des ingrédients entrant dans la composition des produits, à s'adapter et à anticiper l'avenir. Là encore, les produits et solutions ABB sont à l'œuvre pour aider les professionnels de la filière à relever les enjeux d'un métier en perpétuelle évolution. Car au final tous ont intérêt à ce que la seule surprise que le client trouve dans son paquet de céréales soit bel et bien le cadeau annoncé sur l'emballage !

Dans cette perspective, ABB continue de servir l'industrie et d'œuvrer aux côtés des producteurs à un avenir alimentaire durable avec « des solutions d'énergie et de productivité pour un monde meilleur ».

Tatjana Milenovic

ABB Food and Beverage
Zurich (Suisse)
tatjana.milenovic@ch.abb.com



Données massives en rayon

La révolution de l'Internet des objets dans l'industrie agroalimentaire

DOMINIQUE STUCKI – Que fabriquent les usines agroalimentaires ? À l'évidence, des aliments et des boissons... mais pas seulement ; elles produisent aussi, massivement, des données. À l'ère du numérique, l'usine regorge de dispositifs électroniques capables de collecter quantité de données

dont l'analyse renseigne l'industriel sur chaque aspect du procédé comme sur le fonctionnement et les performances des machines. Hélas, ces gisements d'informations restent souvent consignés dans des « îlots », au niveau terrain. Mais les temps changent...

1 Une usine agroalimentaire moderne met en scène un ballet complexe de différents processus interconnectés.



La production alimentaire est confrontée à pléthore de défis. Il lui faut être toujours plus rentable, grâce à une meilleure utilisation des actifs, à une gestion optimisée des stocks et à la résolution des goulets d'étranglement, mais aussi faire face au renforcement de la réglementation en matière de traçabilité des produits et des ingrédients. Une école de rigueur fondée sur la transparence et l'accès en temps utile à des informations opportunes et directement exploitables.

Dans la filière agroalimentaire, le degré d'automatisation varie d'un site à l'autre, et même d'un atelier de fabrication à l'autre. Des systèmes hétérogènes, de

conception, d'époque et de fabrication différentes, cohabitent et « dialoguent » par le biais d'une multitude de protocoles de communication. L'information est rarement partagée de manière automatique ; collecter, répertorier et analyser ces données restent des opérations manuelles et chronophages, souvent génératrices de retards et d'erreurs difficilement repérées, qui nuisent à la qualité.

Partager pour anticiper

Dans l'usine numérisée et connectée du XXI^e siècle, il n'est pratiquement pas de capteur, d'actionneur, d'automatisme de commande qui ne produisent, ne consomment ou ne traitent en continu des données informatisées, et ce bien plus que leurs prédécesseurs. Reste un talon d'Achille : le manque de partage et d'analyse de cette masse d'informations. Ce qu'ABB appelle « l'Internet des objets, des personnes et

des services » (IoTSP) est le plus important vecteur de changement dans ce domaine.

À l'image du Net, l'IoTSP permet à des équipements disparates d'échanger des informations à diverses fins. L'une des priorités de l'usine agroalimentaire est de

À l'ère du numérique, pratiquement tous les équipements industriels embarquent des données électroniques.

suivre à la trace les machines et les stocks → 1. Il arrive en effet qu'un mauvais ingrédient soit versé dans un mélangeur, que la quantité ajoutée ne soit pas la bonne, ou alors au mauvais moment, ou encore que des substances incompatibles se retrouvent mélangées, par la faute d'un opérateur. Ces erreurs peuvent être évitées si l'on sait identifier au préa-

Photo p. 9

D'où viennent les produits alimentaires qui garnissent les linéaires de nos supermarchés ? De quoi sont-ils faits ? par quelles machines ? Autant de données cruciales pour garantir la sécurité sanitaire, mais aussi dégager des économies et améliorer la performance de la production. L'Internet des objets, des services et des personnes (IoTSP) s'invite à table.



Les ingrédients incorrects ou périmés peuvent être retirés de la fabrication, la provenance et l'historique d'un produit instantanément tracés.

table le bon ingrédient, par exemple, en scannant son code-barres avec un lecteur à main ou, mieux, en «interrogeant» la puce électronique apposée sur son emballage pour renseigner directement le mélangeur.

Toute tentative d'action incorrecte peut déclencher une alarme ou être totalement refusée, en bloquant par exemple l'ouverture d'une trappe d'accès.

Sont ainsi exclus du process les ingrédients incorrects ou périmés. De plus, l'origine et l'historique de chaque matière ou substance sont instantanément «traçables», facilitant l'identification de lots précis, voire de produits unitaires, en cas d'incidents de parcours portant atteinte à la sécurité sanitaire. Cette traçabilité limite le périmètre de rappel en masse des produits et par conséquent le gaspillage, les dommages financiers et les retombées sur l'image de marque de l'entreprise en cause.

L'état des équipements peut aussi être suivi à la trace. La faculté de connaître la date précise à laquelle une machine, telle le mélangeur de notre exemple précédent, a été nettoyée et de retrouver les ingrédients qu'elle a traités depuis, permet d'éviter les temps morts et les lavages inutiles (d'où des économies d'eau), mais aussi de prévenir tout risque de contamination. Ce suivi peut viser des ingrédients particuliers, allergènes ou autres.

La traçabilité concerne également les personnes. Si une machine connaît l'identité de l'opérateur qualifié pour la piloter, elle peut écarter le personnel non habilité. Il est également possible de savoir qui est intervenu sur telle machine, à tel point critique du process, et de mémoriser l'information. Si l'on découvre par la suite qu'un employé a travaillé alors qu'il était malade, la possibilité d'identifier les zones et étapes de la production potentiellement contaminées aide à circonscrire l'incident et à cibler les rappels.

En plus de préserver la qualité des aliments, l'IoTSP renforce la sécurité du personnel. Une tenue de travail douée d'«intelligence» peut renseigner l'IoTSP sur l'adéquation de l'équipement de protection individuelle avec les missions de l'opérateur, notamment celles exigeant le port de casque ou de masque. La démarche vaut également pour s'assurer que vêtements et outils ont été convenablement nettoyés et n'ont pas croisé de matériel contaminé ou d'ingrédient incompatible.

Tout savoir au détail près

Le partage des informations en temps réel par tous les dispositifs électroniques de l'usine procure une vision étendue du process et améliore l'ordonnement de la production. Quelques clics de souris suffisent pour connaître le taux de rendement synthétique des équipements ou la quantité et la localisation exactes



Les opérateurs peuvent être écartés d'un équipement qu'ils ne sont pas habilités à piloter.

d'un ingrédient ou d'un produit, et pour traquer le plus infime retard → 2.

Ces mesures ne se contentent pas de renforcer la prédictibilité et le suivi comptable et responsable du cheminement complexe des ingrédients dans l'usine; elles font aussi fondre les coûts. La réduction des stocks est un axe primordial de la gestion de la chaîne logistique. Le juste-à-temps a fait l'objet de nombreux ouvrages prônant la minimisation, voire l'élimination des stocks intermédiaires. Souvent conservés « au cas où » pour compenser l'imprévisibilité ou les aléas de fonctionnement des opérations amont et aval, ces stocks sont en fait symptomatiques d'un partage insuffisant des données et d'un manque de synchronisation entre étapes de fabrication. Ils immobilisent inutilement du capital, non seulement au regard de la valeur du stock lui-même mais aussi de la surface occupée et de la logistique requise. Cela se confirme en agroalimentaire où les chambres froides et installations frigorifiques représentent souvent le premier poste de dépenses d'un site.

Les implications de l'loTSP dépassent amplement le périmètre de l'usine. Le partage des données de production d'un

fournisseur d'ingrédients permet de prédire les délais d'approvisionnement et de reprogrammer la fabrication en conséquence. De même, le suivi à la trace des camions de livraison aide à anticiper les retards. À l'autre bout de la chaîne, si les plates-formes de distribution et les grandes surfaces acceptent de communiquer leurs données de stocks en temps réel, l'usine peut devancer les commandes de réapprovisionnement, évitant ainsi de produire pour remplir l'entrepôt.

Certaines données extérieures à l'organisation peuvent aussi être mises à profit: la prise en compte des prévisions météo, par exemple, permet d'augurer une augmentation soudaine de la demande en crèmes glacées.

L'loTSP simplifie également la collecte, la présentation et l'analyse des statistiques. Il est ainsi possible d'observer des tendances au long cours mais aussi de repérer des valeurs aberrantes ou des dérives persistantes pour mener l'enquête. Toutes ces données étant informatisées, il est facile d'en connaître le détail en zoomant sur des indicateurs plus fins et des données à la volée, et d'en identifier les causes avant de perdre un trop gros volume de stocks → 3.

4 Le fabricant suisse de boissons chocolatées Wander utilise les systèmes de pilotage et de suivi de fabrication ABB, comme ici sur sa chaîne de production Caotina®. (Photo Wander)



Source de la photo: Wander

Il est possible d'observer des tendances au long cours mais aussi de repérer des valeurs aberrantes ou des dérives persistantes.

Prévenir plutôt que guérir

Les machines sont aussi concernées. Leur état de fonctionnement n'est souvent pas suffisamment compris, leur dégradation et leurs défaillances non prédites. Il en résulte une maintenance plus réactive que proactive et des arrêts inopinés qui engendrent de coûteuses pertes de production.

Ces lacunes peuvent être en grande partie évitées simplement en exploitant mieux les données déjà collectées. Grâce à sa longue expérience du domaine, ABB peut reconnaître de manière proactive les symptômes de différents types de défauts matériels et prédire les défaillances avant apparition. L'analyse des données de couple d'un entraînement, par exemple, préfigure la casse imminente d'un roulement ou le frottement excessif d'une courroie.

Outre l'exploitation de ces «gisements cachés», des données spécifiques supplémentaires peuvent étayer le service et le diagnostic. Un exemple: ABB équipe les moteurs de capteurs de vibrations communicants, qui sont capables de partager leurs données et de les transmettre pour analyse au centre de téléservices ABB, lequel alerte le client afin qu'il intervienne bien avant la survenue d'une défaillance.

La télésurveillance des installations robotiques ABB pour fiabiliser les opérations et améliorer le rendement est un autre exemple.

Simuler

Lorsqu'il faut moderniser une usine, par exemple en la dotant de nouveaux équipements ou en lui ajoutant une ligne complète, son propriétaire veut s'assurer que ces évolutions s'harmoniseront avec l'existant mais aussi en connaître exactement les performances et l'espace requis. Il souhaite réaliser des essais le plus en amont possible de la conception pour réduire les risques et vérifier que le retour sur investissement attendu est bien au rendez-vous. Dans l'idéal, ces démarches précèdent toute décision d'investir.

C'est là qu'entre en jeu la puissance de la simulation et de la virtualisation. Configurations et équipements peuvent être testés dans un environnement mêlant réel et virtuel. Les logiciels de simulation ABB s'y emploient. Outre son intérêt pour préparer l'installation, la simulation est un puissant outil de formation des opérateurs.

Gagner en appétit

Grâce à sa longue expérience de l'automatisation des procédés, ABB est un fournisseur privilégié de services IoTSP à l'industrie agroalimentaire pour l'aider à relever les défis des années à venir → 4.

Dominique Stucki

Manufacturing Execution Systems Operations
Baden-Dättwil (Suisse)
dominique.stucki@ch.abb.com



Quand le MES s'en mêle

Un outil de suivi et de pilotage ABB pour « vitaminer » la production

MATILDA STEINER – « *Savoir, c'est pouvoir* », dit-on souvent. Dans l'industrie, la connaissance est LA recette par excellence pour doper la production moyennant une meilleure utilisation des équipements, une traçabilité précise des produits et une transparence des procédés. Hélas, il y a souvent loin de la coupe aux lèvres : quantité de données à jour et pertinentes restent piégées dans des îlots d'automatismes, obligeant la direction à prendre des décisions à l'aune de rapports ou d'estimations caducs. Les systèmes de suivi et de pilotage d'atelier en temps réel, plus connus sous l'acronyme anglo-saxon « MES » (*Manufacturing Execution Systems*) font le lien entre les progiciels de gestion intégrés « ERP » (*Enterprise Resource Planning*) et les superviseurs « SCADA » (*Supervisory Control And Data Acquisition*) pour fournir un instantané des équipements de production et des stocks de l'entreprise.

Entre gestion et supervision

Jusqu'en 2013, l'atelier de prémélange était piloté par un système de contrôle-commande sur mesure exécutant chaque étape du process de façon strictement séquentielle. Pour améliorer l'efficacité et parer aux futurs impératifs du métier, plusieurs variantes de logiciels MES,

«Le système MES nous procure des informations en temps réel sur le déroulement des opérations, ce qui accroît la fiabilité et la transparence de l'intégralité du process», explique M. Nodot. En toutes circonstances, nous savons quel produit est en fabrication, dans quelle quantité et à quelle étape. De quoi affiner la planification des opérations et réduire considérablement les stocks de matières premières.»

Quatre semaines tout au plus doivent s'écouler entre la commande et l'expédition des produits, délivrance des certificats d'analyse incluse.

Pendant la mise en place du MES, les ingénieurs ABB ont travaillé en étroite collaboration avec

positionnés entre les niveaux de la gestion d'entreprise et de la supervision, furent évaluées.

l'équipe des prémélanges pour optimiser l'implantation du nouvel outil.

Parmi les quatre fournisseurs en lice, DSM Nutritional Products opta pour ABB et sa solution de connectivité d'entreprise *cpmPlus Entreprise Connectivity System* (ECS). Celle-ci fournit à l'ERP du client des interfaces conformes ISA 95, standard soutenu par SAP pour l'intégration verticale des procédés automatisés.

La fourniture ABB se compose de 7 postes de contrôle-commande étendu 800xA couplés au système *cpmPlus ECS*, et de 15 autres postes dédiés à ce dernier. Le MES est basé sur des serveurs virtualisés.

«Il est difficile de quantifier le gain de productivité apporté par le MES», estime Gilles Nodot, car nous avons également optimisé les processus de notre côté, mais on peut tabler sur un pourcentage de hausse à deux chiffres.»

Et de conclure : «Cette nouvelle solution nous donne entière satisfaction.»

DSM Nutritional Products est un grand producteur de vitamines et de caroténoïdes (colorants naturels) destinés aux marchés de la nutrition humaine et animale, des cosmétiques et de la pharmacie. Son site de Village-Neuf en Alsace, qui abrite également des laboratoires et installations de recherche, emploie près de 500 personnes, dont environ 70 travaillent au prémélange des vitamines fabriquées sur commande directe des clients, sans stockage sur le site.

La mise en œuvre du MES fut l'occasion pour DSM de réévaluer et d'optimiser ses processus. «Cette nouvelle solution pouvait sembler *«surcalibrée»* au regard de nos besoins actuels», concède Gilles Nodot, responsable de production des prémélanges, mais elle nous prépare au durcissement des exigences en matière de sécurité et de traçabilité du process.»

Plus de flexibilité

Concrètement, qu'est-ce qu'a changé le MES ? Il est désormais possible d'exécuter en parallèle certaines étapes de la production. Il n'est plus nécessaire, par exemple, d'avoir sur place et au même moment l'intégralité des matières premières nécessaires à un lot pour lancer la fabrication. Pesage et portionnement peuvent débuter dès que les premiers composants sont déballés. Cela permet de gérer avec nettement plus de souplesse les ressources sur les postes de pesée et de réduire en conséquence les goulets d'étranglement.

Et de conclure : «Cette nouvelle solution nous donne entière satisfaction.»

Quatre semaines tout au plus doivent s'écouler entre la réception de la commande et la livraison, délivrance des certificats d'analyse incluse. À Village-Neuf, quelque 200 ingrédients de base permettent d'élaborer plus de 1000 recettes. Sept systèmes de mélange différents, d'un volume de 240 à 8000 litres, sont à l'œuvre. Le fonctionnement de l'usine doit être parfaitement planifié, la traçabilité garantie à chaque étape de la production et la logistique réglée comme une horloge.

Photo p. 14

Le système MES d'ABB aide DSM Nutritional Products à tenir des délais de production de plus en plus serrés, comme ici dans l'atelier de conditionnement des produits finis, à Village-Neuf (Haut-Rhin, France).

Matilda Steiner

ABB Process Automation, Control Technologies
Baden-Dättwil (Suisse)
matilda.steiner-arvidsson@ch.abb.com





Formule gagnante

L'industrie 4.0 et l'Internet des objets, des services et des personnes permettent à la suite logicielle *Automation Builder* d'ABB de virtualiser en un temps record la production manufacturière

SOENKE KOCK – Si les progrès de l'automatisation industrielle font régulièrement les gros titres de la presse, on oublie souvent qu'ils sont l'aboutissement de développements longs et complexes, visant des procédés de plus en plus élaborés et des équipements toujours plus décentralisés, autonomes et communicants, qu'une kyrielle de technologies pointues s'ingénie à programmer, à configurer et à mettre en service. Ces équipements, pour la plupart multisources, compliquent les échanges de données et les essais. À cela s'ajoute une bonne dose de logiciel, qui allonge les temps de développement, augmente les risques et l'inaptitude au test puisque, à ce stade précoce, le matériel nécessaire n'est pas prêt. La solution tient en un mot : virtualisation. L'atelier logiciel *Automation Builder* d'ABB permet aux constructeurs de machines et aux intégrateurs de systèmes de virtualiser et d'automatiser sans encombre des applications complexes, dans l'industrie alimentaire mais aussi dans tous les domaines réclamant une automatisation poussée.

Photo

Les projets d'automatisation deviennent extrêmement complexes. Les concepts d'industrie 4.0, fondé sur l'IIoTSP, et de mise en service virtuelle facilitent et améliorent leur gestion, en coût comme en temps.



Les automatismes font partie du paysage industriel depuis des décennies, et l'agroalimentaire en a été l'un des grands bénéficiaires. Pourtant, de nombreux procédés ont atteint un tel niveau de sophistication que leur automatisation dans les délais impartis s'avère impossible avec les méthodes traditionnelles → 1. À cette complexité s'ajoute une autre difficulté : aucun fournisseur n'ayant à son catalogue de quoi équiper toute une ligne de production, il faut diversifier les sources, au prix de multiples incompatibilités.

L'industrie du futur

La solution réside dans l'usine numérique, portée par les projets *Industry 4.0* outre-Rhin et *Smart Manufacturing* aux États-Unis. Ces deux initiatives prennent appui sur l'Internet industriel des objets (IIoT) et les protocoles du Net pour faciliter la connexion et l'interaction de tous les constituants de l'usine, capteurs, actionneurs, automates, machines et autres équipements de production.

Deux impératifs technologiques sous-tendent la concrétisation efficace des projets d'automatisation dans ce nouvel univers connecté, marqué par des cycles d'innovation et de réalisation toujours plus courts :

- Faire travailler davantage en parallèle les disciplines impliquées (génie

mécanique, électronique, logiciel, par exemple), toutes étant prises en compte dans l'étude de conception globale, avec des interdépendances explicitement décrites ;

Il faut pouvoir tester la logique de contrôle-commande distribué, sans utiliser de matériel réel.

- Disposer à tous les stades du projet de prototypes virtuels afin de pouvoir tester, d'une part les fonctionnalités requises, sitôt développées, d'autre part, vu la tendance à une décentralisation fonctionnelle accrue, la conception de la logique de contrôle-commande distribué sans utiliser de matériel « en dur ».

Ce second point préfigure le développement d'un modèle virtuel du procédé avec tous ses capteurs/actionneurs, ou du système de contrôle-commande, ou encore de l'ensemble. L'atelier logiciel Automation Builder d'ABB s'y consacre.

L'automatisation à la carte

Automation Builder est une suite logicielle intégrée destinée aux constructeurs et intégrateurs soucieux d'automatiser leurs machines et systèmes de manière productive → 2.

Elle regroupe les outils nécessaires à la configuration, à la programmation, au débogage et à la maintenance des projets d'automatisation sous une même interface intuitive. Automation Builder peut ainsi intégrer des automates AC500, des variateurs programmables, des terminaux opérateurs et des robots dans une solution de contrôle-commande cohérente incluant la gestion et l'échange de données avec les composants mécaniques et électriques du système. En liant ces jeux de données, les modèles virtuels destinés à la mise en service ou aux essais de prototype peuvent être générés et traités plus vite. Capable de virtualiser des machines ou des lignes de production entières, Automation Builder s'attaque au premier poste de dépense des projets d'automatisation modernes : le logiciel.

La solution, téléchargeable, se décline en plusieurs variantes, adaptées à différentes échelles de projet. Son paramétrage intuitif facilite la configuration de l'installation tout comme la gestion des



La démarche Industrie 4.0 facilite la mise en œuvre d'Automation Builder.

licences, des opérations de maintenance et des mises à jour logicielles.

Toutes les données utiles fournies par Automation Builder sont transférées dans un modèle du système. Les données issues du logiciel de programmation robotique hors ligne et de simulation RobotStudio®, inclus dans la distribution Automation Builder, sont également prises en compte. RobotStudio sert de moteur de simulation 3D dans lequel automates, IHM et variateurs virtuels rencontrent les prototypes mécaniques virtuels pour interagir mutuellement et avec ce monde virtuel. L'évolutivité de la plate-forme est assurée, non pas par des supercalculateurs ultrarapides, mais par le concept de temps *virtuel* qui, à l'inverse du temps *réel*, réduit la vitesse d'exécution de la simulation quand l'ordinateur atteint ses limites de performance.

Automation Builder est une solution ouverte : quelle que soit leur complexité, les composants qui font défaut pour simuler le système peuvent être créés par l'utilisateur ou téléchargés en ligne depuis la plate-forme collaborative des programmeurs et développeurs RobotStudio. Sont ainsi disponibles des bibliothèques logicielles, des extensions applicatives PowerPac et diverses interfaces pour échanger des données d'équipements et de signaux dans plusieurs formats : tableur Microsoft Excel, fichiers CAO pour logiciels d'ingénierie électrotechnique EPLAN Electric P8 ou Zuken E³, et de simulation multidomaine MATLAB/Simulink.

Le concept d'industrie 4.0 facilite à plusieurs titres la mise en œuvre d'Automation Builder. Il permet notamment l'échange de certains jeux de données standardisées entre équipements et outils de différents fournisseurs. De surcroît, il exploite le haut débit des communications Ethernet pour transférer facilement de grandes quantités de données.

Dans le sillage des « communautés » d'entraide qui fleurissent dans une multitude d'autres domaines sur les réseaux sociaux, apparaîtront sans doute des sites collaboratifs dédiés à l'automatisation industrielle. ABB participe déjà à cet élan collectif avec RobotApps™, qui pro-

La suite logicielle Automation Builder permet aux constructeurs de machines et intégrateurs de systèmes de gagner en productivité.

pose toute une palette d'applications utiles aux roboticiens.

La virtualisation ouvre aux industriels des horizons radicalement nouveaux. On peut ainsi envisager d'externaliser dans le *cloud* des simulations de production, très gourmandes en ressources, évitant de disposer en interne de la puissance de calcul nécessaire. Tout comme il est possible de virtualiser la configuration de la fabrication en cours, puis de la relancer pour voir les effets des changements de paramètres ou d'équipements. Les retombées sont multiples : consommation énergétique optimisée, rendement maximisé, coût total de production réduit. Même les opérateurs peuvent se former sur des équipements virtuels.

Nous aurons l'occasion de revenir sur les potentialités de cet outil d'ingénierie virtuelle dans un prochain numéro d'*ABB review*.

Soenke Kock

ABB Discrete Automation and Motion,
Drives and Controls
Heidelberg (Allemagne)
soenke.kock@de.abb.com



Sûrs et durables

Les rouages du lavage haute pression
dans l'agroalimentaire

STEFANIE BURNS – Tous les consommateurs sont en droit d'attendre de l'industrie alimentaire des produits sains et de qualité, fabriqués et transformés dans les meilleures conditions d'hygiène. Ces exigences font du nettoyage, de la désinfection et de la stérilisation les priorités de la filière. Le nettoyage au jet d'eau haute pression est la pièce maîtresse de l'arsenal normatif et réglementaire en matière d'hygiène et de sécurité, en particulier dans le secteur de la transformation de la viande. Pourtant, cette opération attaque les revêtements de protection. Aucune peinture n'est en effet capable de supporter très longtemps des projections d'eau et de produits nettoyants chauds sous 70 bar. D'où l'importance accordée par ABB à trois éléments clés de la conception et de la construction de machines alimentaires : nature et matériau du bâti, lubrification, étanchéité.



Très sensibilisés aux enjeux de sécurité, les producteurs et transformateurs de denrées alimentaires ont pris les devants : bonnes pratiques d'hygiène, bonnes pratiques de fabrication et procédures d'analyse et de maîtrise des risques HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) font d'ores et déjà partie intégrante de la cinématique de nettoyage et de désinfection des locaux et postes de travail. Elles sont même au cœur des activités de nombreuses usines de transformation de produits alimentaires et carnés.

Grandes eaux

Qui dit respect des règles d'hygiène, dit lavage à grande eau des installations. La tâche revêt une telle importance que des géants mondiaux de la viande comme Tyson, Cargill Meat, JBS, Kraft Foods, etc., bien que concurrents sur ce marché, collaborent au sein de l'institut NAMI (*North American Meat Institute*), représentant interprofessionnel du secteur aux États-Unis, pour standardiser les exigences fondamentales auxquelles doivent répondre les nettoyeurs haute

pression. Sachant que les peintures ou revêtements employés par la filière ne résistent pas à la causticité des lavages réguliers, la tendance est au remplacement des traditionnels revêtements anticorrosifs des matériels en fonte ou en aluminium par des équipements mécaniques et électriques fabriqués tout en acier inoxydable et parfois dépourvus de ventilation → 1.

La zone d'intervention et le procédé de nettoyage mis en œuvre dictent la robustesse de l'équipement : un atelier de conditionnement en bout de chaîne (zone non alimentaire), par exemple, nécessitera très peu de nettoyage, à l'opposé de la ligne de transformation (zone alimentaire) qui réclamera un lavage abondant et soigné. Tout dépend en fait du produit : le traitement des viandes et volailles oblige à désinfecter quand la fabrication des pains, biscuits et autres confiseries à base de produits collants (sucre, chocolat, etc.) requiert un nettoyage spécial.

Briqué et bien huilé !

Les directives du NAMI et du groupe européen pour la conception hygiénique des équipements EHEDG (*European Hygienic Engineering and Design Group*) portent sur trois domaines particuliers.

Conception et matériau du bâti

Oxydables, la fonte et l'aluminium se prêtent mal au lavage à grande eau. Si de nombreux fournisseurs se tournent vers des peintures époxy et des techniques de revêtement comme le thermo-laquage et l'électrodéposition, rien ne résiste mieux à l'épreuve du temps que le « tout acier inoxydable ».

Le nettoyage à grande eau est le premier garant du respect des règles d'hygiène et de sécurité sanitaire.

Au demeurant, ce matériau n'est pas une garantie en soi ; encore faut-il choisir une nuance d'acier suffisamment élevée et, tout aussi important, concevoir des enveloppes ne présentant aucune zone de rétention des souillures et favorisant l'écoulement naturel des liquides. De même, les soudures

Photo p. 20

Une conception bien léchée est primordiale pour résister aux rigoureux plans de nettoyage de l'agroalimentaire et empêcher l'infiltration de corps étrangers.

Les peintures et revêtements ne résistent pas à la causticité des lavages fréquents, la tendance est à des équipements de production entièrement en inox.

2 Détection tardive d'une incompatibilité au contact alimentaire



doivent être lisses pour éviter les nids à bactéries.

Par ailleurs, face au risque d'encrassement des ailettes de refroidissement des moteurs électriques, ABB préfère concevoir des équipements sans ventilateurs. En règle générale, les cavités, espaces morts, fentes et autres irrégularités doivent être évités, au profit de surfaces lisses et arrondies qui facilitent l'évacuation des contaminants.

Lubrification

Si les lubrifiants de qualité alimentaire sont aptes au contact fortuit avec les denrées, ils affichent néanmoins de piètres performances en matière de transfert et de dissipation thermiques, d'usure, de frottement, de corrosion, etc., comparés aux lubrifiants traditionnels. Une surveillance et une maintenance appropriées peuvent combler ces lacunes.

Pour accompagner les professionnels du secteur, des organismes publics comme l'Agence fédérale américaine FDA (*Food and Drug Administration*) et le ministère américain de l'Agriculture USDA (*United States Department of Agriculture*) ont élaboré une classification des huiles et graisses alimentaires :

- H1 : lubrifiants utilisables en contact fortuit avec les aliments ;
- H2 : lubrifiants utilisés sur des équipements et organes de machines dans des lieux sans risque de contact avec les aliments ;

- H3 : lubrifiants rattachés à la classe des huiles alimentaires utilisables pour protéger de la corrosion crochets, chariots et autres équipements similaires.

Étanchéité

Les problèmes de lubrification sont les causes les plus fréquentes de défaillance matérielle. Aussi faut-il accorder une attention particulière aux joints pour maintenir les lubrifiants en place et empêcher l'infiltration de contaminants. Les lavages intensifs ont ceci de redoutable que les jets haute pression peuvent forcer les fluides et les substances polluantes à traverser cette barrière d'étanchéité. La qualité des joints est donc primordiale. D'où quelques questions cruciales :

- Combien de points de contact sont assurés par les lèvres de joint ?
- De quel matériau est fait le joint ?
- Comment s'y écoule le lubrifiant ? Est-ce un joint labyrinthe ? Peut-il évacuer l'excès de lubrification pour éviter l'éclatement par surpression ?
- Bénéficie-t-il d'une protection supplémentaire (déflecteurs caoutchouc, embouts, etc.) ?

La conjonction d'une enveloppe bien conçue et réalisée dans un matériau approprié, de lubrifiants homologués H1 et d'une étanchéité parfaite garantit l'innocuité du produit.

Sécurité

Plusieurs réglementations et normes participent à la conduite et à la régulation des usines de transformation, ainsi qu'à leur conformité aux pratiques de sécurité alimentaire. Ces référentiels sont édictés par diverses instances, notamment américaines :

- Pouvoirs publics : USDA (pour la viande, la volaille, les œufs et le fromage) et FDA (autres aliments) ;
- Organismes de normalisation et de certification : NSF (*National Sanitation Foundation*), agrément 3A (laboratoire indépendant sans but lucratif œuvrant pour la conception hygiénique des équipements) et comité des normes sanitaires en boulangerie BISSC (*Baking Industry Sanitation Standards Committee*) ;
- Groupements professionnels : NAMI.

Tous les ateliers de l'usine ne nécessitent pas des équipements résistant à des lavages rigoureux. Il serait imprudent de choisir un produit très performant et spécifique pour une application standard sans nettoyage. À l'inverse, lésiner sur le matériel dans les zones de lavage intensif peut coûter très cher : la transgression des règles d'hygiène et de sécurité sanitaire constitue une faute grave qui peut avoir des conséquences désastreuses sur l'auteur de l'infraction mais aussi sur toute la filière.

Discerner le vrai du faux

Toutes les infractions ne se décèlent pas au premier coup d'œil. Il est parfois diffi-



Rien ne résiste mieux à l'usage que les enveloppes tout inox.

cile de faire la distinction entre acier inox et acier revêtu de zinc, de nickel ou de chrome en couches minces (TDC). Le boîtier de roulement à billes en → 2 était donné pour de l'inox jusqu'à ce que, après moult lavages à la lance haute pression, son revêtement en nickel commence à s'écailler. Reste à savoir où est passé le matériau délité...

Autre exemple : un équipement constitué en apparence d'une enveloppe polymère et d'inserts inox → 3, si ce n'est que les inserts ne sont pas du tout en inox et que l'équipement finit par rouiller. Censé

surface se désagréger et contaminer les aliments, et les lubrifiants non alimentaires se disperser et souiller le process.

Matière à réflexion

Aucune entreprise soumettant ses équipements et locaux à des lavages intensifs à grande eau, même parmi les plus méticuleuses, n'est à l'abri d'une infraction aux règles de sécurité sanitaire, qui peut lui coûter très cher. Néanmoins, le soin apporté à la conception du bâti et au choix du matériau, des lubrifiants et de la technique d'étanchéité minimise ce risque. Les produits doivent être rigoureusement sélectionnés en fonction de l'application. Sous la pression croissante de la réglementation et des exigences d'hygiène et de sécurité, la tendance est inéluctablement à des équipements mécaniques et électriques tout inox. Une démarche à laquelle souscrit entièrement ABB.

L'acier inoxydable doit être de qualité suffisante et l'enveloppe conçue de façon à ne pas retenir les liquides.

être protégé de la corrosion, ce matériel peut parfaitement convenir à un environnement lavé au jet avec des nettoyants moins toxiques, mais pas pour l'usage ni l'endroit envisagés ici.

Utiliser un produit standard dans un environnement nettoyé à grande eau n'est jamais une bonne idée. Le matériau de l'enveloppe et la nature du revêtement peuvent s'avérer inappropriés, l'étanchéité ne pas résister aux projections haute pression, le revêtement de

Stefanie Burns

ABB Discrete Automation and Motion,
Motors and Generators
Power Transmission
Greenville (Caroline du Sud, États-Unis)
stefanie.burns@baldor.abb.com



Palettisation rapide

Le robot IRB 460 d'ABB cartonne dans l'alimentaire

SARA GÖRANSSON – Dans le cadre du lancement d'une nouvelle gamme d'en-cas, l'entreprise suédoise Orkla Foods a décidé de construire dans son usine d'Örebro une ligne de production supplémentaire, qu'elle voulait entièrement automatisée, « agile » et capable d'effectuer des tâches très variées. Autre contrainte du projet : une date de lancement avancée de quatre mois. Pour relever le défi, l'industriel s'est adjoint les services des experts d'ABB et de l'intégrateur de systèmes Front Automation, spécialisé dans l'agroalimentaire. Le choix du robot palettiseur IRB 460, le plus rapide au monde, pour les opérations en bout de chaîne a beaucoup contribué à la réussite du projet.



Si l'industrie agroalimentaire est traditionnellement à la traîne des autres secteurs en matière d'innovation, elle est par contre souvent à l'avant-garde quand il s'agit d'adopter de nouvelles technologies. En effet, les progrès accomplis dans les domaines du matériel et du contrôle-commande, ainsi que la pression réglementaire et les exigences croissantes des consommateurs l'obligent à monter en régime.

La consolidation va également bon train dans ce domaine; entreprises et usines ne cessent de croître tandis que la production ne s'arrête jamais.

Face à cette nouvelle donne, nombreux sont les industriels de la filière à modifier leur approche opérationnelle afin d'intégrer la production séquentielle en îlots (*batch*) en un tout plus cohérent. Autre argument de poids, l'automatisation accroît les cadences, le rendement et la qualité, tout en améliorant l'environne-

Photo p. 24

L'intégrateur Front Automation s'est associé à ABB pour déployer une nouvelle ligne de production entièrement automatisée dans une usine Orkla Foods en Suède. L'IRB 460 d'ABB, robot de palettisation le plus rapide au monde, en est le principal artisan.

ment de travail et en soulageant l'homme des tâches répétitives ou pénibles → 1.

Les robots sont un pilier de l'automatisation industrielle. Orkla Foods, dont les usines sont déjà très automatisées, en est bien consciente. Sans le robot palettiseur IRB 460 d'ABB, jamais la société n'aurait pu automatiser de bout en bout, en un temps record, une nouvelle ligne sur son site suédois d'Örebro, la première du genre chez Orkla Foods.

Incontournable robot

Orkla Foods Suède, société du groupe norvégien Orkla, emploie quelque 1500

Risifrutti est numéro un sur le marché de la *snacking* suédois. Au printemps 2014, Orkla a lancé *Yummifrutti*, un en-cas bicompartiment incorporant dans le couvercle une cuillère et un accompagnement.

Alors que le produit était encore en développement, la direction d'Orkla Foods a décidé d'avancer de quatre mois sa date de lancement. Seule façon de relever le gant: installer une ligne de production supplémentaire. Pour gagner ce pari de la vitesse, le choix s'est porté sur l'intégrateur Front Automation et le robot palettiseur IRB 460 d'ABB.

L'automatisation améliore les cadences, la qualité et le cadre de travail.

collaborateurs pour un chiffre d'affaires d'environ 490 millions d'euros. Son usine d'Örebro fabrique depuis 2000 le *Risifrutti*, dessert lacté conditionné dans un pot à deux compartiments avec, d'un côté, un gâteau de riz ou de semoule, de l'autre, un coulis de fruit.

L'industrie alimentaire suédoise ne pourrait être compétitive sans automatisation: celle-ci améliore la productivité et la qualité, mais aussi le suivi et la traçabilité des produits, en diminuant les erreurs de marquage. C'est pourquoi l'usine d'Örebro a toujours été fortement automatisée.

L'automatisation en première ligne

Front Automation est le spécialiste des automatismes de saisie, de conditionnement et de

palettisation. Établie à Jönköping, la société fait partie, avec sa jumelle Fröjd & Wester, du groupe industriel Fröjdia. Son offre de services va des applications simples de palettisation à la fourniture de chaînes de conditionnement complètes pour des clients dans toute la Scandinavie.

Front Automation travaille exclusivement avec des robots ABB. Ce choix s'explique par la performance de la fourniture ABB, mais aussi, et surtout, par la proximité et la qualité de son assistance technique. Au cours des cinq dernières années, l'intégrateur a installé une cen-

2 Les pots de dessert lacté sont envoyés vers une nouvelle cellule où ils reçoivent leur couvercle plastique, puis sont étiquetés, palettisés et enlevés : un processus totalement automatisé.



© Andreas Varro

Le projet d'automatisation de l'usine Orkla Foods d'Örebro (Suède) a été mené tambour battant.

taine de robots. S'il est capable de gérer seul la plupart des applications et problématiques rencontrées, il a parfois besoin de l'appui direct des développeurs et techniciens de l'usine robotique d'ABB. Impossible, par exemple, d'arrêter une ligne de production manipulant des flocons d'avoine ; la préparation doit continuer coûte que coûte. Une assistance technique rapide et efficace est donc capitale pour résoudre rapidement tout dysfonctionnement.

Le calendrier serré n'était pas la seule contrainte : la nouvelle ligne devait se calquer sur celle de Risifrutti, notamment en reprendre les dimensions et le conditionnement. D'ordinaire, la construction d'une ligne est l'occasion de revoir la présentation du produit. Rien de tel ici puisque les pots bicompartiments existaient déjà. Pas question non plus de réorganiser l'usine pour installer une nouvelle ligne.

IRB 460, l'infatigable

Les pots remplis de préparation lactée sont envoyés vers une nouvelle cellule de production où ils sont coiffés d'un couvercle et étiquetés, avant d'être palettisés pour pouvoir être directement mis en rayon. Les machines étant multi-

Les ventouses du robot 4 axes IRB 460 peuvent soulever 48 pots à la fois avec leur plateau cartonné, et les déposer sur la palette au millimètre près.

fonctions, elles doivent faire preuve de polyvalence et de flexibilité pour passer d'une opération à l'autre sans difficulté.

Le robot 4 axes IRB 460, capable d'embarquer 110 kg, officie en bout de ligne. Ses ventouses peuvent soulever 48 pots à la fois, dans un plateau cartonné que le robot positionne sur la palette au millimètre près → 2-3. La palette remplie, l'IRB 460 endosse un nouveau rôle : il utilise son préhenseur pour amener une nouvelle palette. Dix minutes suffisent



pour remplir une palette, soit une cadence de production de 8500 pots par heure.

Flexibilité, expérience et proximité

Malgré le calendrier serré et les obstacles techniques, la mise en place de la ligne et le lancement de Risifrutti se sont déroulés dans les temps, sans encombre.

Pour autant, Risifrutti n'a jamais réussi à s'imposer sur le marché. Orkla Foods l'a donc remplacé en 2015 par *Havrefrutti*, avec le même couvercle. C'est ce nouveau produit qui est dorénavant assemblé au rythme de deux pots par seconde, puis empilé et palettisé par l'IRB 460. La transition s'est faite en douceur, grâce à la flexibilité de la robotique ABB.

En unissant leurs forces, Front Automation, Orkla Foods et ABB ont réussi à tenir les délais tout en respectant le cahier des charges du client. L'IRB 460 est de loin la pièce maîtresse de la chaîne d'automatisation, et l'une des clés de la réussite du projet.

Le partenariat entre ABB et Front Automation, ainsi que l'expérience de ce dernier en matière d'intégration de systèmes, furent décisifs. Tout aussi importante fut la présence, en Suède, de fournisseurs capables de garantir coopération et assistance au client.

Dix minutes suffisent pour remplir une palette, soit une cadence de production de 8500 pots par heure.

Sara Göransson

ABB Corporate Communications

Västerås (Suède)

sara.goransson@se.abb.com

Cocktail d'innovations

Industrie alimentaire

GERNUT VAN LAAK – Pour beaucoup d'entre nous, fabriquer des aliments et des boissons à l'échelle industrielle, c'est un peu comme cuisiner chez soi au quotidien : un mélange précis d'ingrédients bien dosés, une cuisson à

point ... et le tour est joué. Mais c'est oublier que la physique des fluides et la thermodynamique peuvent y mettre leur grain de sel!
ABB a des solutions innovantes pour tous les goûts.

Cavitation : la coupe est pleine

« *Le temps, c'est de l'argent* » ; dans la logistique de la fabrication de boissons, l'adage vaut aussi pour la vitesse. Un liquide qui s'écoule difficilement dans une conduite ou une cuve qui met du temps à se vider sont contre-productifs. Lorsqu'un camion-citerne arrive à la laiterie, par exemple, il semble logique de le vider le plus rapidement possible pour le laisser poursuivre sa tournée, et transférer le lait sitôt livré vers l'étape suivante. Or la physique ne l'entend pas de cette façon : un pompage trop rapide produit de la mousse qui engorge le procédé aval. Comment alors pomper plus vite sans ces inconvénients ? **ABB a la solution : des variateurs de vitesse combinés à des algorithmes respectant la sensibilité du fluide.**

Quiconque étudie la dynamique des fluides est tôt ou tard confronté au problème de cavitation : plus un liquide s'écoule vite, plus sa pression chute. Une augmentation soudaine de la



vitesse d'écoulement peut entraîner des ondes de choc dans le fluide. Dans le cas du lait ou de la bière, par exemple, ce phénomène conduit à la formation de bulles ou de mousse qui risquent de dénaturer irrémédiablement le produit.

ABB a élaboré pour ses variateurs des algorithmes de régulation qui garan-

tissent le maintien de la pression et de la vitesse du fluide dans une fourchette donnée. La vitesse des pompes s'adapte automatiquement à n'importe quelle variation de pression due au flux du tourbillon de vidange. Résultat : le produit est préservé, le pompage optimisé. ABB estime à trois mois le retour sur investissement client.

À ras bord



Vous êtes-vous déjà demandé combien une bouteille d'un litre contenait-elle réellement ? La question n'est pas anodine : au stade de l'embouteillage, une différence de contenance peut se chiffrer en dizaines de milliers de dollars par an et par machine de remplissage.

Une bouteille est habituellement remplie à un niveau supérieur à son volume nominal pour compenser la variabilité du process. D'où l'intérêt de minimiser cet écart pour remplir et commercialiser davantage de bouteilles !

Une bonne part de cette variabilité procède de la méthode de mesurage. Les fluides à faible conductivité, chargés en huile, en alcool ou en matières en suspension sont particulièrement difficiles à mesurer avec précision.

ABB propose une solution de débit-métrie massive extrêmement précise, enrichie d'algorithmes de régulation pour la compensation de masse, dont il assure aussi l'installation et les essais : un investissement qui devrait s'amortir en huit mois.

La levure carbure

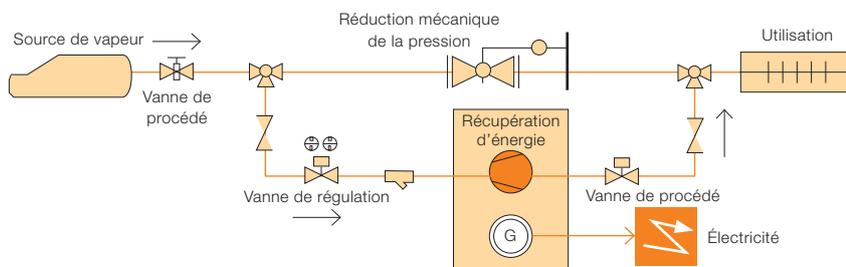


La fermentation, qui consiste à ensemercer le moût (mélange de malt concassé et d'eau chaude) avec de la levure, est une étape cruciale de la fabrication de la bière. Les brasseurs cherchent donc à l'optimiser pour améliorer le rendement et la productivité. Mais comment suivre ce processus à la trace pour en maximiser les effets ?

Dans la cuve de fermentation, la levure métabolise les sucres du moût en alcool et en dioxyde de carbone (CO_2) ; du volume de CO_2 ainsi produit, on peut déduire la quantité de moût digéré par la levure. Ce gaz est en outre récupéré pour servir à une autre étape du procédé, évitant son achat au prix fort. Or le brasseur ne sait pas toujours combien de CO_2 se dégage de la fermentation.

ABB répond à cette question avec une solution complète intégrant mesure de débit massique Sensyflow, commande et bibliothèques applicatives.

Économies d'énergie à toute vapeur



La vapeur est omniprésente dans les procédés agroalimentaires, que ce soit pour fournir de la chaleur ou stériliser les produits. Générée par une chaudière centrale, elle est acheminée jusqu'à ses divers points d'utilisation ; là, des vannes réduisent mécaniquement la pression à la valeur souhaitée (habituellement 6, 3 ou 1 bar).

Aussi fonctionnelle soit-elle, cette méthode gaspille dans les vannes une précieuse énergie qui pourrait servir à d'autres fins.

ABB, en partenariat avec la société allemande ENVA Energy, a imaginé une autre approche. Au lieu d'une vanne, c'est une turbine qui réduit la pression, et l'énergie récupérée produit de l'électricité. Autrement dit, une partie de l'énergie consommée par la production de vapeur peut être réutilisée ailleurs dans l'usine, voire revendue au réseau. Le gain est double, pour la facture énergétique mais aussi le bilan carbone. La turbine est de fabrication ENVA Energy, la génératrice et les systèmes électriques sont d'ABB. Le retour sur investissement ne dépasse pas en moyenne deux ans.

Gernut van Laak

ABB Discrete Automation and Motion
Mannheim (Allemagne)
gernut.van-laak@de.abb.com



De l'élevage à l'assiette

Services de maintenance et d'exploitation ABB
chez Marine Harvest

MATILDA STEINER, KNUT-ROBERT MATHISEN – Pour satisfaire à la croissance de la demande mondiale en produits de la mer alors que les ressources naturelles ne cessent de s'appauvrir, la pisciculture est en forte expansion. Parmi les géants du secteur, le Norvégien Marine Harvest ASA, premier producteur mondial de saumon de l'Atlantique (24 % du marché), exploite de nombreux élevages de poissons. Dans l'optique d'étendre ses activités à la production des aliments destinés à ses propres fermes piscicoles, il a implanté une nouvelle usine en Norvège, qui tourne 24 heures sur 24 en haute saison ; fiabilité des opérations et productivité maximale y sont primordiales. Marine Harvest et ABB ont signé un accord d'exploitation et de maintenance du parc d'équipements ABB, à savoir les entraînements de puissance, les automatismes, le système d'aide à la décision et l'appareillage électrique de 22 kV qui alimente le nouveau complexe.



Les ressources marines n'étant pas inépuisables et la demande en poissons et protéines de poissons ne montrant aucun signe de ralentissement, les élevages piscicoles sont devenus un maillon essentiel de la chaîne de production alimentaire mondiale. Marine Harvest ASA produit du saumon d'élevage et une large gamme de produits transformés issus de l'aquaculture. Présent dans 22 pays, le groupe emploie plus de 10 000 collaborateurs. Il a décidé de se lancer dans la fabrication de ses propres aliments pour poissons et a investi à cette fin 120 millions de dollars dans la construction d'une usine à Valsneset (Norvège) abritant deux lignes capables de produire au total jusqu'à 270 000 tonnes par an → 1. De quoi pourvoir à 80 % des besoins de ses élevages norvégiens.

Photo

Marine Harvest construit une nouvelle usine d'aliments pour poissons en Norvège qui approvisionnera directement ses élevages piscicoles. ABB est le premier fournisseur de solutions d'alimentation en énergie et d'automatisation du site.

Le nouveau site, entièrement automatisé, permet à l'industriel d'étendre son contrôle qualité à toute la chaîne, de la production des aliments pour poissons à la livraison du produit fini en portions au détaillant.

ABB a fourni l'essentiel des équipements électriques et des automatismes : transformateurs, convertisseurs de fréquence, appareillage de 22 kV, commande de moteurs, entraînements et réseaux informatiques. Le système d'automatisation traite quelque 5000 signaux du procédé et s'intègre au système global de gestion de l'entreprise à l'aide de la solution de connectivité et d'aide à la décision *cpmPlus Enterprise Connectivity* d'ABB.

ABB vient de signer un contrat de service et d'exploitation avec Marine Harvest portant sur les entraînements, le sys-

La nouvelle usine, entièrement automatisée, étend le contrôle qualité à toute la chaîne de production, des aliments pour poissons à la livraison du produit fini en portions au détaillant.

tème d'automatisation et d'aide à la décision, ainsi que l'appareillage 22 kV qui alimente l'usine. Signé pour trois ans, cet accord inclut une assistance téléphonique 24 h/24, assortie de délais de réponse garantis et de la désignation d'un gestionnaire de contrat attitré.



Marine Harvest vient de signer un contrat de service portant sur le parc d'équipements ABB de l'usine.

Le système de pilotage et d'aide à la décision est une pièce maîtresse de l'usine pour garantir productivité, efficacité énergétique et fiabilité des opérations.

Pilotage décisionnel

La production d'aliments est un procédé complexe car de multiples ingrédients entrent en jeu, dans des proportions savamment dosées. Elle nécessite à cette fin une traçabilité de bout en bout. Pour maximiser la production, on ne fabrique qu'un seul lot d'aliment particulier à la fois. Le procédé est piloté avec une version sur mesure du système d'automatisation étendue 800xA d'ABB, qui intègre également le process dans les outils de gestion globale de Marine Harvest.

Ce contrôle-commande garantit le respect des règles, procédures et standards de qualité de l'entreprise, mais aussi :

- des décisions rapides et adéquates, fondées sur les données de production en temps réel et sur les informations stratégiques du process ;

- une souplesse d'exploitation, sans procédures papier, autorisant une grande réactivité aux évolutions de la demande ;
- une généalogie complète des produits et des processus ;
- une assistance des opérateurs en pied de machine, à l'aide d'informations à jour, de consignes, de nomenclatures, de notifications et de listes de contrôle ;
- une visibilité des opérations et une analyse des performances de l'usine, propices à une démarche d'amélioration continue ;
- un pilotage et un suivi précis de la consommation de matières et de l'état des stocks.

Traçabilité

Comme souvent dans la production alimentaire, chaque étape de l'élevage et de la transformation respecte strictement les meilleures pratiques et règles métier. La traçabilité à tous les niveaux et stades du process est ici cruciale. Elle repose en grande partie sur une exploitation méticuleuse et optimale des données :



Le process est piloté par une version du système d'automatisation étendue 800xA d'ABB, développée spécifiquement pour Marine Harvest.



encombre et dans les délais ; la production a ainsi pu reprendre avant l'échéance prévue → 2-3. La simplicité de l'interface utilisateur a facilité la formation des nouveaux opérateurs.

Le contrat de service et d'exploitation signé avec Marine Harvest garantit l'assistance permanente d'ABB pour faire tourner la nouvelle usine sans arrêt et approvisionner en continu les élevages du groupe piscicole dans toute la Norvège.

Au cœur des activités de l'usine, le système de pilotage et d'aide à la décision est crucial pour garantir productivité, efficacité énergétique et fiabilité des opérations.

- Traçabilité verticale et horizontale de tous les maillons de la chaîne de production ;
- Intégration avec les systèmes externes pour la recherche de corrélations sur un plus gros volume de données ;
- Visibilité du procédé et accessibilité des données de production en temps réel ;
- Facilité d'accès de tout le personnel concerné à l'ensemble des données fondamentales du process.

La main à la pâte

Grâce à une excellente coopération avec le client, l'installation des entraînements, de l'alimentation électrique et du système d'automatisation et d'aide à la décision d'ABB s'est déroulée sans

Matilda Steiner

ABB Process Automation, Control Technologies
Baden-Dättwil (Suisse)
matilda.steiner-arvidsson@ch.abb.com

Knut-Robert Mathisen

ABB Process Automation, Oil, Gas and Chemicals
Oslo (Norvège)
knut-robert.mathisen@no.abb.com

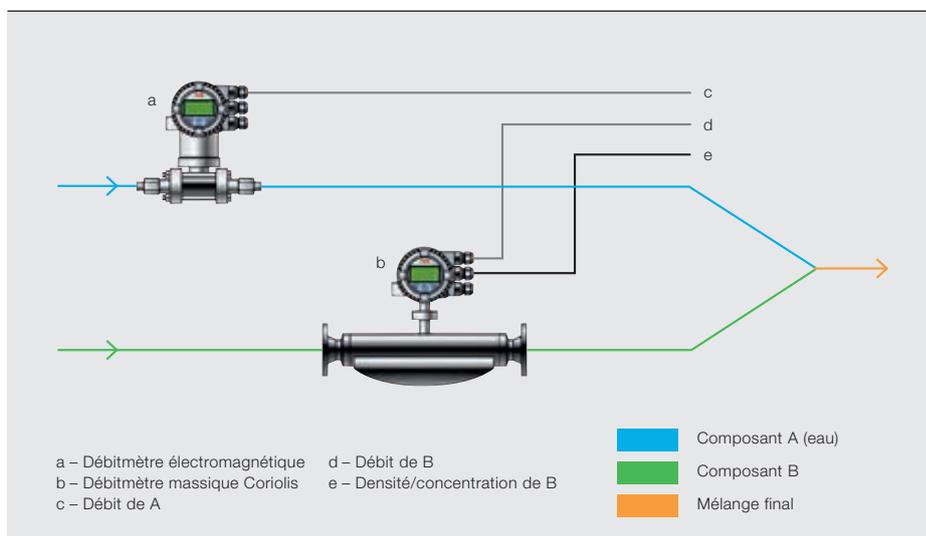


La recette du succès

Jumeler
débitmétrie massique
et densimétrie

FRANK FRENZEL – Les industriels de l'agroalimentaire sont adeptes d'une production stable et constante. Pour qu'un produit ou un mélange ait toujours le même goût ou consistance, il est impératif de respecter exactement les mêmes concentrations et proportions d'ingrédients. Rien de bien compliqué avec les comptages volumétriques, gravimétriques ou les mesures directes de débit massique, tant que chaque constituant présente des concentrations stables. Mais la nature joue parfois des tours et les concentrations de chaque ingrédient peuvent varier. Il faut alors déceler ces variations et régler les volumes le plus en amont possible de l'opération de mélange si l'on veut éviter les analyses, calculs et corrections qui s'ensuivent. Par leur mesure très précise de la densité, les débitmètres CoriolisMaster FCB/FCH 150 et FCB/FCH 450 d'ABB sont les meilleurs alliés des applications de dosage.

1 Mélange de deux composants de concentrations différentes



CoriolisMaster FCB/FCH150 et FCB/FCH450

Ces débitmètres massiques se prêtent parfaitement à la correction en ligne des concentrations de produits alimentaires. Outre leur débitmétrie massique de haute

précision exploitant l'effet Coriolis, ils peuvent réaliser indépendamment des mesures de densité en utilisant la fréquence de résonance de l'instrument, à une densité de fluide donnée.

L'incertitude de mesure est de 0,1 % pour le débit-masse, et de 0,002 kg/l et 0,001 kg/l (voire 0,0005 kg/l par étalonnage sur site) pour la densité. Ces appareils résistent à une température de 205 °C.

Problème

Prenons l'exemple → 1 de deux composants A et B mélangés : la concentration de A, que l'on suppose être de l'eau, est constante ; B contient lui aussi de l'eau, mais dans des proportions légèrement variables. Pour que le mélange soit conforme à la recette, la variation de la teneur en eau de B doit être corrigée. On mesure pour cela sa concentration et on ajuste la quantité de composant A ajoutée.

Solution

La concentration stable du composant A peut être mesurée avec un débitmètre électromagnétique, et celle variable de

B, avec un débitmètre Coriolis. On obtient ainsi le débit massique que l'on convertit en débit volumique équivalent. En même temps, le Coriolis enregistre la densité réelle du composant B et, en combinant cette mesure à la valeur du débit volu-

Le débitmètre CoriolisMaster d'ABB détermine directement le débit massique par effet Coriolis et indépendamment la densité en utilisant la fréquence de résonance du système rempli.

mique équivalent, détermine la concentration. Ce mesurage, compensé en température à l'aide d'une table stockée dans le transpondeur, donne généralement une valeur de concentration exacte. En cas de légères disparités dues au procédé, la table peut être ajustée en conséquence.

Les courbes de mesure caractéristiques varient quelque peu lorsque l'appareil est utilisé en conditions réelles d'exploitation et non en laboratoire : il arrive, par exemple, que le milieu comporte de petites inclusions gazeuses ou que des concentrés affichent une légère variation de densité pour une même teneur Brix (pourcentage de saccharose par masse dans une solution). Ces écarts sont facilement corrigés en comparant les mesures de densité sur le process et en laboratoire.

Les entreprises agroalimentaires s'efforcent de fabriquer des produits au goût, à la texture et à l'aspect rigoureusement constants. Car il suffit qu'une marque de jus d'orange, par exemple, change de saveur d'un mois à l'autre... pour que les consommateurs passent à la concurrence !

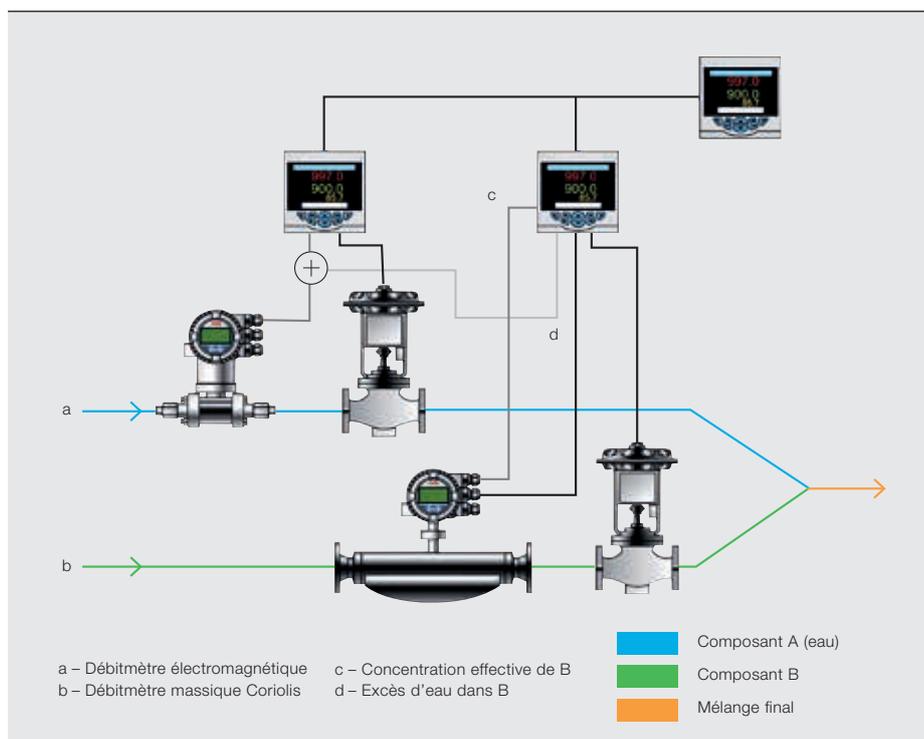
Dans certains cas, les ingrédients qui entrent dans la composition d'un mélange peuvent présenter des différences de concentration, comme de légères variations de la teneur en eau. Les mesures de densité permettent de calculer ces concentrations de façon à en corriger les dérives en cours de fabrication.

Photo p. 34

Constance et qualité du produit sont les maîtres-mots de l'industrie alimentaire. Les débitmètres massiques Coriolis d'ABB y contribuent en corrigeant la variabilité des compositions.

La compensation en température se fait à l'aide d'une table stockée dans le transpondeur.

2 Circuit de régulation compensatrice : sur variation de c, le signal d'ajuste la quantité de composant A ajouté.



La concentration est transférée au contrôle-commande et comparée à la recette pour effectuer les corrections nécessaires.

niveau de précision peut être considérablement accru par une méthode de régulation de la ligne de mélange avec stockage des erreurs et compensation consécutive des dérives transitoires.

Confrontés au resserrement des marges, aux attentes croissantes des consommateurs et au durcissement de la réglementation, les fabricants s'appuient plus que jamais sur la technologie pour optimiser leurs chaînes de production. Les débitmètres massiques CoriolisMaster d'ABB sont les garants de la constance et de la qualité des produits qui font le succès des marques alimentaires.

La mesure de concentration peut ensuite être transmise au système de contrôle-commande et comparée à la valeur de la recette pour engager les actions correctives qui s'imposent.

Le principe de régulation incluant le calcul des quantités excessives d'eau et de la compensation résultante est illustré en → 2. Outre la concentration des composants du mélange, le débitmètre enregistre le débit massique ou volumique du milieu dans lequel ils s'écoulent, évitant le recours à un autre appareil. Tous les calculs sont effectués par les automates sans aucun matériel supplémentaire. Le

Frank Frenzel

ABB Automation Products GmbH
Göttingen (Allemagne)
frank.w.frenzel@de.abb.com



Du pareil au même

Garantir un produit de qualité constante avec l'instrumentation ABB

FRANK FRENZEL – Les industriels de l'agroalimentaire ont pour règle de conserver inchangés le goût et la saveur de leurs produits ; les brasseurs de bière n'y échappent pas. Le consommateur veut en effet que sa « petite mousse » ait toujours les mêmes caractéristiques, quels que soient l'endroit où elle a été brassée et la manière dont elle a été mise en bouteille, acheminée, entreposée et servie. Reste que les fabricants ont affaire à une matière première qui peut varier selon la récolte, le type de sol, les conditions de

stockage et bien d'autres facteurs d'influence. Même les bières composées de très peu d'ingrédients immuables, telles les bières allemandes qui ne tolèrent que le malt, le houblon, la levure et l'eau, méritent le plus grand soin pour en préserver le goût d'un lot de fabrication à l'autre. Le brassage est autant un art qu'une science exigeant précision, maîtrise et reproductibilité du procédé pour garantir la stabilité gustative du produit. L'offre Instrumentation d'ABB y contribue tout en abaissant les coûts de production.

Les brasseurs doivent assurer une qualité optimale et constante de leurs produits pour fidéliser la clientèle ou conquérir de nouveaux marchés.

1 Robot empileur de fûts ABB



Issue d'une tradition qui remonte à la plus haute Antiquité, l'industrie de la bière a aujourd'hui acquis une dimension mondiale, « brassant » des milliards de dollars. Face à une concurrence effrénée et à des consommateurs de plus en plus avertis, les producteurs doivent assurer qualité et constance du produit pour fidéliser la clientèle et gagner de nouvelles parts de marché.

La bière est le fruit d'un long processus, à la fois simple et complexe, mêlant quatre ingrédients de base : malt d'orge, houblon, eau et levure. Mais réussir une bonne bière, c'est aussi composer avec la nature (variations dans les céréales, la levure et l'eau utilisées) et jongler avec des paramètres déterminants comme la température, la concentration et les quantités de matières dans le process lui-même.

Pour garantir la qualité et la constance du produit, une brasserie moderne doit être équipée du meilleur de la technologie de détection, de mesure et de régulation. Ces automatismes servent les trois autres grandes ambitions des brasseurs : optimiser l'utilisation des matières

premières, réduire la consommation d'énergie, maximiser la disponibilité de l'outil productif.

L'industrie de la bière est un marché considérable pour ABB, qui a développé à cette fin une gamme complète de solutions adaptées aux impératifs du métier. L'instrumentation ABB accompagne le brasseur tout au long de la chaîne de fabrication, de l'arrivée des matières premières à l'usine au conditionnement du produit fini → 1, en vue de préserver constance et qualité optimale, et de veiller au parfait déroulement des opérations.

Débit de boisson

La régulation efficace des débits est l'une des exigences fondamentales de la production brassicole. ABB dispose d'une gamme de débitmètres fonctionnant selon des principes de mesure éprouvés et polyvalents. Le débitmètre massif CoriolisMaster Hygienic FCH400, par exemple, utilise l'effet Coriolis pour mesurer simultanément le débit et la densité, et calculer les concentrations (→ p. 34–36 de ce numéro d'ABB review). Cet appareil en acier inoxydable, conforme aux critères de conception hygiénique EHEDG (*European Hygienic Engineering and Design Group*), affiche une précision pouvant atteindre 1 g/l, voire 0,5 g/l par étalonnage sur site. À l'instar d'autres

instruments ABB destinés à l'industrie alimentaire, le CoriolisMaster transmet ses valeurs sur une boucle 4–20 mA ou d'autres interfaces. En brasserie, il sert notamment à mesurer la densité du moût (liquide issu du mélange de malt concassé et d'eau chaude ou « empâtage ») ou à réguler le dosage de l'extrait de houblon.

Conçu spécialement pour les applications alimentaires, pharmaceutiques et biotechnologiques, le débitmètre électromagnétique HygienicMaster FEH300 d'ABB intervient pratiquement à toutes les étapes du brassage, que ce soit pour doser l'eau ajoutée à la farine de malt (empâtage), surveiller la quantité d'eau utilisée pour l'ébullition du moût (cuisson et houblonnage), et ainsi de suite. Fabriqué dans

L'instrumentation ABB accompagne le brasseur tout au long de la filière, de la réception des matières premières à l'expédition du produit fini.

Photo p. 37

Le vaste catalogue d'instruments de mesure ABB aide les brasseurs et les distillateurs à garantir la constance gustative de leurs produits.



des matériaux agréés par la FDA (*Food and Drug Administration*) et certifiés EHEDG et 3A (normes sanitaires), HygienicMaster est proposé en deux versions de montage : avec électronique intégrée ou à distance. Le modèle FEH500 offre des fonctionnalités améliorées et des diagnostics étendus.

Les applications exigeant plus de robustesse sont le domaine du débitmètre électromagnétique FSM4000. Sa technologie du champ alternatif et son électronique DSP (traitement numérique du signal) le destinent aux procédés évoluant rapidement et nécessitant une grande réactivité ou des dosages de courte durée, par exemple lorsque le fonctionnement cyclique des pompes entraîne des variations de charge d'alimentation.

Le VortexMaster FSV430/450 est un débitmètre à effet vortex offrant une grande étendue de mesure. Dénué de pièces en mouvement, il se prête très bien aux conduites de vapeur ou autres applications exigeantes. Son équivalent en débitmétrie « swirl », le SwirlMaster FSS430/450, fonctionne quasiment sans longueur droite en amont ou en aval. De même, le débitmètre à section variable et tube métallique VA Master FAM540 convient à la mesure de liquides, de gaz ou de vapeur, plus particulièrement de

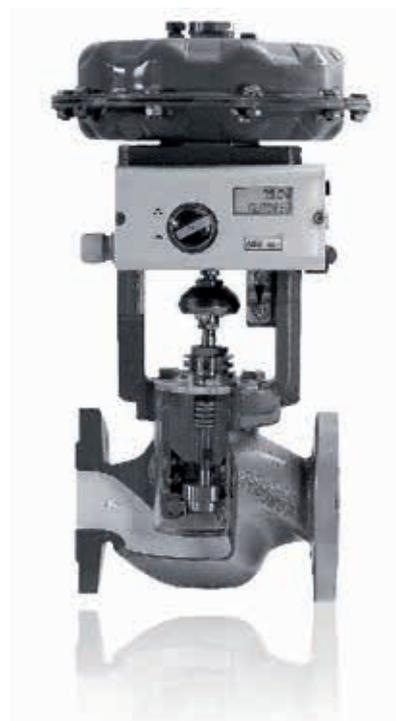
Le débitmètre HygienicMaster FEH d'ABB est quasi omniprésent dans la brasserie.

fluides agressifs ou opaques. En brasserie, il régule par exemple le flux d'air stérile. Les gaz peuvent également être mesurés avec le FMT400-VTCS, qui fournit une lecture directe de débit massique sans compensation supplémentaire de pression, ni de température. Dépourvu de pièces mobiles, l'appareil ne s'use pas et ne nécessite pas d'entretien.

Capteurs et transmetteurs

Dans l'industrie brassicole, il faut autant réguler la température que les débits. ABB propose des capteurs et transmetteurs de température, tels le capteur SensyTemp TSP121 (en versions Pt100 et Pt1000) et le transmetteur à deux fils TTH300. Tous deux permettent de suivre de près les températures critiques à toutes les étapes du process.

Les capteurs ABB de pression, de niveau, ainsi que les sondes et analyseurs de pH sont partout dans une brasserie. Les



vannes, comme la famille de positionneurs électropneumatiques TZIDC, et l'enregistreur Screenmaster SM500F, complètent la panoplie d'instruments ABB taillés pour l'application → 2-3.

Instrumentation intégrée

Si la bière se limite habituellement à quatre ingrédients de base, sa fabrication est loin d'être simple. De multiples variables doivent être étroitement surveillées et régulées tout au long du procédé pour garantir la constance qualitative et gustative du produit fini. ABB offre aux producteurs un guichet unique de solutions d'instrumentation et d'automatisation intégrées qui permettent de remplir ces objectifs tout en optimisant l'utilisation des matières premières, en réduisant la consommation d'énergie et en maximisant le taux de fonctionnement des installations brassicoles.

Frank Frenzel

ABB Automation Products GmbH
Göttingen (Allemagne)
frank.w.frenzel@de.abb.com



La crème de l'instrumentation

Des mesures précises et fiables pour l'industrie laitière

FRANK FRENZEL – Le lait est un mélange complexe qui peut être transformé en une multitude de produits, tels que beurre, crème, fromages et yaourts déclinés à l'envi. Dans les grandes laiteries, la production en circuit fermé est largement automatisée. Compte tenu de la complexité de certaines opérations, de la fragilité de la matière première et des obligations au plan de la sécurité sanitaire, les appareils qui mesurent, surveillent, régulent et pilotent le procédé doivent être précis, fiables, robustes et hygiéniques. L'instrumentation ABB est présente à chaque stade de la fabrication, comme ici sur une ligne de production de lait.



Les capteurs de pression et de température ABB conviennent parfaitement à la plupart des étapes de transformation du lait.

Dans de nombreuses régions du monde, le lait est une importante source de nutrition. Aliment riche, il contient la plupart des nutriments nécessaires à la vie : eau, lipides, protéines, glucides (lactose), enzymes, vitamines, sels minéraux et oligo-éléments. Cet élément de base peut être transformé en beurre, crème, fromage et yaourt, dans d'immenses laiteries fortement automatisées. La complexité de sa composition et les risques sanitaires que peut entraîner le moindre dysfonctionnement du process obligent à soigner tout particulièrement chaque étape de la transformation. Dans les grands sites laitiers, l'instrumentation est quasiment partout pour garantir qualité et constance du produit.

Photo

La fabrication de produits laitiers est une succession d'opérations délicates qui requièrent la fine fleur de l'instrumentation. ABB a les appareils pour surveiller et piloter chaque étape du procédé.

Les différentes unités d'une laiterie (transformation du lait, fabrication de fromages, de yaourts, etc.) présentent de grandes similitudes en matière d'instrumentation. Arrêtons-nous sur l'un des maillons de la chaîne, la ligne de production de lait, pour voir comment les appareils de mesure et de régulation ABB veillent au bon déroulement des opérations → 1.

Dépotage et pasteurisation

Sitôt livré en camion-citerne, le lait cru subit une batterie de contrôles physico-chimiques et bactériologiques ; si les résultats obtenus sont satisfaisants, il est stocké dans des cuves ou directement amené à la ligne de production. À ce stade, les volumes livrés sont généralement calculés par un débitmètre électromagnétique comme l'HygienicMaster FEH300/500 d'ABB. Cet appareil

en acier inoxydable, conforme aux critères d'hygiénicité, comporte un revêtement en PFA (alcoxyde perfluoré) résistant au vide. C'est le débitmètre le plus répandu dans les laiteries instrumentées par ABB. Si le lait a chauffé durant le transport, il est refroidi à 5 °C et conservé dans des cuves réfrigérées ou « tanks ». Les appareils de mesure de pression et de niveau comme les transmetteurs SMW

Le revêtement en Teflon-PFA et les pièces inox du débitmètre HygienicMaster FEH d'ABB garantissent l'hygiène du procédé.

et 261GG/AG d'ABB peuvent en surveiller le niveau de remplissage, à ce stade comme tout au long du process.

Le débitmètre CoriolisMaster se prête bien à la correction en ligne de la concentration en crème.

1 La transformation du lait doit être surveillée et régulée par le meilleur de l'instrumentation.



La pasteurisation est une étape cruciale du circuit de transformation du lait destiné à la consommation ou à l'élaboration de produits laitiers. Le lait est chauffé à environ 74 °C pendant 15 à 30 secondes, puis aussitôt refroidi pour détruire les germes pathogènes et micro-organismes indésirables. Durant ce refroidissement, une grande partie de la chaleur est recyclée dans le circuit par des échangeurs récupérateurs étroitement contrôlés; le lait transformé est maintenu en surpression pour éviter tout contact avec le circuit du lait cru non pasteurisé. Les capteurs de pression et de température ABB, tels le transmetteur pour surpression 261GG/AG, le capteur de température pour applications alimentaires SensyTemp TSHY et le transmetteur de température pour montage en tête TTH300, sont parfaitement adaptés à la plupart des étapes de transformation.

Ici, comme sur toute la chaîne, les débits peuvent être régulés par le positionneur numérique TZIDC d'ABB. Cet appareil communicant en inox associe haute précision, commandes adaptables et fonctions d'équilibrage automatique qui facilitent sa mise en service. Nécessitant peu d'entretien et fonctionnant sur une large plage de températures, c'est le régulateur idéal de la production de lait.

Entretien réduit et large plage de températures font du TZIDC le positionneur par excellence de la production de lait.

Écrémage et dosage en matière grasse

Le lait est décontaminé puis, sa teneur en corps gras étant supérieure aux prescriptions réglementaires, séparé en deux composants : crème et lait écrémé à 0 %. Il repasse ensuite dans un tank mélangeur pour lui ajouter la quantité de matière grasse nécessaire au produit recherché (lait entier, demi-écrémé, écrémé) : c'est la « standardisation ».

Pour optimiser ce dosage, dans le respect des obligations légales, l'opération de mélange doit être finement régulée. À l'instrumentation ABB déjà mentionnée s'ajoutent les débitmètres CoriolisMaster FCB/FCH150 et FCB/FCH450 (→ p. 34–36 de ce numéro d'ABB review). Le CoriolisMaster est un parfait outil de correction



Les transmetteurs SMW et 261GG/AG d'ABB mesurent le niveau des cuves de lait sur toute la chaîne.

en ligne de la concentration en crème : indépendamment de sa mesure précise de débit massique par effet Coriolis, il peut aussi caractériser la densité du produit en utilisant la fréquence de résonance du système rempli, ce qui facilite le suivi des variations de concentration en crème. Sa précision de mesure est de 0,1 %. En présence d'inclusions gazeuses dans le lait, le CoriolisMaster est moins sensible que les autres débitmètres aux erreurs de lecture, même si des phénomènes de cavitation faussent la mesure → 2.

Homogénéisation et conditionnement

Pour éviter que la crème se sépare du lait et remonte naturellement à la surface du produit fini, le lait est passé dans un fin tamis sous pression qui casse les globules de matière grasse. Une technique de cavitation divise ces globules en très fines particules et les disperse dans le milieu, évitant leur agrégation en surface. Ainsi homogénéisé, le lait est prêt à être emballé pour expédition.

L'instrumentation ABB intervient encore ici pour mesurer le débit, la pression et le niveau. Sa tenue aux hautes pressions et sa conception hygiénique sont des atouts indéniables.

Hygiène sans concession

Les opérations quotidiennes de nettoyage et de stérilisation sont gages d'une hygiène irréprochable. Capteurs de température et débitmètres garantissent que les solutions de nettoyage sont à une température suffisante et atteignent toutes les parties du procédé. Des mesures de conductivité déterminent les niveaux d'impuretés éliminées et permettent de savoir si le degré de contamination nécessite l'ajout d'autres agents de nettoyage.

Service compris

ABB n'est pas seulement fournisseur de cette instrumentation automatisée ; il en organise également l'installation et la mise en service, en assure la maintenance périodique et la réparation.

Optimisation

La transformation du lait est un procédé complexe. Pour suivre et piloter les paramètres fondamentaux du process (température, concentration, débit, etc.), garantir la qualité du produit et une hygiène parfaite, une laiterie doit être équipée du meilleur de la technologie de mesure et de régulation. Ces automatismes permettent également d'optimiser l'utilisation du lait cru, de réduire la consommation énergétique et de faciliter les opérations quotidiennes de nettoyage, entre

autres. L'offre ABB respecte parfaitement les exigences et réglementations fortes de la filière.

Frank Frenzel

ABB Automation Products GmbH
Göttingen (Allemagne)
frank.w.frenzel@de.abb.com



Le poids de l'alimentation

Des applications agroalimentaires à plein régime avec l'ASI industrielle *PowerLine DPA* d'ABB

DIANA GARCIA – Dans bien des filières industrielles comme l'agroalimentaire, une panne d'électricité peut avoir des conséquences désastreuses: redémarrage du process par des procédures complexes et coûteuses, mise au rebut de produits onéreux, arrêt de production, détérioration du matériel, soucis de sécurité. Le réseau électrique n'étant pas garant d'une alimentation sûre et « propre », exempt de tout défaut, nombreux sont les industriels à se tourner vers les alimentations statiques sans interruption (ASI) pour assurer la continuité de fonctionnement de leurs installations. Pour des utilisations critiques, ABB a conçu l'ASI PowerLine DPA. DPA (Decentralized Parallel Architecture) est une architecture parallèle décentralisée dont la modularité se traduit par une disponibilité, une maintenabilité et une flexibilité exemplaires, ainsi qu'un faible coût de possession tout au long des quinze années de durée de vie de l'ASI.

Photo p. 44

L'ASI durcie PowerLine DPA garantit la continuité et la qualité de l'alimentation électrique dans les environnements industriels les plus contraignants.

Dans l'industrie, rares sont les incidents aussi dommageables à la production qu'un défaut secteur. Qu'il s'agisse de pannes de courant, de creux de tension ou de surtensions plus ou moins longs, ou encore de parasites sur la ligne, de variations de fréquence ou d'harmoniques..., ces perturbations ont de lourdes conséquences: pertes de données, arrêts inopinés, indisponibilité de services essentiels à l'activité, risques pour le matériel, pertes financières et atteinte à la sécurité. Autant de raisons de sécuriser l'alimentation électrique avec une ASI.

Néanmoins, l'ASI peut également être source de préoccupation en matière de fiabilité et de disponibilité. Aussi ABB a-t-il mis au point l'architecture DPA qui tend vers l'optimum de la disponibilité, de la flexibilité, du coût et de la simplicité d'emploi dans ce domaine.

Modularité

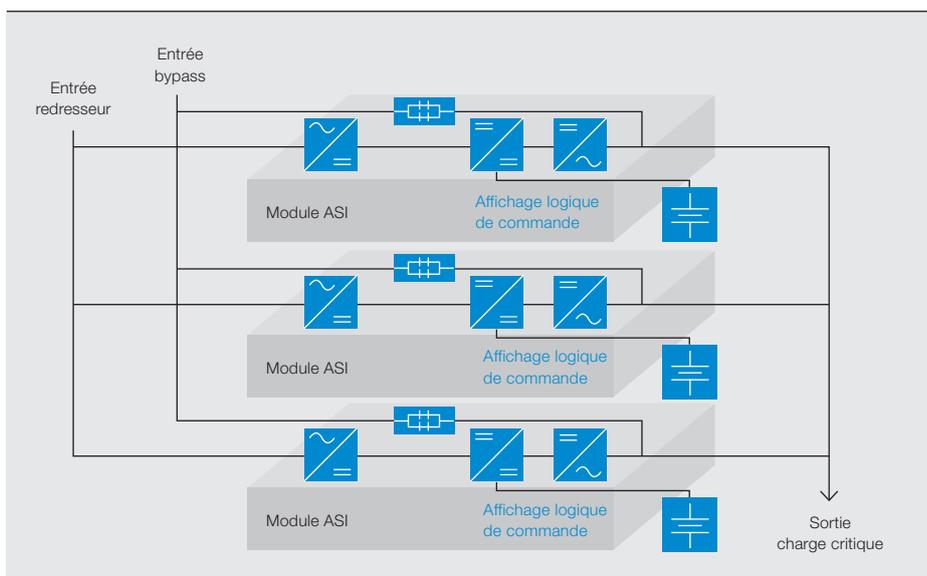
Les systèmes d'ASI à architecture parallèle *centralisée* sont pilotés par un matériel (circuit de dérivation, par exemple) ou un système de contrôle-commande hiérarchisé: dans cette configuration, il suffit que l'un des constituants soit défectueux pour ébranler tout l'édifice. Dans une architecture parallèle *décentralisée*, l'ASI est bâtie autour de modules qui embarquent chacun le matériel et le logiciel nécessaires à un fonctionnement

Une ASI peut poser des problèmes de fiabilité et de disponibilité. La parade réside dans l'architecture DPA d'ABB.

autonome: redresseur, onduleur, chargeur de batterie, contacteur statique (*bypass*), protection anti-retour (évitant la réinjection dans le réseau), commande logique, affichage, synoptique de surveillance et de pilotage → 1. La sortie d'un module n'est pas touchée par les défaillances se produisant dans un autre constituant de l'ASI. En cas de panne de l'un d'eux, la charge bascule automatiquement sur les autres modules. Autre-

Dans l'architecture DPA, chaque module de l'ASI possède tout le matériel et le logiciel nécessaires à un fonctionnement autonome.

1 Chaque module de l'ASI embarque tout le matériel et le logiciel nécessaires à un fonctionnement autonome, sans partage de composants critiques.



ment dit, il s'agit d'un système multimodule tolérant aux pannes, sans aucun point unique de défaillance, offrant une disponibilité maximale.

Les seuls éléments de l'ASI communs à tous les modules, mais qui n'ont pas de rôle actif direct sur le système, sont regroupés dans la structure d'accueil : raccordements d'E/S, interfaces client, bypass de maintenance et afficheur.

Maintenabilité

Point fort de l'architecture DPA : les modules peuvent être insérés et retirés sous tension, sans nécessité de couper l'alimentation

ou de transférer la charge sur le réseau, ni risque pour l'application sensible. Ce remplacement sécurisé des modules répond d'emblée aux exigences de continuité de service, diminue grandement la

durée moyenne de réparation (MTTR) et les stocks de pièces spéciales, simplifie les mises à niveau du système. Des avantages qui se répercutent sur la maintenabilité : les agents de service n'ont pas besoin d'être spécialisés, les techniciens d'intervention passent moins de temps sur site, les risques de pertes de données ou de production sont minimisés.

Évolutivité

À mesure qu'augmente la charge (lancement d'une nouvelle ligne de production, par exemple), la modularité de l'architecture DPA facilite l'extension et la montée en puissance. Inutile de surdimensionner la configuration initiale en prévision des futures évolutions : il suffit d'ajouter ou de retirer des modules, au gré des besoins. Bref, l'utilisateur ne câble, n'alimente et ne refroidit que le nécessaire. La consommation électrique étant la grande préoccupation de nombreux exploitants, cette approche modulaire procure d'importantes économies d'énergie sur toute la durée de vie de l'ASI.

Point fort de DPA, les modules peuvent être retirés ou insérés sous tension, sans avoir à couper l'alimentation ni à basculer sur le réseau principal.

Outre son impact notable sur les coûts globaux, le remplacement sous tension des modules contribue à l'obtention de la disponibilité des « six neuf » (99,9999 %) tant prisée par les industriels dans la course au zéro arrêt.

PowerLine DPA

Dernière innovation de la gamme de protections électriques ABB bâties sur



La nouvelle ASI d'ABB s'appuie sur l'architecture DPA pour lever les nombreuses contraintes du déploiement d'équipements électriques sophistiqués en environnement industriel difficile.

l'architecture DPA, PowerLine DPA → 2-3 est spécialement conçue pour surmonter les nombreux obstacles au déploiement d'équipements électriques sophistiqués en environnement contraignant.

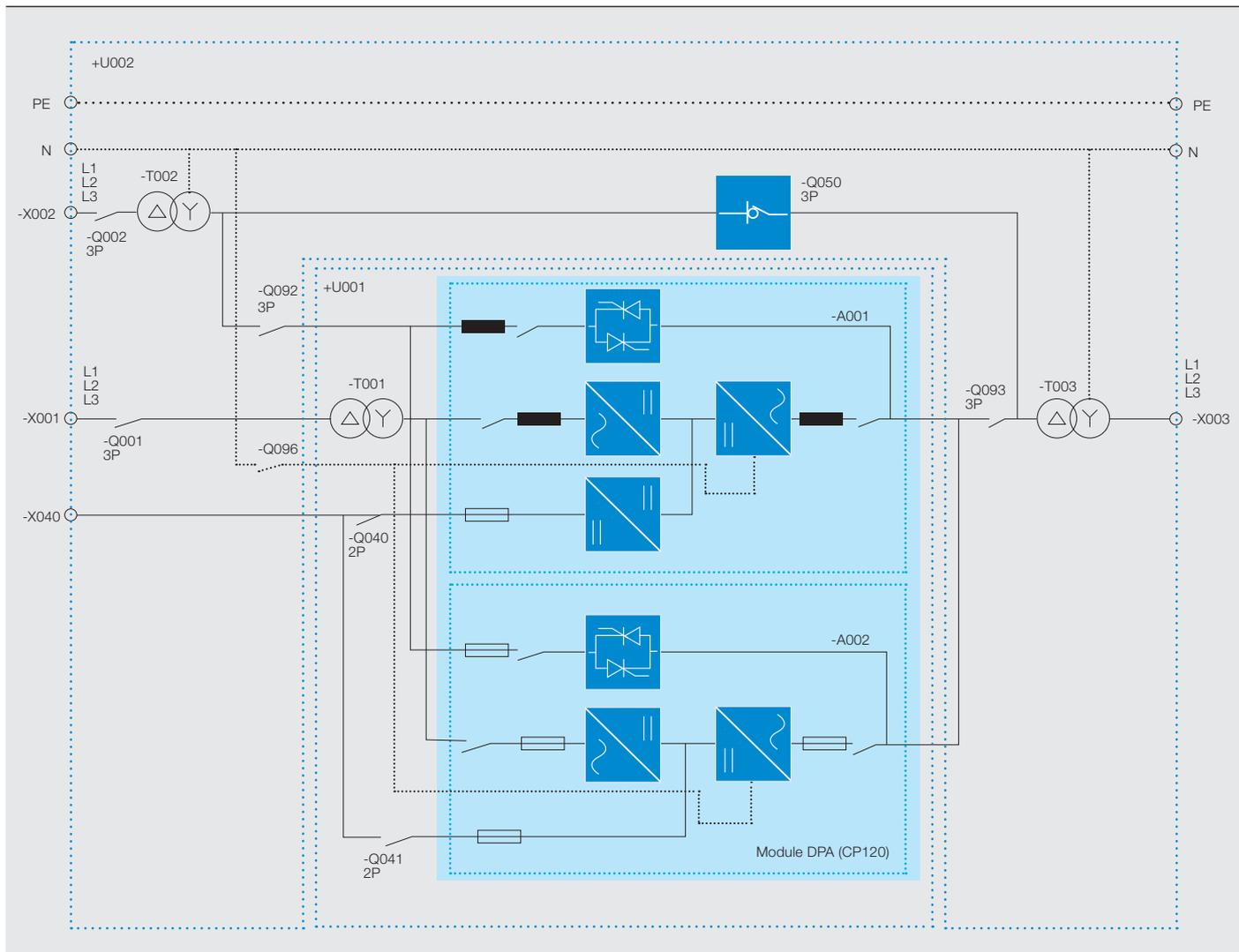
La tenue aux ambiances difficiles est ici cruciale ; d'où l'attention particulière portée à la robustesse de l'ASI. Protégée IP31, PowerLine DPA se joue de la poussière, de la condensation, de l'humidité (jusqu'à 95 %), de la corrosion et des chocs. Elle est conçue pour fonctionner dans une plage de température de -5 à +45 °C. Sécurité oblige, PowerLine DPA garantit un haut niveau de protection des utilisateurs comme du personnel de maintenance. Sa conformité normative (CEI/EN 62040-1 pour les exigences générales et les règles de sécurité, CEI/EN 62040-2 pour la compatibilité électromagnétique et CEI/EN 62040-3 pour la spécification des performances et les procédures d'essai) est validée.

Dans un site industriel, l'espace occupé par les équipements électriques est souvent limité ou cher, compte tenu du prix du foncier. PowerLine DPA a pour cela

deux atouts : une faible emprise au sol et une entrée de câbles en face avant (par le haut et par le bas), qui évite de passer par l'arrière et de ménager un dégagement supplémentaire.

PowerLine DPA est une ASI « à double conversion » : en entrée, le courant alternatif (CA) fourni par le réseau est redressé en courant continu (CC) ; en sortie, celui-ci est reconverti par l'onduleur en un courant alternatif stabilisé en tension et en fréquence pour donner une sinusoïde pure. Ces deux étages isolent la forme d'onde de la tension de sortie des imperfections de l'alimentation CA.

PowerLine DPA est basée sur le principe de la modulation de largeur d'impulsions (MLI) et utilise des composants électroniques de puissance pour abaisser le taux de distorsion harmonique du courant d'entrée à moins de 3 %, réduisant ainsi les déformations de la tension réseau susceptibles de dégrader le fonctionnement d'autres équipements raccordés à l'alimentation. L'ASI peut intégrer des transformateurs d'isolement d'entrée/



sortie pour renforcer la sécurité et assurer son isolation galvanique et celle de la charge aval. Une précaution nécessaire, par exemple, lorsque l'alimentation CA de l'ASI provient d'un appareillage électrique ou d'un départ-moteur, et partage les jeux de barres avec des charges déformantes comme les variateurs de fréquence.

Des transformateurs élévateurs/abaisseurs sont utilisés pour des besoins spécifiques de tension. Conçue pour des puissances assignées de 20 à 120 kVA, PowerLine DPA possède en outre une capacité de surcharge élevée et de court-circuit robuste. Sa gamme de tensions d'entrée et de sortie (tri-phasées) de 220 à 415 VCA l'affranchit des installations électriques onéreuses et facilite grandement la maintenance.

Résistance anti-condensation, anneaux de levage, filtres anti-poussière, protection IP42 en option, câbles sans halogène et fonction de reprise de service après panne générale sont les autres traits distinctifs qui en font l'ASI des applications exigeantes.

Parc d'accumulateurs

La plupart des procédés industriels soutire beaucoup d'énergie d'une ASI. PowerLine DPA est équipée d'accumulateurs au plomb-acide à régulation par soupape

Protégée IP31, PowerLine DPA endure les ambiances poussiéreuses, humides et corrosives, et les mauvais traitements.

(VLRA) ou de batteries nickel-cadmium (NiCad) offrant jusqu'à 10 heures d'autonomie. La recharge rapide permet de

rétablir le niveau des batteries aussi vite que possible.

Surveillance à distance

En cas de panne de courant, tous les intervenants doivent être rapidement et pleinement informés de l'état du système. Pour cela, PowerLine DPA peut embarquer des cartes relais et une carte de gestion de réseau assurant le couplage à un système de contrôle-commande distribué ou un superviseur via SNMP, Modbus TCP ou Modbus RS 485.

L'ASI bénéficie d'un encombrement réduit et d'un passage de câbles frontal, qui évite l'accès par l'arrière et la nécessité de prévoir un dégagement supplémentaire.

Ces interfaces sont multifonctions : surveillance de l'environnement, gestion et diffusion évoluées d'alarmes, surveillance redondante de l'ASI, intégration de PowerLine DPA à des solutions multi-fournisseurs et multiplates-formes, transmission des données à des applications web.

Grâce à cette connectivité, notamment par Modbus et SNMP, l'ASI fait partie intégrante de l'Internet des objets, des services et des personnes (IoTSP). Elle devient un périphérique à part entière d'un réseau d'échange et d'interaction entre systèmes de production industriels. L'ASI peut ainsi collaborer avec le contrôle-commande de procédé et rendre ses données accessibles en temps réel à l'ensemble de la chaîne de valeur et de la chaîne logistique. Cette présence sur le réseau renforce les performances globales en matière d'acquisition de données, d'exploitation, de maintenance et de services avancés.

En local, commande et mesure passent par une interface homme-machine constituée d'un écran graphique affichant le synoptique de l'ASI, son état de fonctionnement (normal, sur batteries, par circuit bypass) et des alarmes programmables.

L'ASI du futur

La continuité de fourniture d'une énergie propre et sûre est vitale pour un grand nombre de secteurs industriels : transport, exploitation minière, agro-alimentaire, entre autres. L'ASI durcie PowerLine DPA d'ABB est à la hauteur de l'enjeu. Son architecture modulaire facilite sa maintenance et son extension. Le remplacement des modules sous tension évite toute mise hors service et procure une disponibilité hors pair : l'ASI est conçue pour tourner en continu pendant 15 ans.

PowerLine DPA affiche jusqu'à 97 % de rendement et un facteur de puissance unitaire qui dopent les performances, optimisent l'investissement, facilitent et sécurisent son fonctionnement et sa maintenance dans un large éventail d'environnements industriels. Autant de caractéristiques qui en font une ASI à très faible coût total de possession.

Avec ses batteries VLRA ou NiCad, PowerLine DPA offre jusqu'à 10 heures d'autonomie.

Diana Garcia

ABB Discrete Automation and Motion,
Power Converters
Turgi (Suisse)
diana.garcia@ch.abb.com

À l'unisson

Les variateurs ABB font l'harmonie dans l'industrie agroalimentaire

TIMO HOLTINEN – Tout client qui achète une machine s'attend à ce qu'elle traite ses produits avec soin, sans fausse note. Cela va de soi pour les lignes de production d'aliments et de boissons, mais vaut également pour les équipements électriques qui font tourner l'usine. Or le réseau d'alimentation est très sensible aux « harmoniques », ces tensions et courants qui oscillent à des fréquences plus élevées que la fondamentale, dans le sillage de plusieurs types de matériels perturbateurs. Ce phénomène peut entraîner un échauffement anormal ou un dysfonctionnement des autres appareils raccordés au réseau. Si les solutions existent pour compenser ou limiter ces nuisances, l'idéal est encore de traiter le mal à la source ! ABB propose à cet effet une gamme de variateurs à très faibles taux d'harmoniques.

La nature regorge de phénomènes cycliques, qu'il s'agisse du mouvement d'une roue, de l'ondulation des vagues ou de la succession des saisons. Le terme « cycle » lui-même suggère un phénomène périodique à vitesse constante, représenté en mathématique par la fonction sinus. Toutefois, cette seule fonction ne suffit pas à caractériser les exemples ci-dessus (hormis peut-être celui de la roue) car des perturbations peuvent déformer l'onde fondamentale. Il s'agit de cycles de fréquence plus élevée, également représentés par une fonction sinus, qui se superposent au cycle de base. Pour filer la métaphore, pensons à la température extérieure qui suit le rythme annuel des saisons mais varie aussi en fonction des cycles journaliers, beaucoup plus courts.

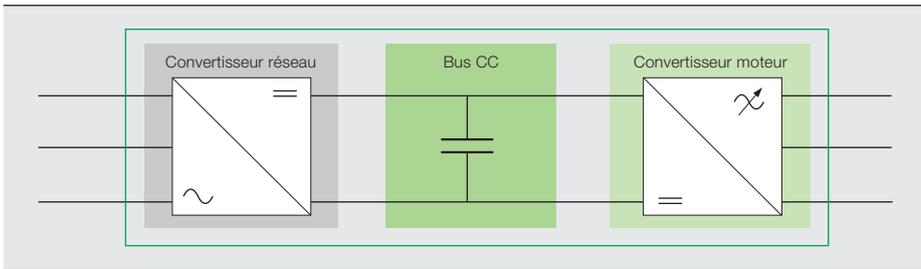
Les harmoniques ne constituent pas un problème en soi. Sans eux, les instruments de musique auraient tous le même son, les musiciens peineraient à jouer d'un instrument à cordes et les surfeurs ne prendraient guère de plaisir à glisser sur les vagues. Par contre, dans un

système électrique, les harmoniques peuvent être dévastateurs. Les alternateurs des centrales tournant à vitesse constante et régulée, le courant injecté dans le réseau de distribution a, en théorie, une forme sinusoïdale. En pratique, ce n'est pas vraiment le cas à cause des harmoniques engendrés par les démarreurs de moteurs, les variateurs de vitesse, les postes à souder, les alimentations sans interruption ou encore les ordinateurs.

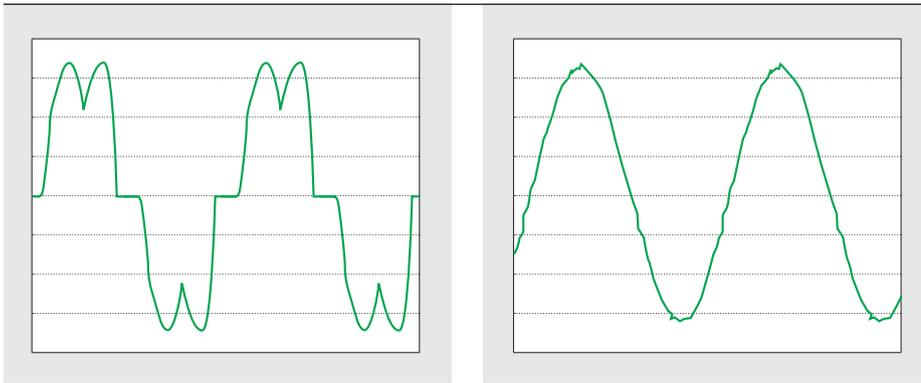
Les harmoniques peuvent nuire au bon fonctionnement des systèmes et équipements raccordés au réseau.

Ces harmoniques ont un effet néfaste sur les autres charges connectées au réseau : ils provoquent l'échauffement des câbles, moteurs, transformateurs et autres matériels raccordés à la même alimentation, ce qui gaspille de l'énergie, exige un refroidissement supplémentaire et finit par endommager l'équipement. Enfin, les harmoniques font papilloter les afficheurs des appareils électroniques et les éclairages, déclenchent les disjoncteurs et faussent les mesures.

1 Le convertisseur réseau, source d'harmoniques sur le réseau



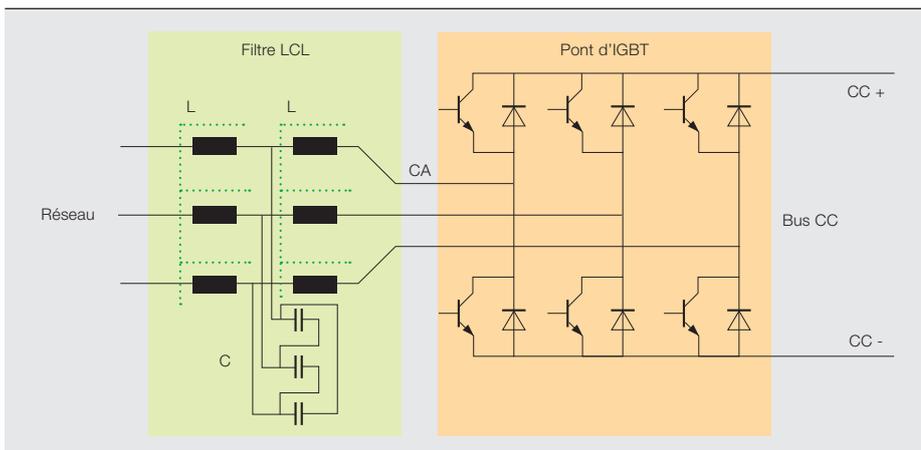
2 De 30 à 50 % du courant total, les harmoniques sont ramenés à 5 %.



2a Pont de diodes

2b Alimentation active

3 Convertisseur réseau actif avec filtre réseau intégré



Pourquoi un variateur de fréquence crée-t-il des harmoniques ? Cet appareil convertit une entrée fixe de tension et de fréquence, fournie par le réseau, en une valeur de sortie variable, généralement pour alimenter et piloter un moteur. La conversion passe par un circuit intermédiaire ou « bus continu commun », moyennant deux convertisseurs montés dos à dos : le premier redresse le courant alternatif (CA) du réseau d'alimentation en courant continu (CC), que le second reconvertit en CA à la tension et à la fréquence voulues → 1. Dans les variateurs de fréquence, le circuit redresseur le plus courant est un pont de diodes hexaphasé (6 pulses) → 2a. Inconvénient : des courants harmoniques remontent vers le réseau. Les harmo-

niques de rangs 5 et 7, de fréquence égale à 5 et 7 fois la fréquence fondamentale, sont prépondérants ; ils peuvent entraîner une distorsion de 30 à 50 % du courant total.

Le problème n'a rien de nouveau et nombreux sont les remèdes : filtres actifs ou passifs, inductances de lissage ou redresseurs multiphasés avec transformateurs à plusieurs enroulements, etc. Reste qu'il vaut mieux prévenir que guérir : c'est pourquoi ABB propose des variateurs qui, par leur conception même, minimisent les taux d'harmoniques. Associée à l'alimentation active intégrée au variateur et au filtre réseau → 2b-3, cette solution peut faire chuter le taux

4 Variateur ACS800-31 d'ABB



de distorsion harmonique de courant à moins de 5%. Dans ce cas, le pont redresseur n'est pas constitué de diodes mais de transistors IGBT (→ p. 58 de ce numéro d'ABB review) qui modulent et lissent la forme d'onde.

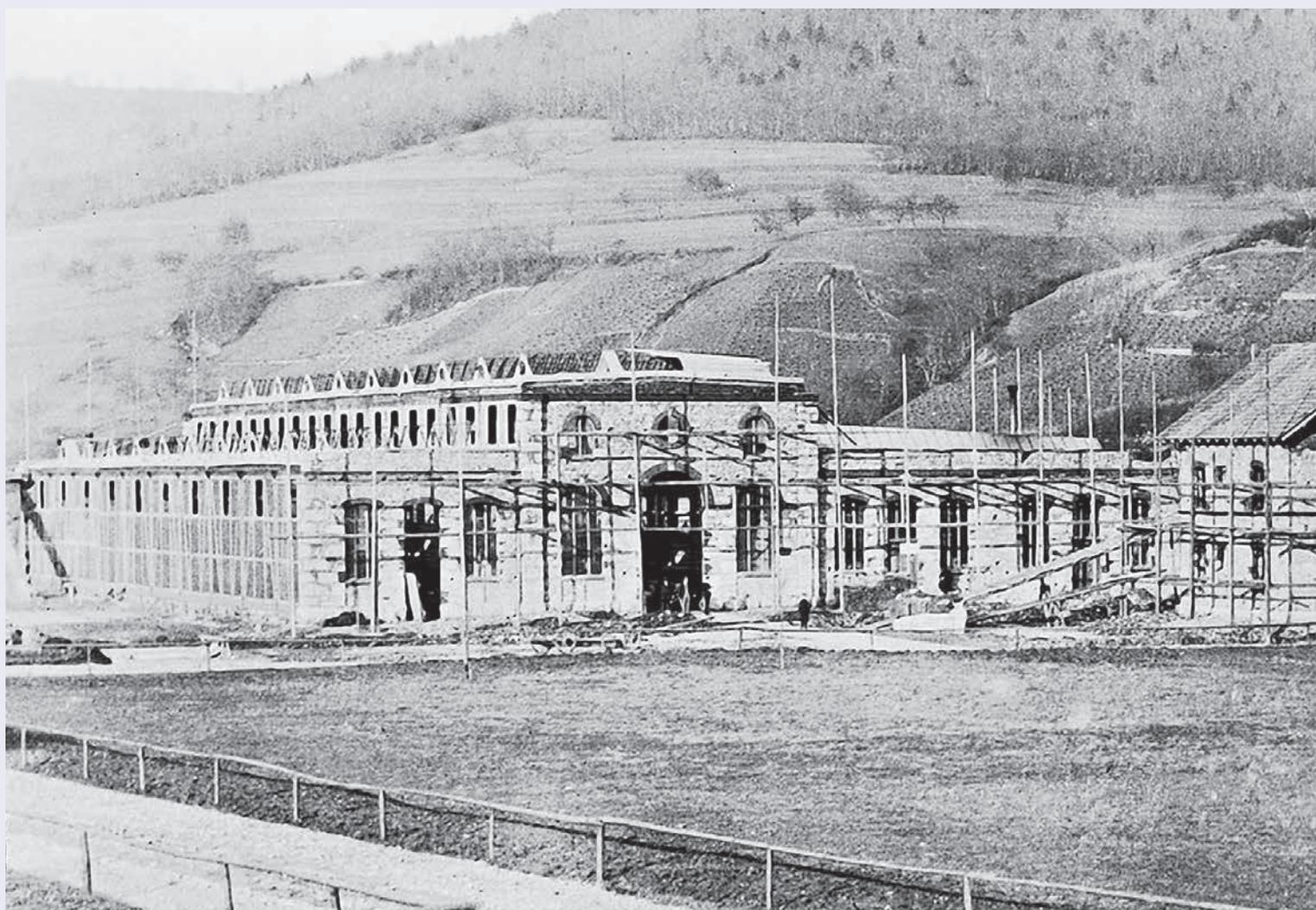
La gamme d'appareils à très faibles taux d'harmoniques ABB comprend par exemple le variateur ACS800-31 en montage mural → 4, pour des puissances jusqu'à 110 kW. Équipé de filtres RFI et de modules d'extension d'E/S, et protégé IP21, il convient parfaitement à de nombreuses applications agroalimentaires.

Pour les plus fortes puissances (jusqu'à 2800 kW), ABB propose l'ACS800-37 monté en armoire, avec protection IP54.

Les variateurs ABB, faciles à installer et à configurer, se prêtent à une grande diversité d'environnements de travail et de classes de puissance.

Timo Holttinen

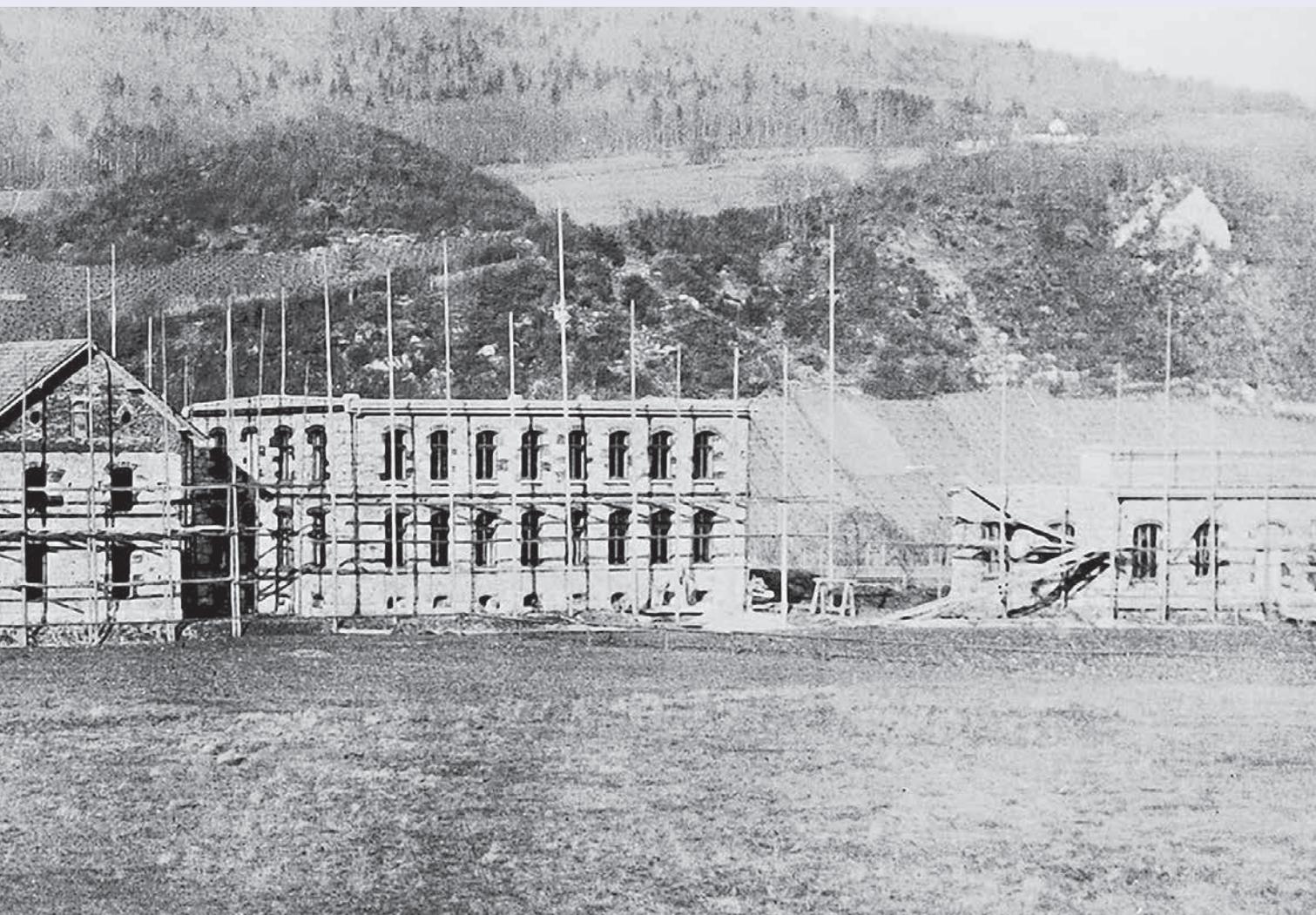
ABB Discrete Automation and Motion,
Drives and Controls
Helsinki (Finlande)
timo.holttinen@fi.abb.com



125 ans d'ABB

L'innovation suisse par excellence

MALCOLM SHEARMUR – Le 2 octobre 1891, Charles Brown et Walter Boveri créent à Baden une entreprise destinée à exploiter les atouts d'une nouvelle technologie prometteuse: l'électricité. La vision et l'esprit d'entreprise de ses fondateurs ont fait de Brown, Boveri & C^{ie} (BBC) une pionnière, à l'origine de nombreuses innovations incontournables aujourd'hui. En 1883, quelques années avant la naissance de BBC, le Suédois Ludvig Fredholm, fabricant de dynamos et d'éclairages électriques, fonde ASEA, autre précurseur de nombreuses applications industrielles et énergétiques. En 1988, les deux entreprises fusionnent pour donner ABB. Cet article, premier d'une série consacrée aux grandes réussites d'ABB et de ses devancières depuis 125 ans, s'intéresse à l'impact qu'ont eu les développements et produits du Groupe sur notre société.



Brown et Boveri étaient parfaitement complémentaires : le premier, brillant ingénieur, conçut le transformateur et l'alternateur de la première centrale électrique à haute tension (HT), à Lauffen (Allemagne) ; le second, tout aussi inspiré, fut un homme d'affaires visionnaire qui insuffla à BBC une dimension européenne.

Dès le début, l'innovation était inscrite dans l'ADN de BBC : moins d'un an après sa création, la société électrifiait sa propre usine et construisait la première centrale d'énergie de Baden. Dès 1895, elle équipait en matériel électrique le tramway de la ville suisse de Lugano. En 1897, BBC mettait au point le premier disjoncteur à huile HT, point de départ de l'expertise ABB dans les appareillages et postes électriques.

Photo

Construction des premiers bâtiments industriels BBC en 1891, à Baden (Suisse)

La fée électricité

La réussite de BBC doit beaucoup à la conviction de ses fondateurs que l'électricité allait révolutionner le monde. Ces inventeurs de génie étaient tellement persuadés que les locomotives électriques remplaceraient les machines à vapeur que c'est sur ses propres deniers que BBC finança l'électrification du tunnel du Simplon entre la Suisse et l'Italie. Six ans plus tôt, la société avait développé une locomotive à traction électrique qui circula sur la première ligne électrifiée à voie normale entre Berthoud et Thoun, marquant le début de l'épopée du chemin de fer électrique.

Ces temps forts ne sont que quelques exemples des percées technologiques qui ont fait de BBC, et plus tard d'ABB, un champion de l'innovation. Dans les

années 1940, BBC met au point la première locomotive à grande vitesse à entraînement direct, améliorant le rendement et la fiabilité de la traction ferroviaire, puis, vers 1960, les premiers

La réussite de BBC doit beaucoup à la conviction de ses fondateurs que l'électricité allait révolutionner le monde.

broyeurs de cimenterie sans réducteur. Dans les années 1970, c'est un transformateur BBC qui détient le record de puissance mondial. La décennie suivante, l'équipementier fournit les systèmes de transport et de production d'électricité de la plus grande centrale hydroélectrique au monde : encore une première BBC !

Dans les années 1940, BBC met au point la locomotive à grande vitesse à entraînement direct, puis, vers 1960, les broyeurs de cimenterie sans réducteur.

As de l'innovation

Depuis sa naissance en 1883, le Suédois ASEA a été pionnier dans les domaines des transformateurs, moteurs et génératrices triphasés. La société a construit et mis en service des centrales nucléaires de A à Z, et a très tôt compris le potentiel de la robotique, commercialisant son premier robot industriel en 1974.

Mouvement perpétuel

Depuis la fusion, en 1988, de BBC et d'ASEA en ABB, le Groupe n'a eu de cesse d'innover dans ses deux cœurs de métier, l'énergie et l'automatisation. Les progrès technologiques garantissent la fiabilité de la fourniture électrique et améliorent la productivité tout en diminuant l'impact sur l'environnement. ABB demeure chef de file dans de nombreux domaines: la robotique industrielle, qui améliore la qualité et la sécurité des procédés de fabrication; la variation électronique de vitesse, qui diminue la consommation électrique des moteurs; les systèmes d'automatisation, qui pilotent au meilleur coût les usines; sans oublier le courant continu haute tension (CCHT) pour transporter l'électricité sur de longues distances avec de faibles pertes.

Somme toute, de nombreux bienfaits de la technologie qui semblent aller de soi, comme la disponibilité de l'électricité ou la qualité constante de la production manufacturière, découlent de technologies mises au point par ABB ou ses sociétés d'origine ASEA et BBC depuis 125 ans.

Partout à vos côtés

Aujourd'hui, les appareils ABB sont omniprésents: en orbite autour de la Terre ou sous nos pieds, au fond des océans comme sur les flots. La technologie ABB équipe maisons, bureaux et usines, mais aussi les centrales d'énergie et stations de traitement de l'eau, les champs agricoles ainsi que les trains et bus qui sillonnent les réseaux de transport.

ABB a vocation à nouer des relations durables et créatrices de valeur avec ses clients, fournisseurs, partenaires, collaborateurs, ainsi qu'avec les interlocuteurs des collectivités et populations qu'il accompagne au quotidien. ABB entend associer aux festivités de cet anniversaire tous ceux qui ont contribué à sa réussite.

2016, année faste

Pour fêter son 125^e anniversaire, ABB a prévu un certain nombre d'événements en Suisse et dans le monde, dont une soirée de gala, en octobre, qui réunira clients, officiels et autres hôtes d'honneur. Les réjouissances commencent dès juin avec la participation d'ABB à l'inauguration du plus long tunnel ferroviaire au monde, le tunnel de base du Saint-Gothard, dont il a été un artisan majeur, à l'instar de BBC lors de l'électrification du Gothard, à la fin du XIX^e siècle.

Ces manifestations seront l'occasion de présenter quelques-unes des innovations concoctées par les 8500 ingénieurs et scientifiques du Groupe. Un exemple: la hausse de la demande en énergie renouvelable complexifie les réseaux électriques. Pour y remédier, les solutions ABB améliorent le rendement et la fiabilité de la desserte électrique, vitale pour le bien-être des populations et la prospérité des entreprises du monde entier. En outre, dans l'industrie, la révolution numérique ouvre de nouvelles pistes de productivité, de connectivité et d'interaction homme-machine: bienvenue dans l'Internet des objets, des services et des personnes (IoTSP)!

ABB est une entreprise multiculturelle qui, à l'échelle planétaire, évolue dans un monde féru de technologie. Main dans la main avec tous ses partenaires et interlocuteurs, le Groupe se réjouit de célébrer 125 ans de réussite et de partager à cette occasion ses passionnants projets pour l'avenir.

125
YEARS SERVING
THE WORLD FROM
SWITZERLAND
www.abb.com

Malcolm Shearmur

ABB Corporate Communications
Zurich (Suisse)
malcolm.shearmur@ch.abb.com

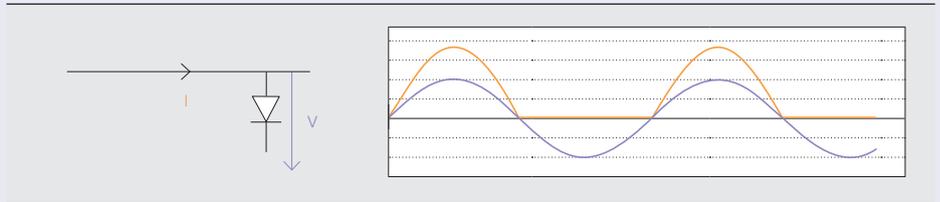


Semi-conducteurs ABB

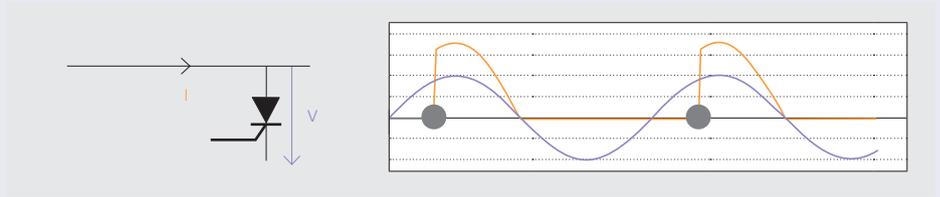
L'électronique de puissance, d'hier à aujourd'hui

ANDREAS MOGLESTUE, MUNAF RAHIMO, SVEN KLAKA, CHRISTOPH HOLTSMANN – Quel est le point commun entre une locomotive, un poste de conversion CCHT et un chargeur de téléphone ? Tous transforment une forme d'énergie électrique en une autre. Et il y a fort à parier que les plus récents d'entre eux reposent sur l'électronique de puissance. Depuis plus de 60 ans, ABB et ses sociétés d'origine développent et fabriquent des semi-conducteurs de puissance, ces petits et robustes composants de commutation au cœur des convertisseurs statiques.

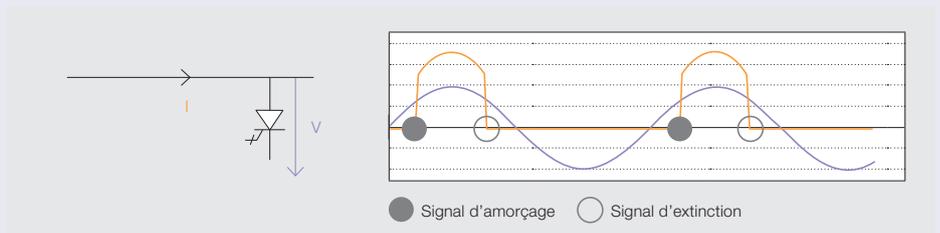
1 Comparatif des performances



1a Diode



1b Thyristor



1c GTO

Par « révolution des semi-conducteurs », on entend l'émergence récente et rapide des nouvelles technologies de l'information, de la communication et du loisir. Jamais autant de personnes n'ont utilisé les réseaux sociaux ou acheté et vendu en ligne, et ce grâce aux procédés permettant de fabriquer des semi-conducteurs à haute densité d'intégration et bas coût unitaire. Une autre révolution, plus discrète mais tout aussi fondamentale pour les bouleversements des dernières décennies, concerne l'électronique de puissance.

Cette dernière permet de faire passer l'électricité d'un niveau de fréquence ou de tension à un autre, d'une manière sûre, efficace et économique. Prenons le cas des moteurs électriques qui, selon les estimations, consomment 65 % de la production totale d'électricité. En leur assurant une commande plus performante, l'électronique de puissance offre un extraordinaire gisement d'économies en termes de ressources et d'émissions. De même, son utilisation dans le réseau électrique, avec les technologies FACTS et CCHT par exemple, régule le flux de

puissance, permettant de transporter plus de courant avec moins de pertes. Du côté des énergies renouvelables, l'essor fulgurant du solaire et de l'éolien ces dernières années aurait été vain sans convertisseurs à électronique de puissance pour raccorder ces nouvelles sources au réseau.

Mais qu'est-ce exactement qu'un semi-conducteur ?

Un parfait intermédiaire

Un semi-conducteur est un matériau dont la conductivité se situe entre celle d'un conducteur et celle d'un isolant. Son niveau de conductivité dépend notamment de la présence d'impuretés,

Sans semi-conducteurs de puissance, pas de révolution des énergies renouvelables !

de la géométrie, des champs électriques, de la température, de la pression et de la lumière. Les semi-conducteurs conviennent donc à de multiples applications de détection. Qui plus est, leurs variables

Photo p. 55

Le site de Lenzbourg, avec l'usine d'origine dédiée aux composants bipolaires (à gauche) et la nouvelle unité BiMOS (à droite)

1954	Premiers développements des semi-conducteurs ASEA à Ludvika (Suède) et BBC à Baden (Suisse)
1956	Commercialisation de la diode BBC (100 V/100 A)
	Premier thyristor BBC de 1,2 kV/100 A
1961	Diodes de 650 V/200 A
1969	Inauguration de l'usine BBC de Lampertheim (Allemagne)
1970	Thyristors de 3 kV/800 A
1976	Mise au point par BBC du dopage par transmutation neutronique
1977	Inauguration de l'usine BBC de Lenzbourg (Suisse)
1980	Thyristors de 5 kV/2 kA
1988	Fusion d'ASEA et de BBC en ABB
1990	Vente de Lampertheim à IXYS
1991	Regroupement des activités ABB Semiconductors à Lenzbourg
1992	Premier IGBT de 4,5 kV/600 A
1995	Premiers exemplaires d'IGCT de 4,5 kV/3 kA
	Thyristors GTO et diodes de 4,5 kV/4 kA
1996	IGBT de 3,3 kV/1,2 kA pour la traction électrique
	Lancement du thyristor à commande bidirectionnelle BCT (<i>Bidirectional Controlled Thyristor</i>)
	Lancement d'une offre ABB complète d'IGCT de 500 kW à 9 MW
1997	IGBT de 4,5 kV/1,2 kA à radiateur intégré pour la traction électrique
	IGBT de 2,5 kV/700 A pour HVDC Light®
1998	Fabrication de tranches IGBT de 5 pouces (125 mm) à Lenzbourg
2000	IGBT de 2,5 kV en boîtier pressé StakPak pour HVDC Light
2001	Lancement de la plate-forme IGBT à technologie SPT (<i>Soft Punch-Through</i>) à tranches minces de 1,2 kV à 1,7 kV
2003	Plate-forme IGBT/diode SPT à haute tension avec aire de sécurité record
	IGBT en boîtier moulé HiPak de 2,5 kV à 3,3 kV
2005	Fabrication de tranches IGBT de 6 pouces (150 mm) à Lenzbourg
	Plate-forme IGBT SPT haute tension en boîtier moulé HiPak de 3,3 kV à 6,5 kV
2006	Plate-forme IGBT SPT+ à faibles pertes de 1,2 kV à 6,5 kV
2007	Plate-forme IGCT HPT (<i>High-Power Technology</i>) pour les fortes puissances
	Thyristors de 8,5 kV/8 kA
2009	Lancement du transistor bimode à grille isolée BIGT (<i>Bimode Insulated Gate Transistor</i>) haute tension
	Extension de capacité à Lenzbourg et acquisition de Polovodice
2010	IGBT de 4,5 kV en boîtier pressé StakPak pour HVDC Light
	Présentation de la technologie IGCT à 10 kV
2011	Démonstration de la technologie BIGT pour disjoncteur CCHT
2013	Inauguration à Baden-Dättwil d'un labo spécialisé dans les matériaux à large bande interdite
	Lancement de la technologie BGCT (IGCT + diode à conduction inverse sur la même tranche)
2014	Premiers IGBT à tranchées



En 1961, BBC fabrique son premier thyristor.

d'entrée et de sortie sont liées, ce qui les rend intrinsèquement commandables. Le transistor, peut-être le plus connu de tous, permet de réaliser un amplificateur simple: une antenne capte un signal faible, le filtre et le redresse selon les besoins, puis l'envoie vers un transistor qui l'amplifie et le dirige vers une sortie raccordée à un haut-parleur. C'est le principe même du poste radio.

En électronique de puissance, les besoins sont différents. La conversion de puissance doit être aussi efficace que possible, non seulement pour des questions de coût, mais aussi parce que les pertes engendrées par la transformation échauffent et donc endommagent le matériel. C'est pourquoi les semi-conducteurs de puissance sont conçus pour fonctionner comme des interrupteurs à deux états (passant ou bloqué) et non comme des amplificateurs.

La diode

La diode est le plus simple des composants de puissance → 1a. Elle laisse passer le courant dans un sens et le bloque dans l'autre, redressant le courant alternatif (CA) en courant continu (CC). Si le dispositif est connu depuis 1874, année où Karl Ferdinand Braun observa les propriétés de redressement des sulfures métalliques, les diodes à semi-conducteurs

pour applications de puissance ne sont apparues que dans les années 1950.

En 1954, les deux sociétés à l'origine d'ABB, BBC et ASEA, lancent le développement de diodes semi-conductrices, qui seront commercialisées en 1956 → 2.

Le thyristor

Les redresseurs à diodes ont des inconvénients, notamment l'impossibilité de commander leur sortie. Le thyristor a pour lui l'avantage de pouvoir être amorcé par l'injection d'un courant dans une troisième électrode, la «gâchette». Mais alors, à quoi bon un interrupteur qui ne peut que s'allumer? Et qui irait installer un interrupteur lumineux incapable de s'éteindre? En fait, bon nombre de variateurs d'éclairage fonctionnent sur ce principe car il n'est pas besoin dans ce cas de forcer l'extinction; elle se produit tout naturellement au passage par le zéro de courant → 1b. C'est en faisant varier l'angle de phase de l'allumage que l'on régule la puissance moyenne initiale de la lampe. Outre sa fonction de redresseur commandé, le thyristor peut aussi faire office d'onduleur (conversion CC-CA), à condition qu'il y ait commutation côté CA, grâce à une production locale d'énergie, par exemple.

On doit la première description du thyristor à William Shockley en 1950; BBC débuta la production en 1961.

Le thyristor GTO

Même si le thyristor a de nombreuses applications, il peut s'avérer utile de pouvoir éteindre le dispositif. C'est



En 1998, ABB construit une nouvelle usine de tranches IGBT pour internaliser toute la production.

notamment le cas pour la modulation de largeur d'impulsions (MLI), qui convertit le courant continu en courant alternatif sans commutation locale, avec en plus l'avantage de générer moins d'harmoniques, donc d'éviter les filtres.

La solution? Le thyristor blocable par la gâchette GTO (*Gate Turn-Off thyristor*). De fonctionnement similaire au thyristor, ce composant peut en outre être éteint par un courant de polarité inverse sur la gâchette → 1c.

Le thyristor GTO existe depuis les années 1960, mais ASEA comme BBC ont tardé dans ce domaine : ce n'est qu'en 1980 que BBC commercialise son premier GTO.

Le transistor IGBT

Dans les années 1990, un nouveau dispositif fait son apparition : le transistor bipolaire à grille intégrée IGBT (*Integrated-Gate Bipolar Transistor*) est commandé en tension et non en courant, facilitant grandement la commande de gâchette. De plus, comme sa tension augmente en cas de court-circuit et limite par là même le courant, il est plus stable en fonctionnement que les dispositifs bipolaires de la précédente génération, ce qui simplifie le circuit de protection. Enfin, un IGBT n'ayant pas besoin d'être implanté dans un boîtier pressé, son montage et son remplacement sont plus faciles.

En 1992, ABB se lance dans la fabrication des IGBT ; en 1998, il construit une nouvelle usine de tranches IGBT à

Lenzburg (Suisse) pour internaliser toute la production.

Si, à l'origine, les applications d'entraînement étaient leur domaine privilégié, les IGBT ont conquis les réseaux électriques à partir de 1997, avec l'introduction de la technologie HVDC Light.

L'IGCT

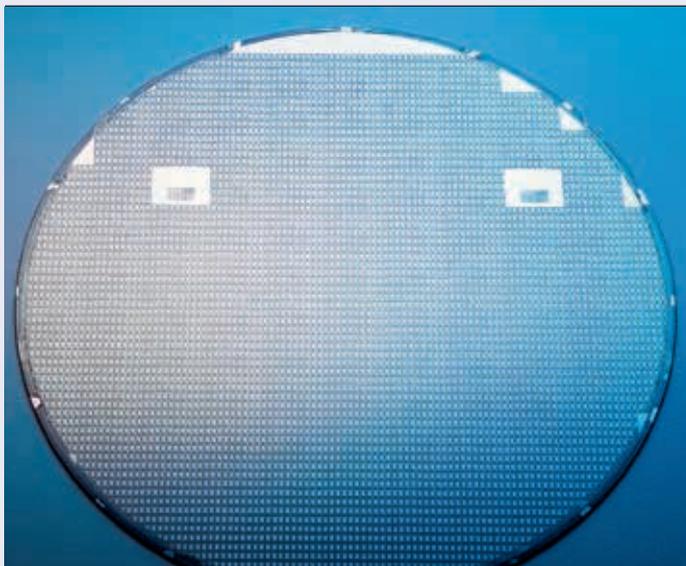
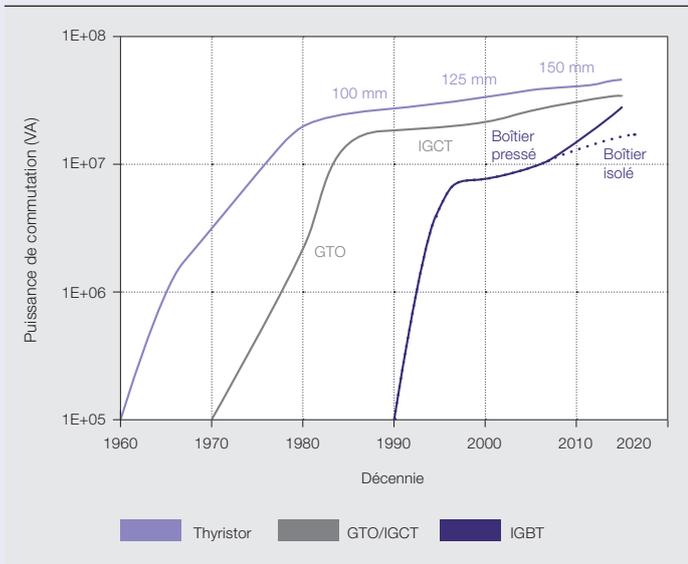
Contre toute attente, la rapide progression des IGBT n'a pas condamné les GTO, qui restent toujours très demandés, en particulier dans les fortes puissances où les IGBT montrent leurs limites.

En 1997, ABB lance le thyristor intégré commandé par la gâchette IGCT (*Integrated Gate-Commutated Thyristor*). À la différence du GTO, l'IGCT possède un circuit de commande intégré et non externe, qui envoie des impulsions de courant vers la gâchette. Cette proximité diminue l'inductance et accélère donc le rythme de commutation tout en réduisant les harmoniques. L'IGCT est le composant de prédilection des convertisseurs de forte puissance.

ABB continue de développer toutes ces familles de composants de commutation → 6.

Fabrication

Fabriquer des semi-conducteurs de puissance est une activité complexe, où haute précision ainsi qu'environnement contrôlé et exempt de contamination sont de rigueur. La matière première est un monocristal de silicium pur, sous



Contrairement au thyristor GTO, l'IGCT intègre sa commande de gâchette.

forme de tranches → 7. L'introduction d'atomes d'un élément dopant dans la structure cristalline en modifie les propriétés électriques. La création d'un semi-conducteur de puissance exige de nombreuses étapes. Une fois la tranche fabriquée, les composants sont découpés, testés et mis en boîtier.

Production ABB

Les deux sociétés à l'origine d'ABB, ASEA et BBC, se sont lancées chacune de leur côté dans la recherche et la fabrication de semi-conducteurs en 1954. À la date de leur fusion, en 1988, trois sites étaient en activité, qui furent regroupés en une seule unité à Lenzbourg (Suisse) en 1991. Jusque-là, ABB avait fait du développement et de la production de semi-conducteurs une activité de soutien aux autres entités du Groupe. La création d'une filiale, ABB Semiconductors Ltd, a alimenté la croissance de l'activité pour servir aussi directement les clients externes.

En 1998, ABB construit une première usine de composants BiMOS (compromis entre IGBT et diode) à Lenzbourg → photo p. 55,

puis une seconde à Prague en 2010, suite à l'acquisition du Tchèque Polovodice. Aujourd'hui, toutes deux se partagent la production des bipolaires, tandis que Lenzbourg se réserve les BiMOS.

Matériaux à large bande interdite

À l'exception des premières diodes au germanium, tous les semi-conducteurs ABB de cet article sont en silicium. En 2014, le centre de recherche institutionnel du Groupe, à Baden-Dättwil (Suisse), se dote d'un nouveau laboratoire dédié aux matériaux à large bande interdite, qui promettent des performances supérieures à celles du silicium (plus faibles pertes et meilleure résistance à la chaleur).

Après plus de 60 années de progrès, la révolution des semi-conducteurs est toujours en marche !

Cet article s'inspire d'une précédente publication « D'une génération à l'autre : 60 ans de progrès dans les semi-conducteurs ABB », *ABB review*, 3/14, p. 84.

125
YEARS SERVING
THE WORLD FROM
SWITZERLAND
www.abb.com

Andreas Moglestue

ABB review

Baden-Dättwil (Suisse)

andreas.moglestue@ch.abb.com

Munaf Rahimo

Sven Klaka

Christoph Holtmann

ABB Semiconductors Ltd.

Lenzbourg (Suisse)

munaf.rahimo@ch.abb.com

sven.klaka@ch.abb.com

christoph.holtmann@ch.abb.com





Le chantier de l'intégration

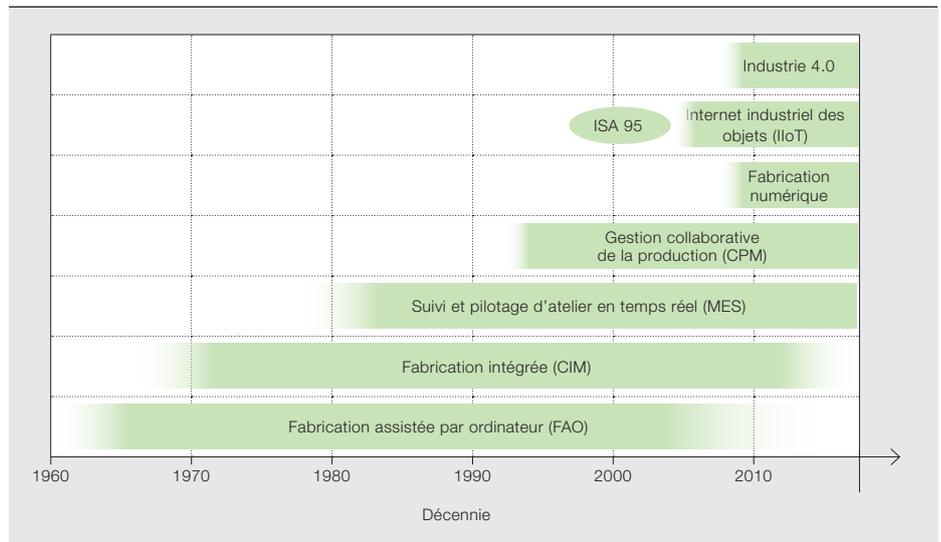
Technologies de l'information et de la production conjuguent leurs données avec les services *Decathlon* d'ABB

MARGRET BAUER, WERNER SCHMIDT, JAN-CHRISTOPH SCHLAKE, PER LARSEN, CHRISTIAN JOHANSSON – La collecte et la diffusion des données de production ont toujours coûté cher aux industriels. En cause, le déploiement de capteurs onéreux mais aussi, et surtout, la pose de câbles d'alimentation et de transmission, l'établissement de liaisons avec les organes de contrôle-commande et les passerelles, ainsi que l'intégration de l'instrumentation dans l'architecture d'automatismes. Et tous ces efforts pour réaliser, au bout du compte, que les données accumulées restent en grande partie inexploitées ! Les appareils de détection et de mesure bon marché vont bientôt faire exploser la volumétrie des données : on estime qu'un parc éolien moderne équipé de capteurs de dernière génération peut débiter 150 000 données par seconde [1]. La clé de la gestion et de la mise en valeur de ces données opérationnelles tient dans leur accessibilité et leur portabilité, dans leur rapprochement avec les données informatiques et dans la définition d'une logique de pilotage stratégique et décisionnel fondée sur l'ensemble de ces informations. La plate-forme de services *Decathlon* d'ABB fournit le socle technologique pour concrétiser ces objectifs.

Photo

En intégrant données de production, souvent négligées, et données de gestion, la plate-forme de services à l'industrie *Decathlon* d'ABB améliore le pilotage décisionnel.

1 Chronologie des initiatives d'intégration de solutions logicielles dans l'industrie de transformation



Les données collectées et engrangées en masse, sans pour autant être utilisées, sont ce que le cabinet d'études de marché Gartner appelle les « données sombres ». Cette manne opérationnelle, qu'il faut stocker et sécuriser, coûte plus cher à l'entreprise que ce qu'elle rapporte, sauf à se doter d'une informatique décisionnelle capable d'en tirer profit.

De l'usine intégrée à l'usine interconnectée

Ces données inexploitées sont vouées aux oubliettes tant qu'elles ne peuvent être interprétées que par des opérateurs ou ingénieurs rompus aux arcanes du site de production qui les a engendrées. Ces experts rassemblent souvent manuellement les informations consignées dans les journaux de maintenance, schémas de tuyauterie et d'instrumentation, courbes de tendance et relevés d'alarmes. Bref, ces données doivent être intégrées à l'ensemble du parc logiciel de l'entreprise pour en tirer du sens et de la valeur.

L'informatique a depuis longtemps investi de nombreux pans de l'industrie manufacturière et de transformation, que ce soit au sommet de la hiérarchie pour prendre les décisions ou sur le terrain pour faire tourner les machines. À l'origine, chaque fonction et ressource de

l'usine avait son logiciel de gestion : production, actifs, consommation énergétique, matières premières, sécurité opérationnelle, etc. L'ensemble était interconnecté à la base de la pyramide industrielle, à savoir le procédé, pour servir un double objectif : accroître le rendement, compresser les coûts d'exploitation.

Dans le passé, les solutions logicielles en charge des processus et du fonctionnement de l'usine prenaient la forme d'« îlots » de programmes métier, taillés pour l'application selon une approche de développement ascendante. L'idée de jeter des ponts entre ces silos d'information est apparue lorsqu'ils ont commencé à prendre de l'ampleur et à se rapprocher au point de se chevaucher.

La figure → 1 retrace les principaux jalons de cette démarche d'intégration, sous l'impulsion des pouvoirs publics comme des industriels. Le modèle d'usine intégrée né dans les années 1970, plus connu sous le vocable de pyramide « CIM » (*Computer-Integrated Manufacturing*), s'est construit sur des fondements comme la fabrication assistée par ordinateur (FAO) et la production au plus juste (*lean manufacturing*), relayés la décennie suivante par le suivi et le pilotage d'atelier en temps réel « MES » (*Manufacturing Execution Systems*) et, à partir des années 1990, par la gestion collaborative de la

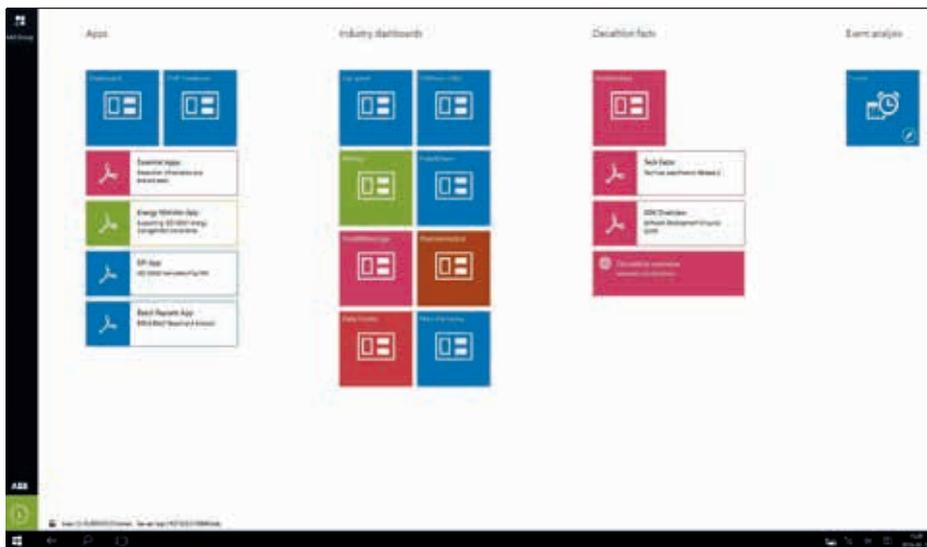
production « CPM » (*Collaborative Production Management*). Dans les années 2000, l'organisme de standardisation américain ISA (*International Society of Automation*) publie le référentiel ISA 95 qui décrit l'interface entre les systèmes

Il faut intégrer les données à l'ensemble du parc logiciel de l'entreprise pour en tirer du sens et de la valeur.

de gestion de l'entreprise et de contrôle-commande de la production. Il s'appuie pour cela sur le modèle « PRM » (*Purdue reference model*) défini par un consortium de fournisseurs, d'utilisateurs et d'universitaires de Purdue (Indiana, États-Unis), qui propose un découpage hiérarchique, par niveau, des différentes fonctions de l'entreprise industrielle, dans le prolongement du CIM [2].

Gouvernants et industriels aspirent depuis peu à une usine numérique et connectée. Qu'elle s'appelle *Smart Manufacturing* aux États-Unis ou *Industrie 4.0* en Allemagne, cette quatrième révolution industrielle s'appuie sur les technologies prometteuses de l'Internet industriel des objets (IIoT), notamment ses protocoles de communication, pour interconnecter toutes les composantes de la production. Si ces initiatives comportent de multiples facettes, elles ont un même objectif : faciliter la connexion et l'interaction

Nombreux sont les obstacles à franchir pour faire collaborer deux logiciels ou plus.



des capteurs, actionneurs, automates, machines . . . , chevilles de l'usine du futur. ABB a baptisé ce concept « Internet des objets, des services et des personnes » (IoTSP), en référence à l'analytique et à l'informatique décisionnelle (*services*) que mettent à profit les décideurs (*personnes*) pour faire dialoguer les équipements de production (*objets*).

Les défis de l'intégration

Datant d'une trentaine d'années, l'usine intégrée n'est pas une idée nouvelle ; des critiques l'ont d'ailleurs qualifiée de « vieux vin dans une nouvelle bouteille » [3]. Pourquoi alors se contenter d'en débattre sans mettre le concept en pratique dans la plupart des applications potentielles ?

Nombreux sont les obstacles à surmonter pour faire collaborer deux logiciels ou plus. Si la technologie en est un, d'autres problématiques, d'ordre décisionnel et organisationnel, freinent l'élan d'intégration.

Faire vivre l'existant

Dans tout site industriel cohabitent de multiples logiciels « patrimoniaux » dédiés à différents domaines de la production : automatisation, gestion intégrée, planification de la fabrication et de la maintenance, gestion des actifs, des alarmes et de l'énergie. Ces systèmes ne seront pas remplacés du jour au lendemain ; certains peuvent d'ailleurs fournir une interface d'accès aux données avec souvent pour dénominateur commun, et seul moyen d'échange, le tableur Microsoft Excel ou des fichiers au format CSV (*comma-separated value*).

Couvrir toute la chaîne de valeur

L'intégration touche tous les aspects du fonctionnement d'une unité de production, de la gestion des ordres de fabrication, de la planification et de l'ordonnement d'atelier au contrôle-commande, à la gestion de la maintenance et à la maîtrise de la qualité. Cette dispersion se traduit non seulement par des objectifs métier distincts mais aussi par l'implication du personnel des différents services de l'entreprise. La difficulté est de saisir les besoins de chacun, de distinguer l'essentiel de l'accessoire, et de s'appuyer sur un référentiel satisfaisant à toutes les tâches fondamentales.

Chiffrer la valeur ajoutée

Dans les installations existantes, les systèmes logiciels en place font tourner l'usine avec un maximum d'efficacité. Pour justifier l'intérêt économique de l'intégration, il faut des exemples concrets qui prouvent que l'échange de données réduit le coût d'exploitation ou bien augmente la productivité et la qualité. Or il arrive souvent que le bénéfice de l'intégration, compte tenu des synergies et de la collaboration entre les ressources humaines et les processus internes de l'entreprise, ne soit manifeste qu'une fois le chantier achevé.

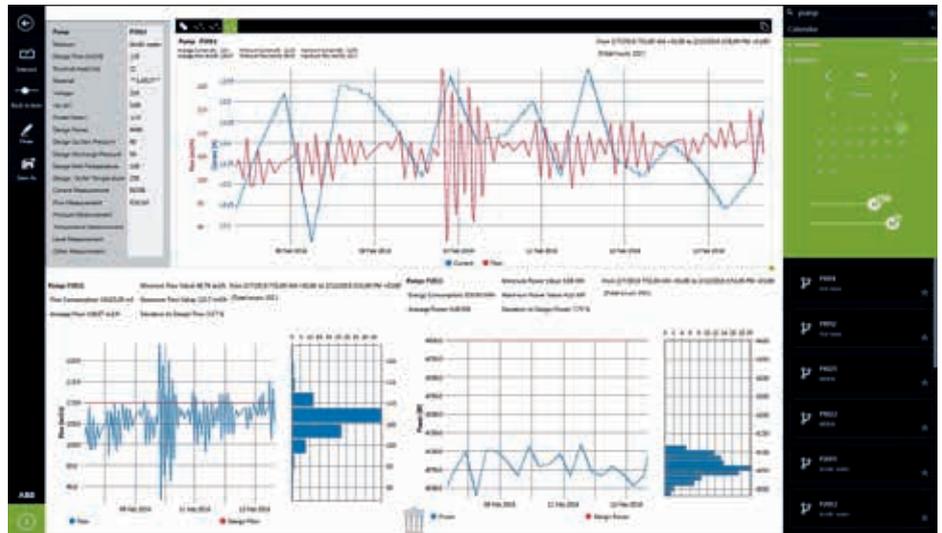
Relever les défis techniques

Nombreux sont les écueils qui peuvent être levés par la technologie moderne, notamment :

- Exigences d'intégrité, de protection et de fiabilité des données ;
- Standardisation des descriptions et définitions de composants ;

Intégrer les infrastructures informatiques et opérationnelles existantes ne consiste pas à les remplacer mais à établir des « connecteurs », sans effort de configuration.

3 Tableau de bord interactif *Decathlon Dashboard*



- Intégration sur différentes échelles de temps ;
- Prise en compte du capital humain ;
- Couplage des modèles d'entreprise et de procédé.

Encore faut-il pouvoir justifier la dépense.

Cahier des charges

Les récents progrès de la technologie et l'avènement du *Big Data* font sauter les verrous. Aussi l'intégration des systèmes d'information et des infrastructures d'automatismes de l'entreprise industrielle, après des décennies de tentatives plus ou moins concluantes, est-elle plus proche que jamais de la concrétisation. Pour lever les obstacles de la valorisation économique de la démarche, une plateforme d'intégration doit répondre à plusieurs impératifs.

Simplicité d'installation, d'usage et d'évolution

Aucun utilisateur expérimenté n'est prêt à renoncer à l'outil avec lequel il travaille depuis des lustres si le nouveau système n'est pas d'un maniement beaucoup plus facile. À l'époque des smartphones, les attentes en matière de simplicité d'emploi sont très fortes. Les logiciels de l'industrie ont beaucoup à rattraper pour atteindre le niveau de leurs équivalents grand public.

Connexion à l'existant

Intégrer les infrastructures informatiques et opérationnelles existantes ne consiste pas à les remplacer, du moins au début, mais à établir des « connecteurs » ne nécessitant aucun effort de configuration. Le fait que le système soit conçu pour tourner en parallèle avec les solutions

existantes signifie également que les données accessibles ne sont pas seulement copiées, mais réellement mises à disposition, c'est-à-dire récupérées, analysées et affichées à la demande.

Mise en œuvre de l'informatique décisionnelle

Après avoir centralisé les données remontées des différentes composantes de la production, il faut les combiner et les analyser pour permettre le pilotage stratégique et opérationnel de l'usine. L'informatique décisionnelle répond souvent à une logique du type « si la condition A est remplie et si la mesure B du process franchit un seuil, alors une action est déclenchée », qu'applique manuellement un personnel formé à cette fin. Cette logique doit être configurée et gérée de manière intuitive dans des outils accessibles à tous.

Création de valeur

La plate-forme doit permettre de baisser les coûts de production, par l'alignement des processus opérationnels, ou d'augmenter la production, par l'optimisation des actifs. Ces objectifs peuvent être atteints en croisant les informations de différents systèmes (données sur les actifs et l'exploitation, par exemple) pour créer de la valeur.

Internet au service de l'automatisation industrielle

La plate-forme de services Decathlon d'ABB relève les défis de l'intégration avec une technologie à la pointe du progrès.

Forge logicielle

Les services Decathlon fournissent un environnement d'intégration des applica-



En permettant la consultation, la combinaison et l'interprétation des tendances, le tableau de bord valorise les « données sombres ».

tions rattachées à un même procédé de production, comme par exemple, la gestion des alarmes et l'allocation des ressources. Ces applications sont hébergées dans l'espace de développement collaboratif *Decathlon Launchpad*, qui constitue pour les utilisateurs le guichet unique d'accès aux applis, rapports,

« PC1006 », avec *P* pour pression, et *C* pour commande).

En général, une recherche par moteur industriel est plus directe qu'une recherche sur Internet ; à chaque variable (mesure du procédé, indicateur de performance, équipement de production

ou image) correspondent un identifiant et un nom. Pour trouver, dans une laiterie par exemple, un fermenteur lactique raccordé à plusieurs capteurs/actionneurs, il suffit

La plate-forme de services Decathlon relève les défis de l'intégration avec le nec plus ultra de la technologie.

de taper « lactique ». Pour retrouver une mesure de température précise, on saisira à la fois « lactique » et « température », ou le symbole « TC » s'il s'agit d'une variable réglée (*T* pour température, *C* pour commande). Dans Decathlon, la fonction de recherche est intégrée au tableau de bord (cf. *infra*) mais peut aussi être lancée à partir d'autres applications.

documents et autres données. L'interface et l'ergonomie de cette « forge informatique » sont semblables à celles des systèmes d'exploitation Microsoft, Android ou iOS pour les smartphones → 2. Les applis gérées sur cette plate-forme centralisée sont personnalisables selon le profil de l'utilisateur.

Recherche intégrale

À l'identique d'un moteur de recherche sur Internet, le moteur de Decathlon renvoie, à partir d'un mot-clé, les pages ou images graphiques de résultats pertinents (mosaïque). La recherche peut être lancée aussi bien sur des termes génériques, comme « KPI » et « pompe » (pour afficher tous les indicateurs de performance et toutes les pompes d'un site) que sur des éléments spécifiques, comme le symbole d'une mesure de capteur de pression conforme aux règles d'identification ISA-5.1-2009 (par exemple,

Tableau de bord interactif

Un opérateur de production utilise un tableau de bord pour visualiser les informations cruciales de l'usine. L'application *Decathlon Dashboard* et un exemple de tableau de bord configuré sont présentés en → 3. Le point de départ est la fonction recherche, en haut à droite de l'écran. La saisie du terme « pompe », par exemple, déroule la liste de toutes les pompes du site. Un simple glisser-déposer sur l'un des résultats fait apparaître la mosaïque d'images graphiques

L'intégration implique la collaboration de toutes les ressources informatiques et opérationnelles de l'entreprise.

5 Grâce à son grand écran tactile et son ergonomie industrielle, la table collaborative d'ABB permet d'interagir en permanence avec les données informatiques et opérationnelles.



correspondantes dans la fenêtre principale. Il y a plusieurs façons de présenter ces résultats, qui s'affichent sous forme d'onglets en haut à gauche de la mosaïque.

En permettant la consultation, la combinaison et l'interprétation de ces tendances, le tableau de bord donne de la valeur aux données sombres. Ainsi sorties de l'ombre, ces données sont manipulables par des non-spécialistes du process. Accessibles à tous, elles peuvent être minutieusement analysées pour éclairer la production.

L'intelligence passe à table

L'intégration des technologies de l'information et de la production peut poser problème car elle doit couvrir plusieurs maillons de la chaîne logistique. Elle implique la collaboration du personnel et des systèmes informatiques et opérationnels de toute l'entreprise. Même s'il est possible d'échanger des données entre plusieurs sources, il faut des connaissances d'experts pour savoir les interpréter. Or il n'est guère facile de rassembler autour de la table toutes les parties prenantes aux processus de décision.

Les services Decathlon sont optimisés pour la table interactive *ABB Collaboration Table* → 4-5, qui intègre les données opérationnelles directement issues du contrôle-commande et établit une référence dans l'exploitation de données industrielles au sein d'un environnement bureautique collaboratif.

Technologies d'intégration

Si les premières tentatives d'intégration remontent à plusieurs décennies, c'est grâce au progrès technologique que l'on peut aujourd'hui fédérer plusieurs types de logiciels industriels, jusqu'ici cloisonnés. Le tableau → 6 résume les grandes avancées de la conception logicielle. L'innovation réside surtout dans l'amélioration du cycle de vie. Incapables de s'adapter facilement aux évolutions de l'usine, les outils d'analyse sont souvent vite dépassés. Ce problème devrait être résolu par le découplage de l'interaction homme-machine et de l'informatique décisionnelle; ne sont liées que les sources de données disponibles, en gardant l'algorithme intact et opérationnel.

Exemples applicatifs

Voyons deux exemples de domaines qui peuvent tirer parti des services de l'appli Decathlon pour disposer de précieuses informations facilitant la prise de décision: le suivi énergétique et la gestion des indicateurs (KPI).

Suivi des consommations

L'augmentation du coût de l'énergie et les nouvelles réglementations en matière de performance énergétique obligent l'industrie à suivre, à planifier et à optimi-

ser ses usages. Il faut placer le process sous étroite surveillance et, pour cela, récupérer du système de contrôle-commande les mesures de fluides et d'énergies (électricité, gaz, etc.) qui donnent la consommation exacte de chaque équipement. Agrégées par atelier, ces valeurs sont transmises au système de suivi énergétique *ABB Energy Monitor*.

Les applis Decathlon fournissent de précieuses informations facilitant la prise de décision, notamment pour le suivi énergétique et la gestion des indicateurs de performance.

L'application est conforme à la norme ISO 50001:2011 régissant la mise en œuvre, l'entretien et l'amélioration du système de management de l'énergie. La consommation d'énergie ayant une incidence directe sur l'ordonnancement de la fabrication, la gestion des actifs et autres aspects de la production, Decathlon met directement cette information à la disposition des systèmes de planification et de surveillance des actifs.

Gestion des KPI

Un responsable de production doit pouvoir surveiller la performance d'un ou de plusieurs sites de l'entreprise en ayant accès aux indicateurs (rendement, taux

6 Les grandes nouveautés de la conception logicielle

Apports IoTSP	Avantages
Écosystème logiciel et expérience utilisateur	La plate-forme de services Decathlon étend la portée de l'« écosystème logiciel » industriel (suite de logiciels développés et appelés à évoluer ensemble dans un même environnement) [4]. Ses outils technologiques enrichissent l'interaction homme-process à l'aide de fonctions intuitives de glisser-déposer, de commande en un clic, de zoom, etc.
Kit de développement	Le succès d'Apple doit beaucoup au concept de « kit de développement logiciel » (SDK) permettant la réalisation d'applications pour une plate-forme ou un système d'exploitation spécifique. Mars 2008, Apple annonce son premier kit de développement pour iOS iPhone SDK et inaugure l'App Store quelques mois plus tard ; juin 2015, 1,4 million d'applications sont disponibles. Dans le même esprit, le kit <i>Decathlon Services</i> permet à des tiers (clients, universitaires, particuliers, etc.) de développer un logiciel industriel intégrant toutes les données opérationnelles.
Accesseurs de données	Ce vocable anglo-saxon désigne les connecteurs aux bases de données que constituent les historiques de production dans les logiciels de gestion intégrés (ERP). Écrit en SQL, NoSQL ou NewSQL, un accesseur autorise l'accès des applis natives et du tableau de bord <i>Decathlon Dashboard</i> aux données de la base.

d'engagement des actifs, consommation de ressources, etc.) spécifiés par la norme ISO 22400. Une appli Decathlon fournit pour cela un configurateur qui facilite la définition des KPI à partir des données de production en ligne. Ces KPI s'affichent sur le tableau de bord configurable. Des rapports peuvent être facilement compilés avec la fonction glisser-déposer et s'enrichir de courbes d'évolution d'autres mesures du process. Cette vue synthétique de données combinées permet à la direction de retrouver la cause des valeurs de KPI en deçà des objectifs.

Levée des obstacles

La plate-forme de services Decathlon est facile à installer et à configurer. Mieux, les fonctionnalités des programmes existants sont conservées dans des applis qui peuvent être téléchargées et installées sans se soucier des changements de plate-forme, et ajoutées ou retirées une à une. Le tableau de bord Decathlon Dashboard permet d'afficher et d'analyser les données par simple glisser-déposer.

Le concept d'« accesseur » → 6 permet de se connecter aux bases de données existantes depuis n'importe quelle appli Decathlon ; les données de mesure ou même les données calculées sont localisables avec la fonction recherche.

La logique métier peut être mise en œuvre dans les applis. Il est ainsi possible d'accéder aux données du procédé, entre autres, et d'établir des connexions

logiques : dans le cas d'une pompe, par exemple, on peut lier le dépassement d'un certain nombre d'heures de marche au déclenchement d'un ordre d'intervention. Decathlon s'accompagne d'un kit de développement destiné aux éditeurs de logiciels comme aux universitaires.

L'intégration de différentes applications autorise l'interconnexion des données de production de plusieurs systèmes. La flexibilité de la plate-forme Decathlon ouvre de nouveaux gisements de croissance et de valeur à l'entreprise. Outre ses fonctions d'intégration, Decathlon applique l'analyse stratégique aux données intégrées, ce qui en fait une solution unique en son genre. Que les données soient stockées en local ou dans le *cloud*, les services Decathlon sont le centre névralgique du pilotage et de la surveillance des données opérationnelles et machines. Rien de tout cela ne serait possible sans l'intégration des technologies de l'information et de la production !

Margret Bauer

Ancienne collaboratrice d'ABB Corporate Research

Werner Schmidt

Jan-Christoph Schlake

ABB Corporate Research

Ladenbourg (Allemagne)

werner.a.schmidt@de.abb.com

jan-christoph.schlake@de.abb.com

Per Larsen

ABB Process Automation, Control Technologies

Skovlunde (Danemark)

per.larsen@dk.abb.com

Christian Johansson

ABB Process Automation, Control Technologies

Malmö (Suède)

christian.johansson@se.abb.com

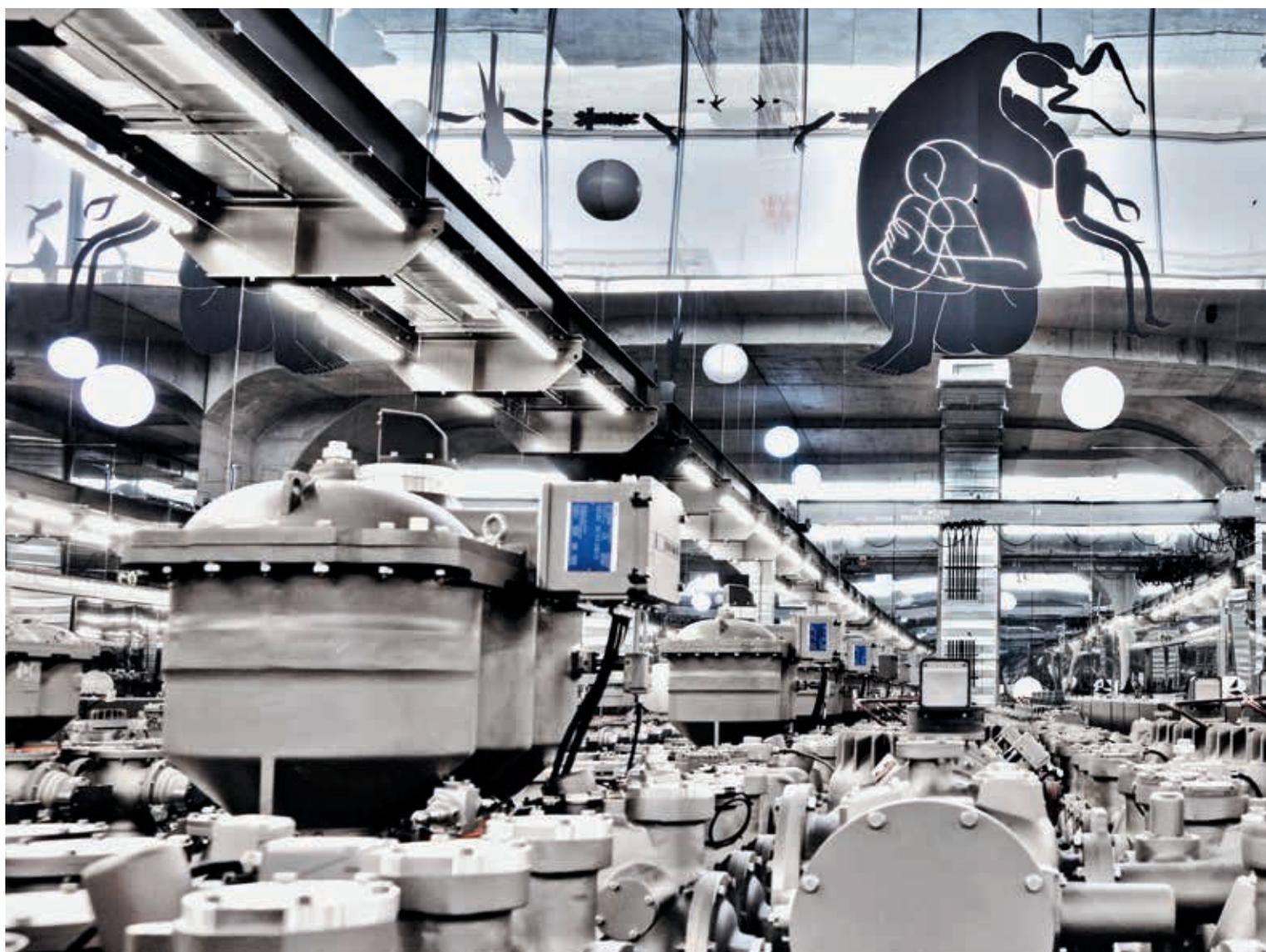
Bibliographie

- [1] Steenstrup, K., *et al.*, « Industrial Analytics Powered by the Internet of Things », *Datawatch*, n° 2, Gartner Research, 19 août 2014.
- [2] Williams, T. J., « The Purdue enterprise reference architecture », *Computers in Industry*, vol. 24, n° 2, p. 141–158, septembre 1994.
- [3] Jasperneite, J., « Industrie 4.0 – Alter Wein in neuen Schläuchen », *Computer & Automation*, vol. 12, p. 24–28, 2012.
- [4] Lungu, M. F., *Reverse engineering software ecosystems*, thèse de doctorat, université de Lugano (Suisse), 2009.

Pour en savoir plus

<http://new.abb.com/decathlon>

<http://www.isa-95.com/>



AirPlus™

Une alternative au SF₆ pour l'isolement et la coupure dans les appareillages électriques

THOMAS DIGGELMANN, DENIS TEHLAR, JOCELYN CHANG, SEBASTIAN ZACHE –

Les propriétés exceptionnelles de l'hexafluorure de soufre (SF₆) en ont fait depuis des décennies le fluide privilégié des applications diélectriques et de coupure. Toutefois, le SF₆ est un gaz à effet de serre qui induit des coûts sur le cycle de vie de l'appareillage. Les chercheurs d'ABB explorent depuis des années les solutions susceptibles d'afficher un meilleur écobilan avec des propriétés d'isolement et de coupure d'arc similaires. Leurs efforts ont débouché sur la mise en service, en Suisse, de la première installation pilote d'appareillages à isolation gazeuse (GIS) utilisant un nouveau mélange gazeux.



Il faut un gaz de remplacement du SF₆ utilisable en toutes circonstances.

Devant l'évidence du réchauffement climatique, les industriels et les énergéticiens se mobilisent pour remplacer de nombreux produits par des équivalents écocompatibles. Le gaz SF₆, inventé par l'homme au début du XX^e siècle et utilisé universellement pour l'isolement et la coupure d'arc, est lui aussi dans le viseur.

Ses remarquables performances garantissent la sécurité et la fiabilité des postes électriques tout en diminuant notablement leur encombrement. Pour autant, il s'agit d'un gaz à effet de serre dont la

manipulation induit des coûts de gestion du cycle de vie croissants, notamment lors du démantèlement des équipements en fin de vie. Ces coûts sont voués à augmenter parallèlement à la consommation d'électricité qui alimente la demande en appareillages à isolation gazeuse haute tension (HT) et moyenne tension (MT). Il y a donc urgence à trouver un remplaçant écocompatibles au SF₆.

ABB fabrique et installe déjà des disjoncteurs HT isolés dans l'air, qui utilisent le dioxyde de carbone (CO₂) comme milieu d'isolement et de coupure, ainsi que des tableaux monoblocs RMU (*ring main units*) MT également isolés dans l'air mais intégrés dans une architecture GIS. Toutefois, ces dispositifs sont cantonnés à des applications isolées; il manquait une solution capable d'embrasser un plus vaste champ fonctionnel.

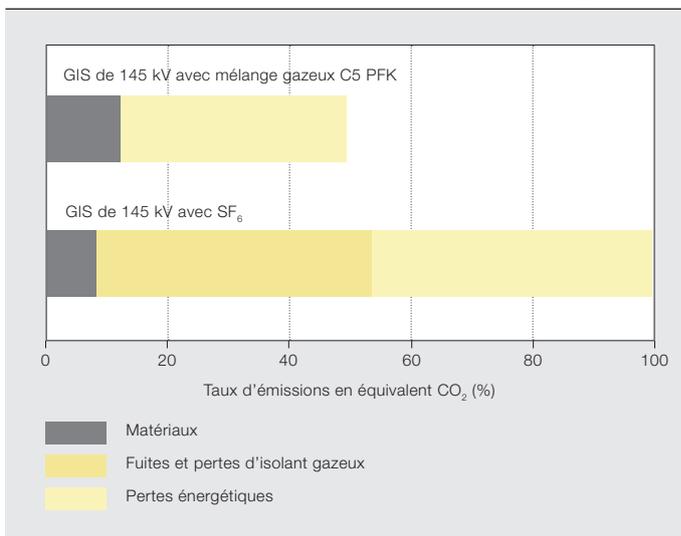
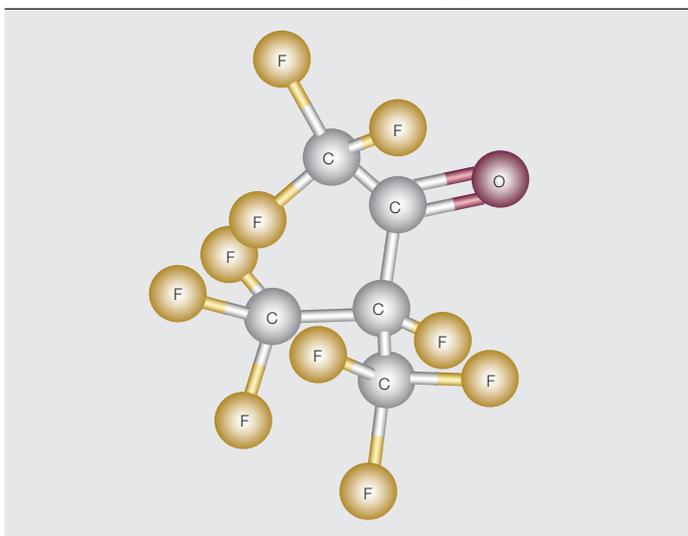
Cherche remplaçant désespérément

Les deux paramètres essentiels d'un gaz isolant pour appareillages électriques sont sa tenue diélectrique et son pouvoir de coupure, auxquels viennent s'ajouter d'autres caractéristiques propres aux GIS, moins évidentes mais tout aussi importantes: point d'ébullition bas, faible toxicité, stabilité chimique, faible inflammabilité, potentiel de destruction d'ozone (PDO) nul et faible potentiel de réchauffement global (PRG) [1]. Le PRG représente le rapport entre la quantité de chaleur latente stockée par une certaine masse de gaz et celle stockée par la même masse de CO₂ pendant la période considérée (généralement 20, 50 ou 100 ans).

Jusqu'à présent, la recherche mondiale s'était avérée impuissante à proposer un matériau de remplacement offrant les mêmes propriétés d'isolement et de coupure d'arc que le SF₆, tout en étant plus écologique.

Photo

Si le SF₆ est l'isolant de prédilection des appareillages de coupure, son impact sur le réchauffement climatique n'est pas anodin. ABB a mis au point un gaz de remplacement capable, comme ici dans un poste GIS haute tension, d'égaliser les performances du SF₆.



Après bien des années de recherche, ABB a identifié un gaz possédant toutes les qualités requises pour remplacer le SF₆.

Mélange gazeux à base de fluorocétone

ABB a demandé à des entreprises tierces de mettre au point des méthodes de calcul efficaces pour passer au crible les molécules candidates au remplacement du SF₆ dans l'isolation HT. Il s'agissait de simuler leur PRG, leur toxicité et leur inflammabilité, entre autres paramètres, puis de déterminer leur champ de claquage et leur point d'ébullition. Dès le début, une famille de molécules à base de fluoroalcènes, de sulfures de fluoroalkyles, de fluoroalcools et de fluoroalkylamines s'est montrée très prometteuse [5].

Au terme de nombreuses années de recherche, ABB a identifié un remplaçant éco-compatible au SF₆ possédant toutes les qualités requises. Basé sur un diélectrique de la société 3M, le Novec 5110, il repose sur une fluorocétone à 5 atomes de carbone (C5 PFK) [1, 6] → 1. Baptisé AirPlus™, ce fluide développé en partenariat avec 3M est vaporisé et mélangé durant le remplissage de l'appareil.

Sa composition varie selon le niveau de tension du GIS :

- HT : fluorocétone, dioxyde de carbone et oxygène ;
- MT : fluorocétone, azote et oxygène.

Sous l'effet des ultraviolets, la molécule fluorée se décompose dans la basse atmosphère en une quinzaine de jours, alors que la durée de vie du SF₆ est de 3200 ans. La décomposition produit du CO₂ atmosphérique et d'autres molécules à faible durée de vie, en quantités

si infimes que leur contribution au réchauffement de la planète est négligeable. Le nouveau gaz affiche ainsi un PRG inférieur à 1, soit mieux que le CO₂ (PRG = 1). En outre, sa toxicité et son inflammabilité sont pour ainsi dire nulles ; ni le gaz ni ses sous-produits de décomposition ne détruisent la couche d'ozone.

Les essais effectués dans les laboratoires ABB ont démontré le fort potentiel des mélanges à base de fluorocétone pour la coupure d'arc et la commutation aux niveaux de puissance des réseaux de transport et de distribution. Le nouveau mélange gazeux ne dégrade en rien la qualité et la fiabilité de l'appareillage, pour un PRG inférieur. Il s'agit pour le moment du seul isolant au PRG inférieur ou égal à 1 ayant montré des performances similaires au SF₆ lors des essais de type normalisés CEI.

Analyse du cycle de vie (ACV)

L'ACV, telle que définie par la norme ISO 14040 relative au management environnemental, prend en compte trois grands facteurs pour les émissions en équivalent CO₂ :

- Matériaux ;
- Fuites et pertes d'isolant gazeux ;
- Pertes énergétiques.

On suppose les conditions aux limites suivantes pour les appareils HT :

- Durée de service : 30 ans ;
- Pertes de gaz dues aux fuites : 0,1 % par an ; pertes lors de la manipulation du gaz et du démantèlement de l'appareil : 1 % ;

3 GIS remplis du nouveau mélange gazeux, dans l'installation pilote de Zurich

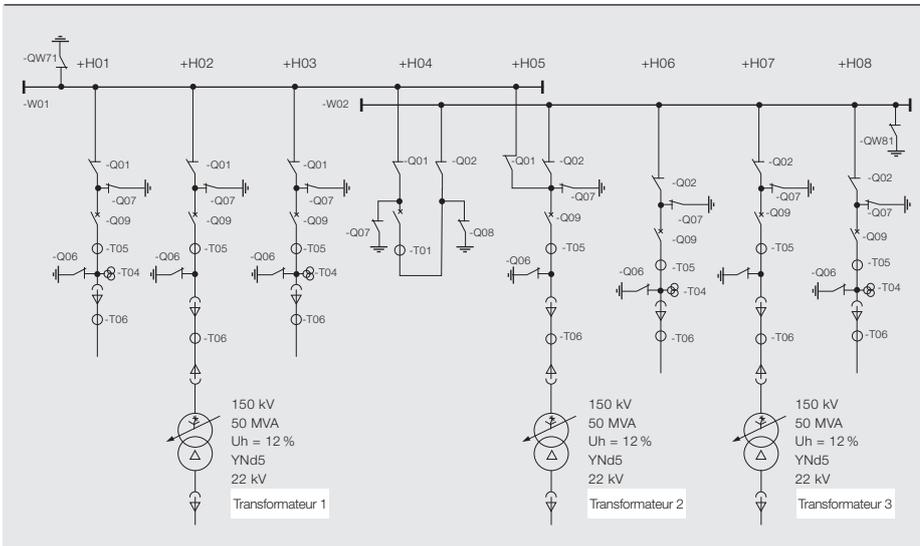


3a GIS haute tension de 170 kV



3b GIS moyenne tension de 24 kV

4 Schéma unifilaire des appareillages HT installés dans le poste d'ewz à Zurich



Développé en collaboration avec 3M, AirPlus™ repose sur une fluorocétone à 5 atomes de carbone.

– Fonctionnement à 50 % du courant assigné pendant les 30 ans de service.

Selon l'ACV, le déploiement de GIS HT remplis du mélange AirPlus permet de réduire jusqu'à 50 % les émissions en équivalent CO₂, les 50 % restants étant imputables aux matériaux, aux procédés de fabrication et aux pertes thermiques.

Même si la contribution des matériaux est légèrement plus élevée pour les GIS à base de fluorocétone, les pertes énergétiques sont moindres et celles dues aux fuites et à la manipulation du gaz presque complètement éliminées → 2.

Dans les appareillages MT, où la pression et la quantité de gaz sont plus faibles, AirPlus réduit également les émissions en équivalent CO₂ sur le cycle de vie.

A fortiori, lorsque ce n'est pas le fabricant lui-même qui assure ou contrôle la manipulation du gaz, l'impact environnemental d'une fuite est quasiment inexistant.

Autres avantages de cette nouvelle technologie :

- Elle rend caduques les procédures réglementaires associées au SF₆ (tenue d'un état des stocks, prescriptions d'usage, mesures de sécurité lors du remplissage et du démantèlement de l'appareil) ;
- Elle permet d'échapper aux taxes sur le SF₆ en vigueur dans certains pays.

Première installation mondiale d'un GIS rempli du nouveau mélange

Le développement d'AirPlus a coïncidé avec le projet de l'énergéticien suisse ewz de remplacer un appareillage isolé



5a Bâtiment abritant le poste électrique d'Oerlikon



5b Usine d'appareillages GIS d'ABB, en arrière plan

dans l'air datant des années 1940, à Zurich. Fidèle à son engagement de fournir une énergie autant que possible durable, ewz s'était fixé comme objectif de mettre en œuvre des solutions novatrices à faible intensité carbonique, sans exclure de recourir à des technologies qui n'étaient pas encore commercialisées.

L'offre ABB avait tout pour lui plaire : un GIS fiable, compact et respectueux de l'environnement, côté HT comme MT. Les deux sociétés ont uni leurs efforts pour intégrer cette innovation à une installation pilote raccordée au réseau. Le nouveau poste déployé à Zurich, qui reprend l'architecture type d'un GIS, composants et bornes inclus, comporte huit cellules HT et 50 cellules MT → 3-4.

Les tableaux MT proviennent de l'usine ABB de Ratingen (Allemagne), tandis que l'appareillage HT fut fabriqué dans son usine ultramoderne de Zurich, attenante au nouveau poste d'ewz → 5. Les cellules GIS, mises sous tension à l'été 2015, ont commencé à alimenter la ville de Zurich quelques mois plus tard.

Cette installation pilote marque une avancée majeure dans la recherche d'un gaz de remplacement du SF₆. Sur le long terme, elle offrira de précieux retours d'expérience, qu'ewz et ABB mettront à profit pour améliorer encore le bilan carbone des appareillages de coupure et de commutation.

Vers un réseau décarboné

L'appareillage isolé au SF₆, utilisé depuis des décennies, répond bien aux attentes de l'industrie électrique en termes de compacité, d'écocompatibilité et de longévité. La manipulation du SF₆ en cycle fermé et les faibles taux de fuite se traduisent par une moindre empreinte carbone sur le cycle de vie. C'est pourquoi ce gaz demeurera l'isolant privilégié des postes GIS dans les années à venir. Toutefois, une solution comme AirPlus pourrait bien encore réduire l'empreinte carbonée du réseau électrique.

Thomas Diggelmann

Denis Tehlar

Jocelyn Chang

ABB Power Grids, High Voltage Products
Zurich (Suisse)

thomas.diggelmann@ch.abb.com

denis.tehlar@ch.abb.com

jocelyn.chang@ch.abb.com

Sebastian Zache

ABB Electrification Products,
Medium Voltage Products

Ratingen (Allemagne)

sebastian.zache@de.abb.com

Bibliographie

- [1] Simka, P., Ranjan, N., « Dielectric Strength of C5 Perfluoroketone », *19th International Symposium on High Voltage Engineering*, Pilsen (République tchèque), 2015.
- [2] Devins, J. C., « Replacement gases for SF₆ », *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. 15, p. 81-86, 1980.
- [3] Christophorou, L. G., *et al.*, *Gases for Electrical Insulation and Arc Interruption: Possible Present and Future Alternatives to Pure SF₆*, National Institute of Standards and Technology (NIST), note technique 1425, Washington D.C., 1997.
- [4] Niemeyer, L., « A Systematic Search for Insulation Gases and their Environmental Evaluation », *Gaseous Dielectrics VIII*, Christophorou, L. G., Olthoff, J. K., Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 459-464, 1998.
- [5] Rabie, M., Franck, C. M., « Computational screening of new high voltage insulation gases with low global warming potential », *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 11, n° 1, p. 296-302, 2015.
- [6] Mantilla, J. D., *et al.*, « Investigation of the insulation performance of a new gas mixture with extremely low GWP », *IEEE 2014 Electrical Insulation Conference*, Philadelphie (États-Unis), p. 469-473.



Amortir les résonances

Des méthodes de régulation ABB pour stabiliser le fonctionnement des convertisseurs réseau basse tension

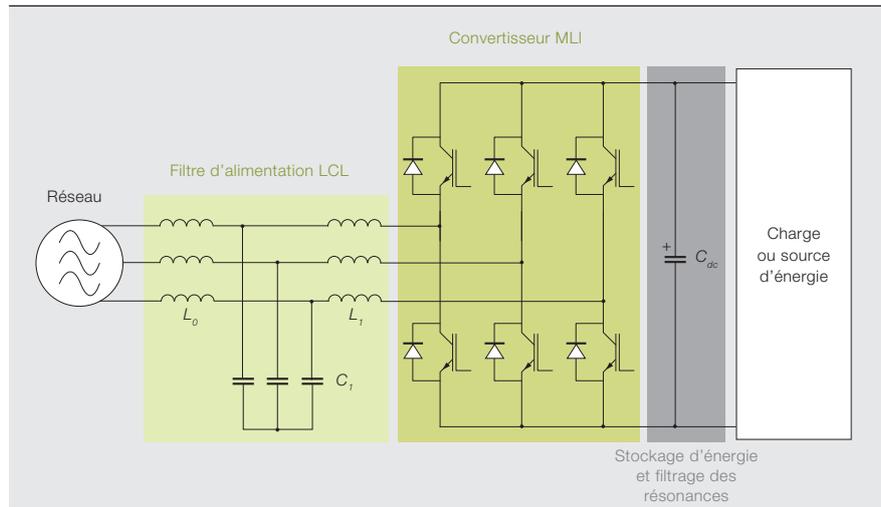
SAMI PETTERSSON – Pour garantir le respect des normes et réglementations nationales et internationales sur la qualité du courant électrique, les convertisseurs de puissance à modulation de largeur d'impulsion (MLI) sont aujourd'hui équipés de filtres d'alimentation de type résonant. Grâce à de nouveaux composants semi-conducteurs présentant moins de pertes et à des topologies de convertisseurs multiniveaux, il est désormais possible de concevoir des convertisseurs à

plus hautes fréquences de commutation. De même, les moindres exigences en matière de filtrage passif permettent d'accroître les densités de puissance. Reste que les filtres d'alimentation à hautes fréquences de résonance intégrés à ces dispositifs peuvent dégrader les performances des systèmes de régulation existants. Ce quatrième (et dernier) volet de notre dossier « Le réseau approvoisé » décrit les méthodes de commande avancée ABB pour y remédier.

LE RÉSEAU APPRIVOISÉ

Dossier ABB review
4^e partie

1 Convertisseur MLI basse tension connecté au réseau de distribution



Les convertisseurs de puissance basse tension (BT) connectés au réseau avec redresseur actif MLI sont présents dans une foule d'applications et de produits, dont beaucoup figurent au catalogue ABB : variateurs de vitesse 4 quadrants, convertisseurs d'énergie éolienne, onduleurs photovoltaïques, alimentation sans interruption, conditionneurs de tension actifs, etc.

Le redresseur actif d'un convertisseur réseau permet d'utiliser pleinement la capacité de transfert d'énergie du système et de maximiser la qualité de l'onde électrique. Qui plus est, il autorise un flux bidirectionnel, c'est-à-dire la possibilité de prélever comme de renvoyer l'énergie sur le réseau.

Le schéma de principe du dispositif est illustré en → 1. L'emploi d'un convertisseur MLI pour s'interfacer

au réseau de distribution oblige normalement à interposer un filtre d'alimentation de façon à réguler les courants réseau et à respecter les exigences normatives de qualité de la fourniture électrique. Il s'agit le plus souvent d'une structure « L-C-L » constituée de deux jeux d'inductances encadrant des condensateurs.

Ce filtre est de type résonant ; sa fréquence de résonance est normalement accordée sur une valeur comprise entre 20 et 40 % de la fréquence MLI pour garantir une atténuation suffisante des composantes de courant haute fréquence indésirables dues au convertisseur MLI. Revers de la médaille : sans amortissement approprié, le filtre peut introduire des résonances nuisibles dans le système et rendre instable la régulation du courant réseau.

Méthodes d'amortissement

Il existe fondamentalement deux remèdes à ces résonances : le filtrage passif et l'amortissement actif. Le premier consiste à ajouter des résistances à la structure du filtre. Celles-ci consomment néanmoins de l'énergie et le filtrage est globalement

moins performant que l'amortissement actif.

L'amortissement actif a l'avantage de s'intégrer à la commande sans avoir à modifier la structure du filtre d'alimentation. L'idée est de limiter la bande passante du régulateur de courant, pour éviter que le convertisseur MLI

Les filtres résonants ont un inconvénient : faute d'amortissement approprié, ils engendrent des résonances nuisibles et rendent instable la régulation des courants réseau.

n'excite la résonance du filtre LCL, ou d'amortir de façon active cette résonance avec une boucle de retour, par exemple, de la tension ou du courant des condensateurs du filtre.

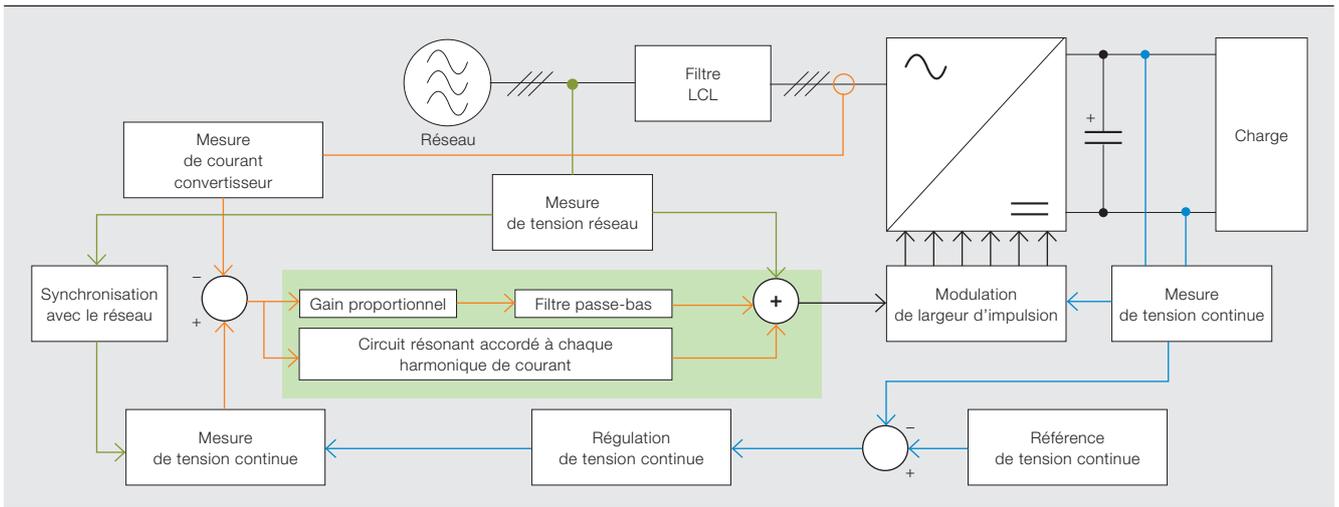
Limitation de la bande passante

Le moyen le plus simple de traiter la résonance du filtre LCL est de limiter la bande passante du régulateur de courant à une valeur inférieure à la fréquence de résonance. On peut à cette fin insérer un filtre passe-bas (FPB) en série avec le gain proportionnel du régulateur → 2. Dans ce cas, le FPB

Photo p. 73

Présents dans beaucoup d'applications, comme ici une centrale photovoltaïque, les convertisseurs de puissance sont parfois le siège de fréquences de résonance qui peuvent être éliminées par des méthodes de régulation éprouvées.

2 Méthode de régulation du courant de réseau à l'aide d'un filtre passe-bas inséré en série avec le gain proportionnel du régulateur (en vert)



n'affecte que le gain proportionnel, et pas le circuit résonant connecté en parallèle qui traque les composantes de courant individuelles à des fréquences sélectionnées.

Cette méthode présente l'inconvénient de ne pas être adaptative ; il faut donc des informations sur le filtre LCL et les paramètres réseau pour concevoir le FBP. Pour autant, sa mise en œuvre ne nécessite pas de grandes modifications du système de régulation, ni de gros efforts de calcul ou de mesures supplémentaires.

L'effet du FBP sur la réponse en fréquence du régulateur de courant est illustré en → 3 : bien conçu, le FBP atténue très efficacement le pic provoqué par la résonance du filtre LCL et la sensibilité du régulateur aux perturbations haute fréquence (HF).

Amortissement actif

Les méthodes d'amortissement actif utilisent normalement des informations sur la tension ou le courant des condensateurs du filtre LCL. Ces paramètres sont soit mesurés, soit estimés ; sachant que le surcroît de mesures renchérit le coût du système, les solutions du commerce privilégient habituellement l'estimation.

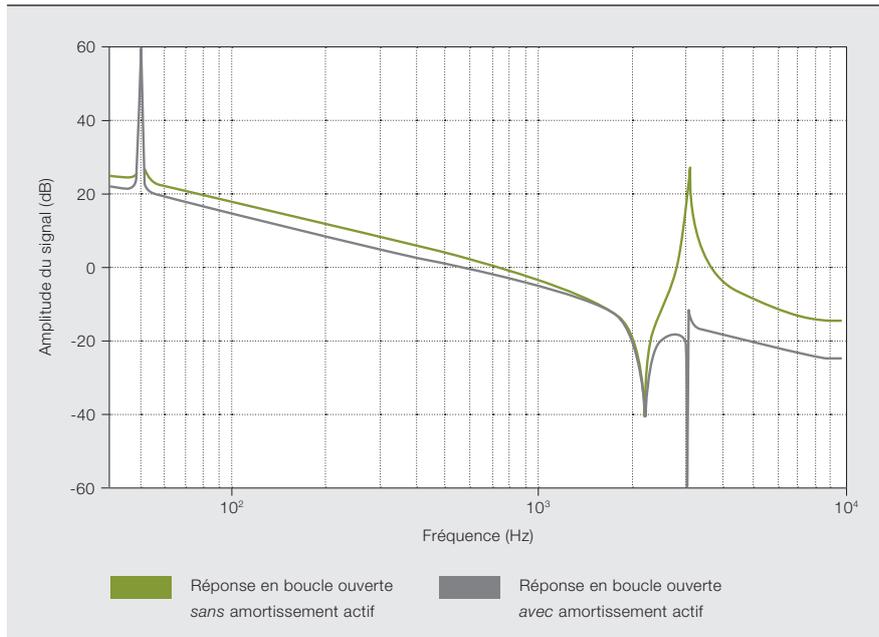
Le synoptique → 4 illustre un système de régulation du courant réseau avec amortissement actif des résonances basé sur le retour de tension des condensateurs du filtre LCL. Pour éviter des mesures supplémentaires, on insère un étage d'observation qui se base sur la référence de tension du convertisseur et les mesures de tension réseau et de courant convertisseur pour estimer la tension des condensateurs [1,2].

Il existe deux moyens d'éviter les résonances : le filtrage passif et l'amortissement actif.

L'amortissement actif fonctionne sur le principe suivant : sur apparition d'une résonance dans la tension des condensateurs du filtre LCL, le mécanisme d'amortissement modifie la référence de tension du convertisseur pour faire disparaître cette résonance. L'amortissement actif ne devant réagir qu'aux harmoniques de tension, un filtre coupe-bande est utilisé pour supprimer la composante fondamentale de l'estimation de tension des condensateurs.

L'effet de l'amortissement actif sur la réponse en fréquence du régulateur de courant est reproduit en → 5 : son

3 Simulation de la réponse en boucle ouverte de la tension du convertisseur au courant côté convertisseur, avec et sans amortissement actif des résonances



insertion dans le système de régulation atténue le pic provoqué par la résonance du filtre LCL, améliorant la stabilité de la régulation du courant réseau.

Cette solution a le grand avantage d'être adaptative, ce qui lui permet aussi de contrer efficacement les perturbations provenant du réseau. Comme pour toutes les méthodes actives, la bande passante de l'amortissement est limitée par la fréquence porteuse MLI et la fréquence d'échantillonnage. La fréquence porteuse MLI doit valoir au moins trois ou quatre fois la fréquence de résonance du filtre LCL pour garantir un bon amortissement.

Vérification expérimentale

Les performances de ces deux méthodes ont été testées sur un redresseur réseau MLI triphasé de 40 kVA avec une charge résistive. Le convertisseur est raccordé à un réseau triphasé BT classique de 400 V. La régulation est assurée par un processeur numérique de signaux (DSP) de 32 bits en virgule

flottante, cadencé à 300 MHz. La fréquence porteuse MLI est de 10 kHz, la fréquence d'échantillonnage et d'exécution de la commande de 20 kHz, et la fréquence de résonance du filtre LCL d'environ 3,2 kHz.

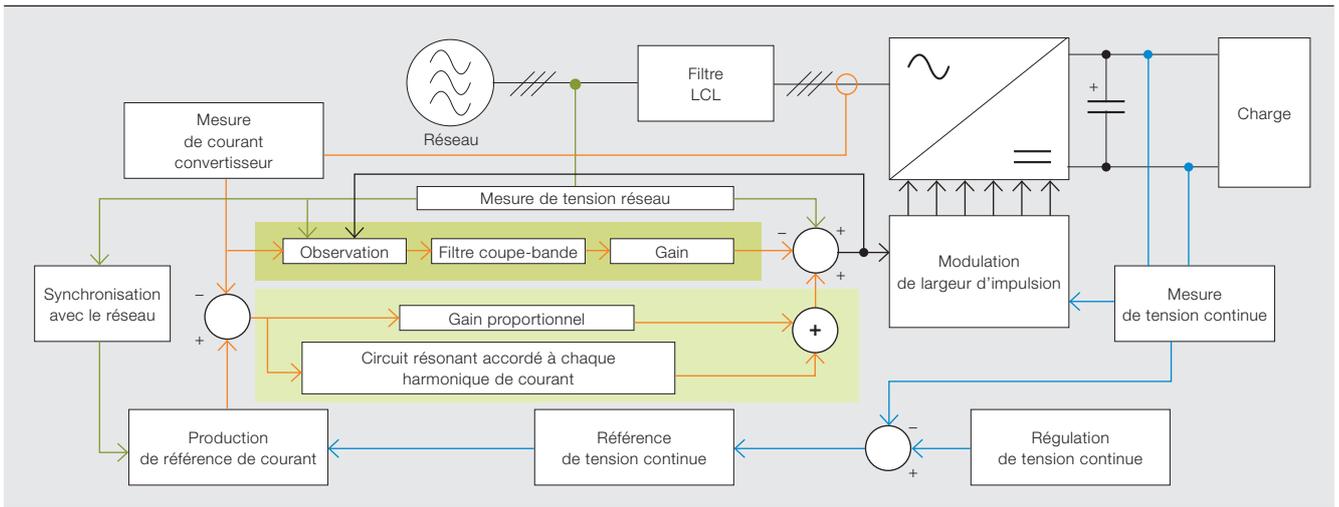
La figure → 6 illustre le cas où la résonance du filtre LCL n'est pas prise en compte: la régulation du courant réseau est instable et le convertisseur s'arrête en raison d'un déclenchement par surintensité provoqué par les courants résonants du réseau.

Voyons maintenant → 7 ce que donne l'insertion d'un FPB bien conçu en

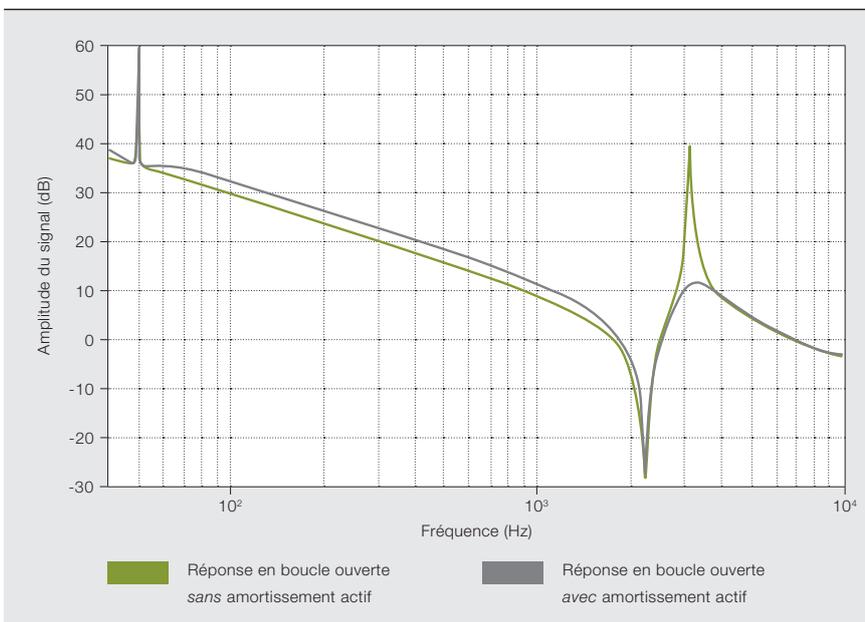
Les méthodes d'amortissement actif sont intégrées au système de régulation sans avoir besoin de modifier la structure du filtre d'alimentation.

série avec le gain proportionnel du régulateur de courant: aucune résonance n'apparaît dans les courants réseau et le convertisseur peut démarrer normalement. L'amortissement actif

4 Amortissement actif des résonances (vert foncé) basé sur le retour de tension des condensateurs du filtre LCL



5 Simulation de la réponse en boucle ouverte de la tension du convertisseur au courant côté convertisseur, avec et sans amortissement actif des résonances



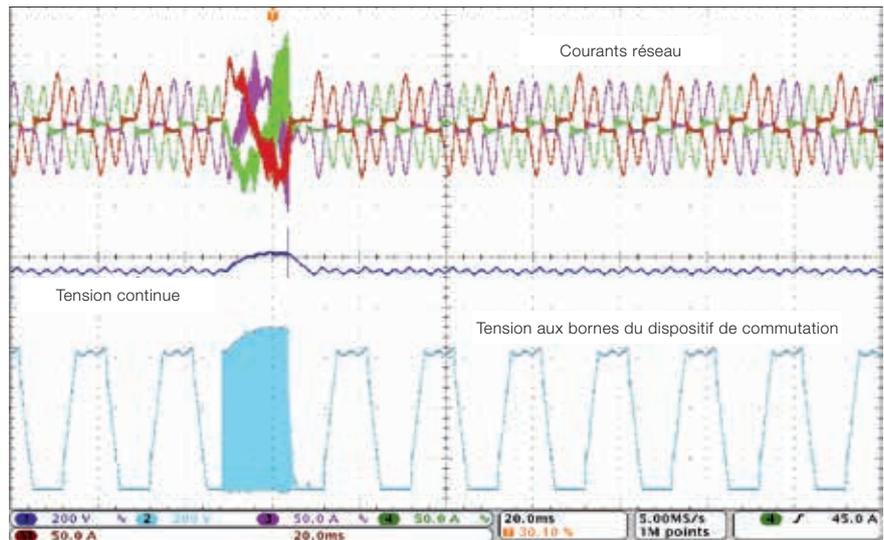
aboutit à peu près au même résultat, avec en plus l'avantage d'être la seule méthode à pouvoir traiter les résonances provenant du réseau et s'adapter aux variations de la fréquence de résonance.

Complémentarité

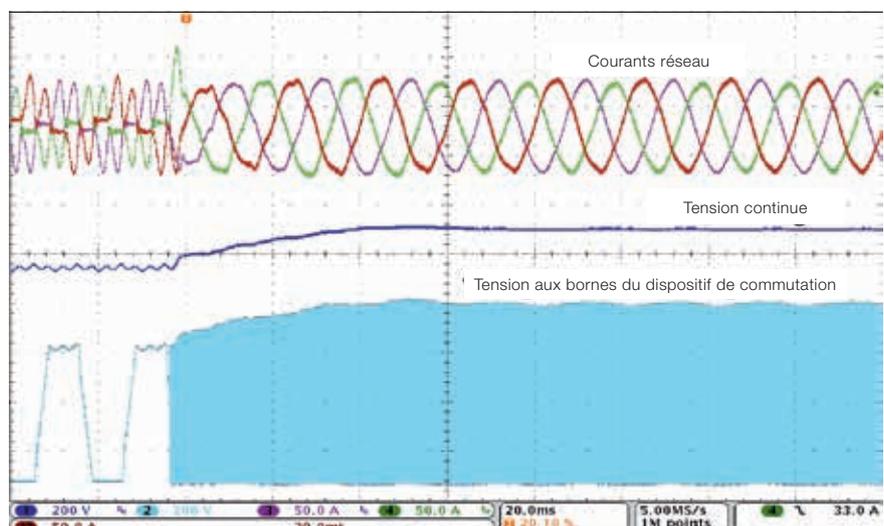
Les convertisseurs réseau dotés de filtres d'alimentation compacts fonctionnant à des fréquences de commutation élevées posent de nouveaux défis à la régulation du courant réseau. Si le traitement des hautes fréquences de résonance nécessite une large bande passante, dans le même temps, la régulation ne doit pas être

L'amortissement actif des résonances utilise des informations sur la tension ou le courant des condensateurs du filtre LCL ; ces paramètres peuvent être mesurés ou estimés.

6 Tentative de démarrage du convertisseur sans prise en compte de la résonance du filtre LCL dans le système de régulation



7 Démarrage du convertisseur avec filtre passe-bas inséré en série avec le gain proportionnel du régulateur de courant



trop sensible aux perturbations HF. Les deux méthodes présentées ici sont développées pour ce type de situation. Leur mise en œuvre n'utilise qu'une fraction des capacités de calcul offertes par les dernières générations de processeurs et ne nécessite aucun équipement supplémentaire de mesure de tension ou de courant.

Bien que dissociées dans le cadre de cet article, ces méthodes sont en réalité complémentaires et combinables : le FPB rend la régulation de courant moins sensible aux perturbations HF, tandis que l'amortissement actif traite toutes les perturbations qui peuvent être détectées dans la tension des condensateurs du filtre LCL. Inutile

dans ces conditions de peaufiner la conception du FPB.

Des essais expérimentaux ont prouvé que toutes deux pouvaient stabiliser la régulation du courant réseau avec un filtre LCL compact, sans nuire à la réponse dynamique du système.

Sami Pettersson

ABB Corporate Research
Baden-Dättwil (Suisse)
sami.pettersson@ch.abb.com

Bibliographie

- [1] Escobar, G., *et al.*, « Control of single-phase inverter connected to the grid through an LCL filter », *IECON 2012 – 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, Montréal (Québec), p. 3406–3411, 25–28 octobre 2012.
- [2] Coccia, A., *et al.*, « Control method for single-phase grid-connected LCL inverter », brevet européen n° 2 362 515, 25 juillet 2012.

Rédaction

Bazmi Husain

Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Ron Popper

Head of Corporate Responsibility

Christoph Sieder

Head of Corporate Communications

Ernst Scholtz

R&D Strategy manager
Group R&D and Technology

Andreas Moglestue

Chief Editor, *ABB review*
andreas.moglestue@ch.abb.com

Édition

ABB review est publiée par la direction
R&D and Technology du groupe ABB.

ABB Technology Ltd.
ABB Review/REV
Affolternstrasse 44
CH-8050 Zurich (Suisse)

ABB review paraît quatre fois par an en anglais, français, allemand et espagnol. La revue est diffusée gratuitement à tous ceux et celles qui s'intéressent à la technologie et à la stratégie d'ABB. Pour vous abonner, contactez votre correspondant ABB ou directement la rédaction.

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

Édition et droits d'auteur ©2016
ABB Technology Ltd.
Zurich (Suisse)

Impression

Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH
AT-6850 Dornbirn (Autriche)

Maquette

DAVILLA AG
Zurich (Suisse)

Traduction française

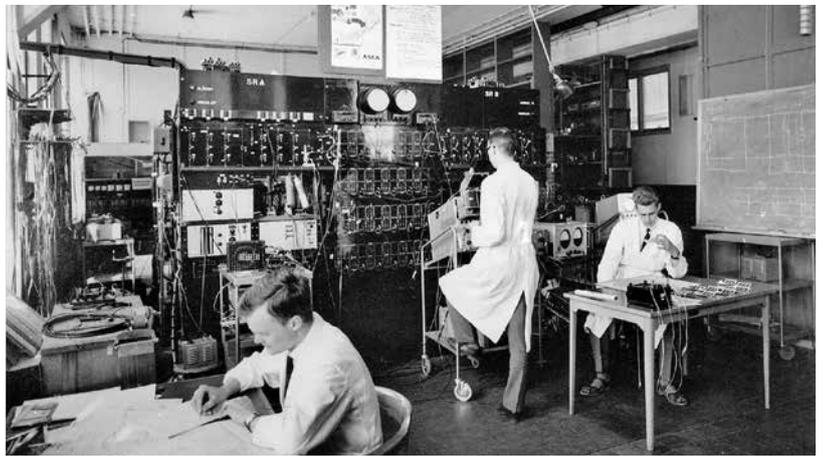
Dominique Helies
dhelies@wanadoo.fr

Avertissement

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

ISSN: 1013-3119

www.abb.com/abbreview



Dans le numéro 3116

Préparatifs

2016 est l'année d'un double anniversaire : les 125 ans de la naissance de BBC (première entreprise à l'origine d'ABB) et les 100 ans de la création par ASEA (seconde devancière) du centre de recherche institutionnelle du Groupe.

Notre prochain numéro égrènera donc les passionnantes découvertes et innovations qui ont forgé le passé séculaire d'ABB.

Les anniversaires sont l'occasion de revenir sur le chemin parcouru et les acquis, mais aussi d'aller de l'avant. Au-delà de la rétrospective, *ABB review* est une histoire en devenir de la recherche-développement et de la technologie.



À vos tablettes

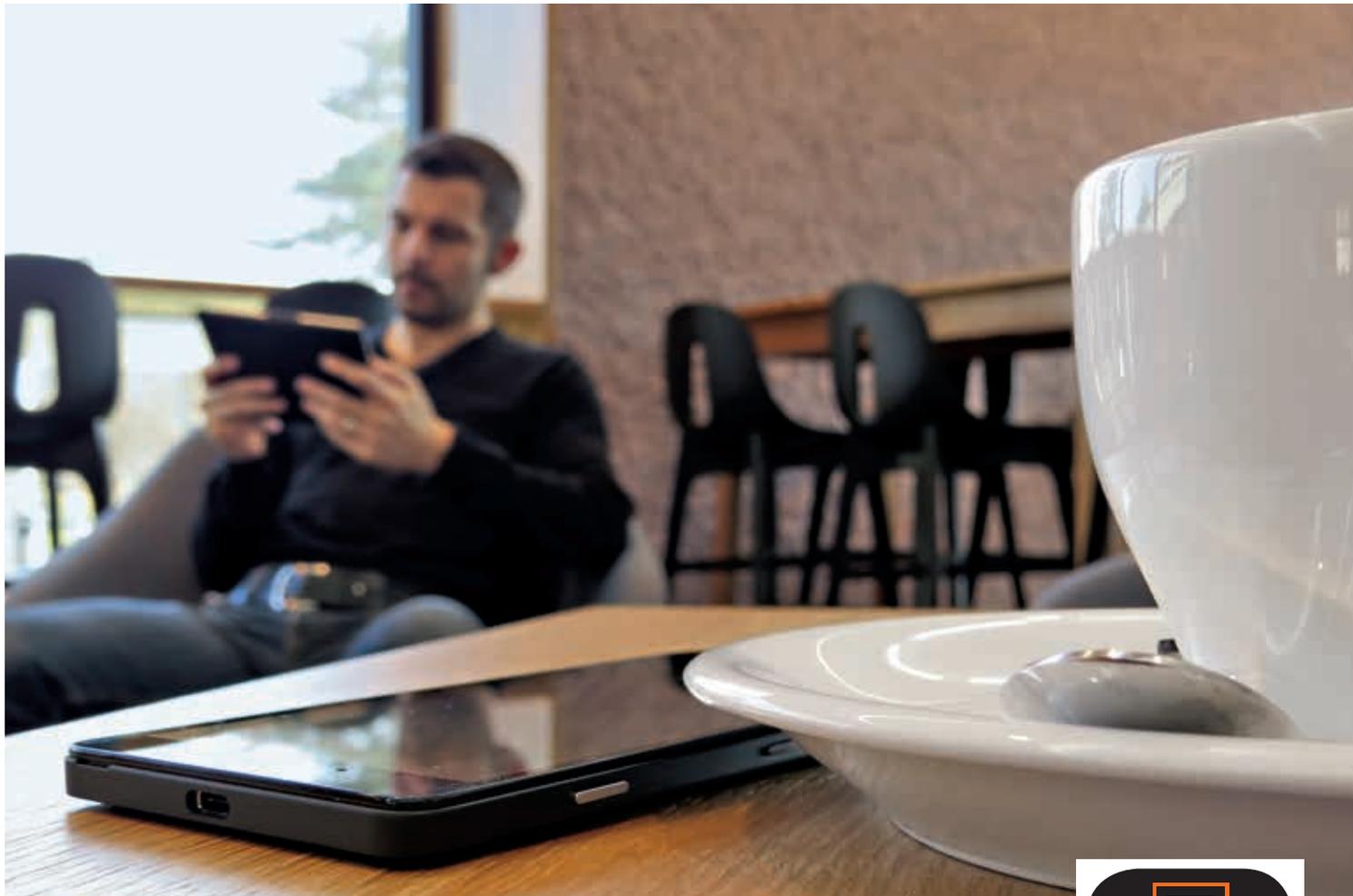
Retrouvez l'application *ABB review*
sur notre site www.abb.com/abbreviewapp



Gardez le contact

Pour ne pas manquer un numéro,
abonnez-vous à la liste de diffusion
sur www.abb.com/abbreview.

Dès votre enregistrement effectué,
vous recevrez un e-mail avec un lien
permettant de confirmer votre abonnement.



Tout savoir de l'innovation technologique partout et quand bon vous semble ?

Retrouvez-nous sur l'appli *ABB review* pour tablette et smartphone. Polyglotte, riche en fonctionnalités et contenus interactifs (recherche intégrale, galeries photos, vidéos, animations, etc.), elle est disponible sur appareils iOS et Android.

<http://www.abb.com/abbreview>



Volontiers !