

review

02|2020 fr

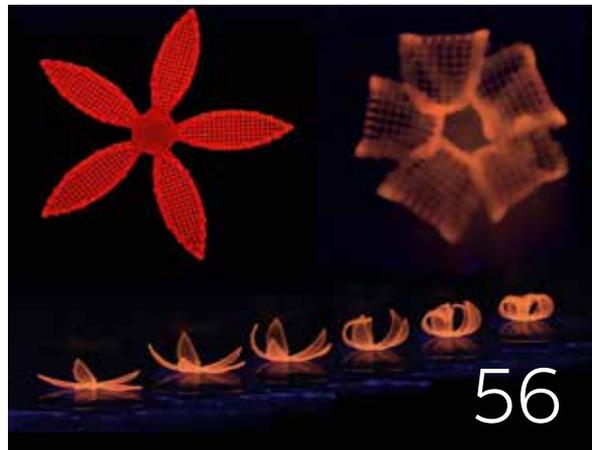
Doper la connectivité



-
- 06–29 **Doper la connectivité**
 - 30–45 **Connecter la performance**
 - 46–55 **Robots à la manœuvre**



Configurateur FIM UMC Edition



Impression 4D

**Analyseur
de réseau M4M**





40

**Simulateur réseau
à électronique de puissance**

05 **Éditorial**

Doper la connectivité

- 08 **Gestion d'alarmes intelligente**
- 14 **Analyseur de réseau M4M**
- 22 **Capteur pour zones dangereuses**
- 28 **Prix de la recherche ABB 2019**

Connecter la performance

- 32 **Inverseur de sources
autopiloté Zenith**
- 36 **Configurateur FIM UMC Edition**
- 40 **Simulateur réseau à électronique
de puissance**

Robots à la manœuvre

- 48 **Dépalettisation assistée
par intelligence artificielle**
- 52 **Montée en flèche**

Le mot du moment

56 **Impression 4D**

63 **Publication ABB**

63 **S'abonner**

 A photograph of a tall, modern skyscraper with a grid-like facade, partially obscured by a dark, textured overlay. The building is set against a light sky.

14

« *Le tout est plus que la somme de ses parties* » : cette maxime philosophique est plus que jamais d'actualité pour décrire la prochaine génération d'outils, de services et de solutions ABB. Découvrez dans ce numéro comment les capteurs connectés, l'intelligence artificielle et le suivi temps réel se conjuguent pour faciliter le pilotage et doper la productivité.

ÉDITORIAL

Doper la connectivité



Chers lecteurs,

Le précédent numéro se penchait sur la 4^e révolution industrielle, qui impose aux usines de passer d'une production de masse indifférenciée à une « personnalisation de masse » diversifiée. Si adapter la production d'un site est une chose, faire évoluer ses équipements et leur configuration en est une autre ! Comment exécuter de nouvelles tâches, intégrer de nouveaux outils et ajouter de nouvelles fonctionnalités en limitant au minimum les arrêts de production et les paramétrages ?

La communication sans fil est une solution : plus fiable et plus rapide, elle ne cesse d'investir des pans entiers de l'industrie qui lui échappaient jusqu'ici.

Cette édition de la revue s'intéresse également à d'autres nouveautés ABB qui enrichissent la palette fonctionnelle de l'appareil productif et facilitent la configuration : simulateur de réseau, départ-moteur, inverseur de sources, entre autres.

Bonne lecture,

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bazmi Husain', written in a cursive style.

Bazmi Husain
Directeur des technologies

Doper la connectivité





« Connecter » la réalité industrielle aux exigences des missions stratégiques nécessite, au propre comme au figuré, une bonne dose d'expérience et de capacité d'innovation. À la croisée de l'opérationnel et de la recherche-développement, ABB est à l'avant-garde de l'usine du futur ; en témoigne son nouveau capteur numérique à l'épreuve des zones dangereuses et bien d'autres réalisations à découvrir dans cette rubrique.

- 08 Une gestion d'alarmes ciblée pour les événements critiques
- 14 Un analyseur de réseau pour optimiser la performance énergétique des bâtiments
- 22 Un capteur intelligent pour zones dangereuses
- 28 ABB récompense la recherche sur les réseaux



DOPER LA CONNECTIVITÉ

Une gestion d'alarmes ciblée pour les événements critiques

Fondée sur des techniques d'exploration de données pour en extraire les alarmes et les modéliser, la solution IAM d'ABB est le système de gestion d'alarmes par excellence pour la conduite automatique des procédés.

—
Aldo Dagnino
ABB Advanced Analytics
Cary (Caroline du Nord,
États-Unis)

aldo.dagnino@
us.abb.com

Carsten Beuthel
S+ Operation
Mannheim (Allemagne)

carsten.beuthel@
de.abb.com

Thomas-Christian Skovholt
Digital Delivery
Oslo (Norvège)

thomas.skovholt@
no.abb.com

**Martin Hollender
Marcel Dix**
ABB Corporate Research
Ladenbourg (Allemagne)

martin.hollender@
de.abb.com
marcel.dix@
de.abb.com

De nos jours, les grands complexes industriels, comme les usines pétrochimiques ou les centrales d'énergie, font appel à des systèmes de conduite avancée pour surveiller et piloter équipements et procédés. À l'origine du contrôle-commande industriel, les signaux analogiques issus des capteurs de terrain s'affichaient sur des panneaux d'annonce qui renseignaient les spécialistes du *process* sur le type d'action à mener, comme enclencher un arrêt d'urgence en cas de dépassement des seuils sécuritaires, environnementaux et financiers.

L'avènement des systèmes de commande distribués (DCS), au début des années 1970, a permis aux opérateurs de piloter l'usine sans connaissance des équipements. Les ingénieurs de procédé ne se sont alors pas privés de configurer et de déployer les alarmes dans l'ensemble du système, avec un seuil haut et un seuil bas généralement fixés à 80 % et à 20 % de la plage de fonctionnement. Résultat : des opérateurs de conduite noyés sous une avalanche de données (chaque événement générant une alarme) et incapables de distinguer l'utile du superflu ! Sans compter que la taille réduite des écrans leur faisait perdre beaucoup de temps en consultation de procédures et consignés sur papier.

Si le DCS préfigurait déjà l'Internet industriel des objets (IIoT), on attend aujourd'hui plus d'un système

de contrôle-commande moderne : traitement de données massives, automatisation poussée, déploiement d'une instrumentation précise et bon marché, capacité de stockage illimitée et systèmes d'affichage élaborés doivent permettre de pointer

—
La solution IAM analyse les conditions d'exploitation de l'usine pour aider l'opérateur à discerner et à traiter les alarmes d'importance.

rapidement l'information pertinente en se limitant aux événements et alarmes importantes →01. Et si l'opérateur pouvait anticiper les incidents, avant même leur apparition ? Prévenir les pertes de production et de rendement, les pannes matérielles, les situations et événements mettant en danger le personnel et l'environnement ? C'est cette ambition qui a guidé ABB dans la mise au point de son système de gestion d'alarmes IAM (*Intelligent Alarm System*).

Une gestion d'alarmes puissante et robuste
L'objectif d'une gestion d'alarmes moderne est

—
01 Repérer plus vite les événements critiques en salle de conduite et y remédier : c'est l'objet de la solution IAM d'ABB, qui soumet les conditions d'exploitation de l'usine à une batterie d'analyses fondées sur des techniques d'exploration des données pour en déduire des modèles et seconder les opérateurs.

de doter le contrôle-commande industriel d'outils ergonomiques, d'une instrumentation de pointe, d'une intelligence artificielle, d'une analytique et d'une visualisation élaborées pour améliorer l'utilisabilité du système. Fruit de l'expertise ABB en IIoT et en DCS, l'offre IAM est la meilleure solution du marché dans ce domaine. À la gestion d'alarmes traditionnelle s'ajoutent d'une part un niveau d'analyse supplémentaire pour réduire le nombre d'alarmes répétitives parasites, d'autre part un second traitement en trois temps : une couche « Données » extrait les alarmes et les modélise selon 25 attributs prédéfinis ; une couche « Analytique » applique des algorithmes de dernière génération pour une analyse précise et itérée des données d'alarme ; enfin, une couche « Visualisation » présente les résultats de l'analyse sur une interface graphique conforme aux principes ABB d'affichage paramétrable →02.

Traitement des alarmes en commande de procédé

La fonction première d'une alarme est de signaler à l'opérateur un écart par rapport aux conditions normales d'exploitation. Une évaluation rapide et précise de l'alarme est ici la clé de la performance opérationnelle : la séquence détection-action ne doit durer que quelques fractions de seconde.

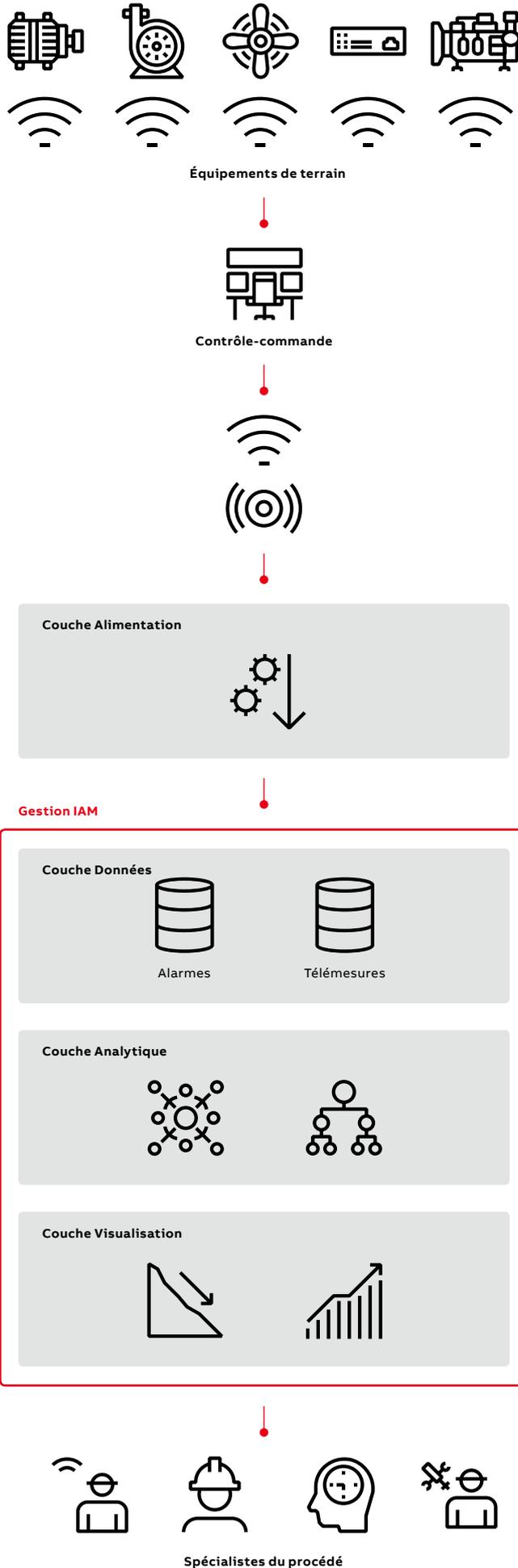
Or les systèmes traditionnels sont statiques : leurs alarmes ne s'adaptent pas aux changements d'état ou de mode opératoire. Imaginons par exemple qu'un gros compresseur d'usine pétrochimique

—
Le découpage du flot de données en « paniers » de durée fixe est un exemple d'analyse avancée des alarmes, à partir d'historiques de l'industrie pétrogazière.

tombe en panne, générant de nombreuses alarmes secondaires, de moindre importance ; ces alarmes superflues sont de surcroît gênantes pour l'opérateur car elles lui font perdre du temps en recherche et en analyse. C'est là que la solution IAM d'ABB entre en jeu. Elle effectue un filtrage dynamique des événements/alarmes en fonction des conditions réelles de fonctionnement de l'usine, guidant l'opérateur vers l'acquiescement et le traitement rapides des alarmes d'importance.

01





La gestion d’alarmes IAM effectue cinq analyses en chaîne : suppression des alarmes répétitives, analyse des séquences, analyse des alarmes critiques, masquage et traitement des avalanches. Ces méthodes s’appuient toutes sur des techniques d’exploration de données pour en déduire des modèles.

Développement de la solution

Bâtie sur des historiques issus notamment de l’industrie pétrogazière, l’analyse IAM repose sur des méthodes comme le découpage du flot de données en créneaux temporels, appelés « paniers » et sur l’utilisation de métriques pour hiérarchiser les résultats.

À chaque type d’analyse son objectif : enregistrer les alarmes répétitives ou de courte durée (suppression des alarmes répétitives) ; diviser les séquences en périodes de même durée (analyse des séquences d’alarmes) ; identifier les séquences survenant avant ou après un événement donné (analyse des alarmes critiques) →03. La « durée de vie » d’une alarme, soit la période entre l’instant d’activation act_t et le retour à la normale rtn_t , ainsi que l’intervalle entre deux alarmes TG,

—
ABB propose la meilleure solution de gestion d’alarmes du marché, gage d’une analyse des données et d’une utilisabilité optimales.

soit la durée entre deux activations consécutives ($TG_{B-A} = act_{tB} - act_{tA}$), sont caractérisés par des attributs →04 qui permettent d’analyser les alarmes répétitives journalisées en vue de les supprimer. On utilise à cette fin deux nouveaux algorithmes : l’un traite la durée de vie d’une alarme et sa fréquence de répétition, l’autre les alarmes répétitives, c’est-à-dire celles qui présentent un court intervalle de temps entre act et rtn . L’analyste commence par ce dernier type d’alarmes pour ensuite décider, s’il y a lieu, de les supprimer du journal.

Modèle de séquences

Après avoir supprimé les alarmes répétitives, la gestion IAM utilise les instants d’activation extraits de l’historique pour identifier et caractériser les alarmes concomitantes. Ces séquences sont hiérarchisées selon une significativité statistique fondée sur deux métriques : la densité d’occurrence et la tendance à la co-occurrence. L’algorithme crée quatre paniers de même durée contenant chacun les alarmes du journal, ordonnées selon leur instant d’activation. L’algorithme d’exploration des séquences distingue

— 02 Les systèmes de contrôle-commande industriels qui surveillent les appareils instrumentés sont appuyés par des logiciels filtrant à la source les alarmes inutiles. La solution IAM d'ABB y ajoute un traitement analytique en trois temps : la couche Données extrait les mesures capteurs et les historiques d'alarmes pour créer un modèle, qui alimente la couche Analytique, dont les résultats algorithmiques sont restitués par la couche Visualisation.

— 03 Le découpage du flot d'alarmes en « paniers » de durée fixe permet d'analyser l'enchaînement d'alarmes critiques. Chaque type d'analyse utilise un panier spécifique.

03a Exemple de paniers encadrant une alarme critique C. La méthode permet de discerner les séquences d'alarmes précédant ou suivant l'événement ; ici, C est précédée ou suivie de quatre paniers distincts de durée t.

03b Exemple de découpage en créneaux temporels effectué par l'algorithme d'exploration des données ABB. Ici, trois paniers de même durée sont créés, chacun contenant les alarmes journalisées ; ils s'enchaînent en fonction de l'horodatage (instant d'activation) de chaque alarme.

alors les séquences d'alarmes autonomes grâce à la densité d'occurrence, représentative de la proportion du jeu de données contenant un schéma spécifique. Puis la métrique de co-occurrence classe ces ensembles de séquences autonomes selon des critères pré-établis [1].

Alarmes critiques

Il n'est pas d'opérateur ni de responsable de production qui ne cherche à résoudre sur-le-champ les dysfonctionnements du procédé, mais aussi à en éviter coûte que coûte les événements déclencheurs. IAM facilite leur tâche en isolant les alarmes qui se produisent avant ou après une alarme critique, celles-ci étant souvent listées aux fins de suivi. Pour déterminer les séquences qui encadrent des alarmes critiques, le modèle prend en compte les instants d'activation des alarmes journalisées et en analyse les segments précédant et suivant sur une période donnée (60 minutes en général). Chaque événement se voit attribuer un niveau de gravité, représentatif de sa criticité.

Autres analyses fonctionnelles

ABB ajoute à ces trois traitements l'analyse des règles de masquage et d'avalanches d'alarmes pour optimiser l'interaction homme-machine. Les règles de masquage permettent de déterminer si la durée de vie d'une alarme est incluse dans celle d'une autre, ce qui peut être signe de redondance. L'analyse d'avalanches repère les rafales d'alarmes consécutives à certaines manœuvres, comme l'arrêt d'un équipement pour

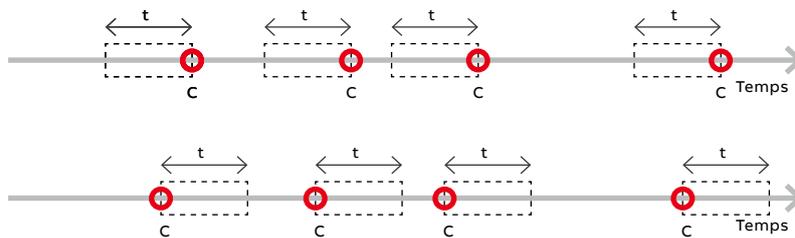
maintenance préventive ou nettoyage. Si aucune nouvelle alarme ne se déclenche après l'opération, il peut s'agir d'une avalanche « normale » ne réclamant pas d'autre action opérateur.

Bien visualiser pour mieux gérer

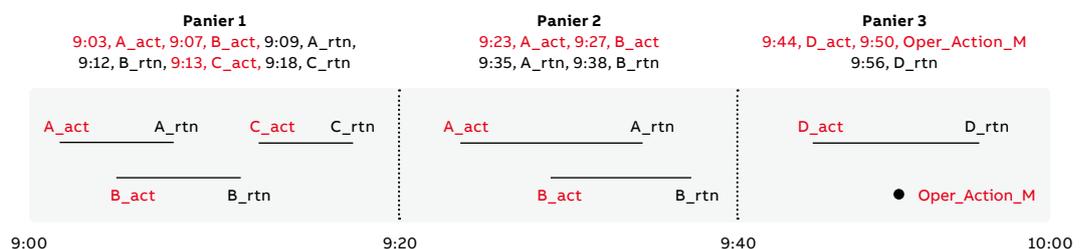
Après avoir soumis ses modèles analytiques à des tests poussés à l'aide de données issues de l'industrie pétrogazière, grande contributrice au développement des systèmes d'alarme, l'équipe ABB s'est penchée sur plusieurs concepts de visualisation. Car en dernier ressort, c'est à l'opérateur qu'il incombe de savoir quoi faire et dans quel délai ! D'où l'importance de vues ciblées

— Une batterie de cinq modèles analytiques améliore la conduite opérateur.

pour réduire sa charge de travail, mieux prédire les événements et améliorer la configuration du système [2]. Cette étape s'est heurtée aux traditionnels écueils du dialogue opérateur, comme la surcharge des écrans de taille limitée et la confusion des couleurs. Le développement simultané de plusieurs modes de restitution des analyses, de filtrage de données et de groupement d'éléments textuels et graphiques (listes classiques →05a, rayons de soleil et coordonnées parallèles →05b) y a remédié. La démarche a permis



03a



03b

N° d'attribut	Attribut du modèle global (fixe)	Description et exemple
1	Date et heure	Horodatage de l'événement dans plusieurs formats, le plus fréquent étant : MM/JJ/AAAA hh:mm:ss.ms AM ou PM (p. ex., 7/19/2014 6:09:27.527 PM)
2	Date et heure actives	Horodatage à la source des divers états d'une alarme ; p. ex., l'alarme « retour à la normale » (rtn), quand elle est activée, est inactive à la source.
3	Priorité	Priorité de l'alarme, exprimée généralement par un nombre ordinal inversement proportionnel à la gravité de l'événement (1 = gravité maximale, alarme prioritaire) et indiquant sa criticité.
4	État	État associé à l'alarme (p. ex., alarmes hautes « H, HH », alarmes basses « L, LL »), assorti d'une priorité pour mieux évaluer sa gravité et la nommer en clair.
5	Équipement	Équipement de terrain en alarme
6	Zone du procédé	Zone du procédé à l'origine de l'alarme
7	Utilisateur	Opérateur visualisant l'alarme ou agissant dessus ; généralement, une variable explicite composée du nom de l'opérateur ou de son poste (p. ex., « Jean » ou « OL-PCD\erlst »)
8	Catégorie	N° de classe d'événement ; généralement, un nombre ordinal (p. ex., 666371)

04

d'évaluer des critères comme la facilité d'utilisation, la lisibilité et l'efficacité des groupements, et de développer ainsi les vues opérateur les mieux adaptées à chaque type d'analyse [2].

L'offre globale d'ABB

Mis en production, le système IAM fait aujourd'hui partie intégrante de la plate-forme logicielle ABB Ability™ Symphony® Plus [3]. Les données historiques sont d'abord importées dans IAM sous forme de fichiers texte de divers formats, puis converties en un modèle global GLAM (*global alarm model*), qui permet de normaliser et de stocker les données d'alarmes aux fins d'analyse →06. À ce jour, le logiciel prend en charge 10 éléments d'alarmes, chiffre qui peut néanmoins être porté à 52, en fonction des besoins clients.

Deux autres outils ABB, AlarmInsight® et SafetyInsight™, aident à sécuriser et à fiabiliser les opérations du process sur tout le cycle de vie d'une installation. Ces solutions couvrent à la fois la phase de développement et celle d'exploitation.

La première phase s'appuie sur les données techniques numérisées pour documenter les dangers et les risques, définir les protections adéquates, concevoir la sécurité fonctionnelle « instrumentée » et le système d'alarme. La seconde utilise les données informatiques et opérationnelles de l'usine (IT/OT) en contexte pour aider à la surveillance des alarmes, améliorer la performance des systèmes de sécurité et transformer les données brutes en informations exploitables qui éclairent la prise de décision.

Cette analyse pointue lève toutes les inconnues de la rationalisation d'alarme et fournit de précieux enseignements. Réinjectés dans les outils de développement, ils contribuent à maintenir ou optimiser les systèmes d'automatisation ou de sécurité. ABB s'inscrit ainsi dans une démarche globale qui parachève la gestion du cycle de vie des alarmes.

Elle découle de la forte implication du Groupe dans l'élaboration et le respect de standards, comme l'EEMUA 191 et l'ISA SP 18.2 qui plaident pour une gestion robuste des alarmes dans les procédés continus, et de sa grande expérience de la production d'énergie. Ces référentiels mondiaux spécifient quatre grands principes : l'objet d'une alarme est d'avertir,

— La solution IAM confère aux procédés continus comme la métallurgie des capacités de prédiction d'événements.

d'informer et de guider ; les alarmes doivent être présentées à un rythme permettant leur traitement par l'opérateur ; les anomalies détectables doivent déclencher une alarme au plus tôt ; le rapport coût/bénéfice de la gestion d'alarmes doit être raisonnable. Dans cette optique, l'interface de dialogue S+ Operations de la solution Ability® Symphony™ Plus intègre la toute dernière version d'IAM.

ABB propose ainsi une gestion d'alarmes élaborée, fondée sur deux volets essentiels distincts mais indissociables : l'optimisation technique du système d'alarme et celle de l'interaction homme-machine. Cette démarche ne se borne pas à améliorer l'interprétation et la compréhension de la situation par l'opérateur, sa réactivité et son pouvoir décisionnel ; elle vise aussi à conférer des capacités prédictives à l'industrie des procédés. L'intégration d'IAM à l'interface S+ Operations construit une solution bien plus performante que les systèmes du marché cantonnés à une approche purement descriptive. •

Remerciements

Nous tenons à remercier les membres fondateurs de l'équipe IAM, Jinendra Gugaliya, Marcel Dix, Veronika Domova et Mithun Acharya, pour leur précieuse contribution, ainsi que les responsables de programme Roland Weiss et Alf Isaksson pour leur soutien indéfectible tout au long de ce projet qui n'aurait pas pu aboutir sans eux.

04 Huit attributs essentiels au développement d'une gestion d'alarmes

05 Les vues opérateur visent à maximiser la lisibilité et l'utilisabilité de l'interaction homme-machine.

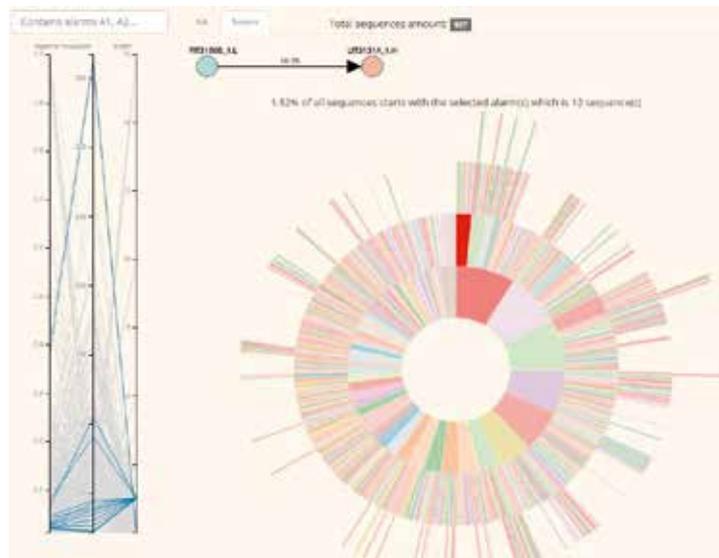
05a Prototype d'interface utilisateur : à droite, liste destinée à l'analyse des événements critiques ; à gauche, filtre représenté en coordonnées parallèles.

05b La vue de type rayons de soleil se compose du graphe du même nom (à droite) et du filtre en coordonnées parallèles (à gauche) : la longueur des rayons est proportionnelle au nombre de séquences commençant par l'alarme étudiée. Le diamètre des arcs de cercle représente le nombre d'occurrences de l'alarme. Il suffit de passer le pointeur de souris au-dessus d'un élément pour voir le détail des séquences contenant la hiérarchie sélectionnée.

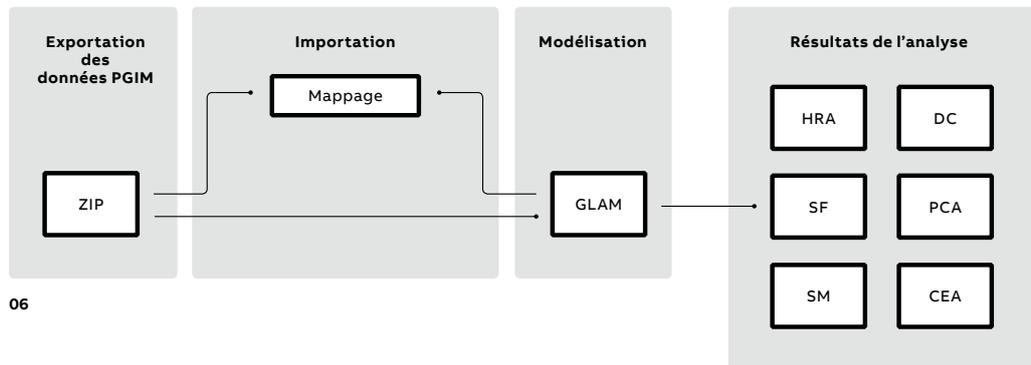
06 Déroulé de l'importation d'un flot d'alarmes historisé dans le système ABB de gestion des informations de production d'énergie (PGIM) pour différentes analyses : règles de masquage (HRA), suppression des alarmes répétitives (DC), détection d'avalanches similaires (SF), analyse des relations parent-enfant (PCA), analyse par modèle de séquences (SM) et analyse des alarmes critiques (CEA).



05a



05b



06

Bibliographie

[1] Dagnino, A., « Data Mining Methods to Analyze Alarm Logs in IoT Processes », *IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering*, Vancouver (Canada), 22-26 août 2019, p. 323-330.

[2] Domova, V., « Intelligent Alarms Management: Sequences analysis visualization : Guided report on implementation », *Rapport interne ABB*, 2018, p. 1-37.

[3] ABB Ability™ Symphony® Plus, « Intelligent Alarm Management Technical Preview 1: Release Notes in Power Generation & Water » *Rapport interne ABB*, 2018, p. 1-57.



DOPER LA CONNECTIVITÉ

Un analyseur de réseau pour optimiser la performance énergétique des bâtiments

À l'échelle mondiale, les bâtiments représentent 30 % de la consommation énergétique finale et 28 % des émissions de CO₂ associées. Heureusement, les dispositifs connectés, à l'image des nouveaux analyseurs de réseau M4M d'ABB qui autorisent la surveillance précise en temps réel de ces données, contribuent à améliorer l'écoperformance du secteur.



—
Photo : les dispositifs de surveillance de l'énergie en temps réel, comme l'analyseur de réseau M4M d'ABB, améliorent l'écoperformance des bâtiments connectés.

Selon le *Bilan Mondial 2017* établi conjointement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Agence Internationale de l'Energie, les bâtiments comptent pour 30 % de la consommation d'énergie finale et 28 % des émissions de CO₂ du secteur énergétique. Des chiffres impressionnants qu'il convient toutefois de nuancer puisque « l'intensité énergétique du secteur (énergie moyenne consommée par m²) continue de s'améliorer à un taux annuel moyen d'environ 1,5 % » [1].

Les bâtiments intelligents, qui associent des outils numériques de commande et de surveillance de l'énergie, affichent aujourd'hui des niveaux

—
Jerzy Wasacz
Jakub Kozak
ABB Corporate
Technology
Cracovie (Pologne)

jerzy.wasacz@pl.abb.com
jakub.kozak@pl.abb.com

Alessandro Grieco
Luciano Di Maio
Tamara Duricic
ABB S.p.A.
Vittuone (Italie)

alessandro.grieco@
it.abb.com
luciano.di_maio@
it.abb.com
tamara.duricic@
it.abb.com

—
Les dispositifs connectés, à l'image de l'analyseur de réseau M4M d'ABB, surveillent en temps réel la consommation énergétique.

d'efficacité énergétique inimaginables avant qu'émergent l'Internet des objets et les solutions

modulaires. C'est ainsi que les dispositifs connectés, comme les nouveaux analyseurs de réseau M4M d'ABB, autorisent un suivi précis et en temps réel des usages énergétiques, avec à la clé une amélioration de la performance du bâtiment doublée d'une réduction de l'empreinte environnementale.

Surveillance fiable en temps réel

Les analyseurs de réseau M4M d'ABB, première gamme à être équipée de Bluetooth et intégrée à l'offre de services connectés ABB Ability™, assurent une analyse complète de la qualité de la fourniture électrique ainsi qu'une surveillance de l'efficacité énergétique des bâtiments tertiaires et industriels, ainsi que des *datacenters* →01.

Dans le tertiaire, l'intégration des analyseurs au portefeuille ABB de solutions numériques de gestion d'actifs et d'énergie permet de suivre en instantané, de manière rationnelle et efficace, l'alimentation et les usages électriques du bâtiment afin d'éviter les pénalités pour surconsommation en période de pointe. Dans l'industrie, l'analyseur M4M assure la surveillance et le pilotage du réseau d'alimentation pour éviter les interruptions de fourniture, les avaries d'équipements et l'arrêt des activités stratégiques. L'utilisateur peut programmer



01

—
**La solution cloud ABB Ability™
 Electrical Distribution
 Control System décuple le
 potentiel des analyseurs de
 réseau M4M.**

des alertes afin de réagir plus rapidement à tout événement survenant sur le réseau, améliorant ainsi l'exploitation et accélérant les interventions de maintenance.

Autre champ d'action des analyseurs M4M : les datacenters, où ils fiabilisent la chaîne d'alimentation, surveillent la qualité de la fourniture, protègent le parc d'actifs et évitent les surcharges ou déclenchements synonymes d'arrêts techniques. Des étapes de conception et de spécification à l'exploitation et à la maintenance en passant par l'installation et la mise en service, le M4M accompagne de bout en bout l'expérience client →02.

Histoire de famille

Le M4M se décline en deux versions →03, l'une équipée d'un écran couleur et de cinq boutons de commande (M4M 20), l'autre d'un écran tactile (M4M 30). L'utilisateur accède ainsi facilement aux informations de surveillance du réseau, à l'analyse sommaire ou approfondie de la qualité de l'alimentation électrique, ainsi qu'aux estimations de performance énergétique.

Les deux appareils partagent de nombreuses caractéristiques : un choix complet de protocoles de communication et d'entrées/sorties intégrés (avec un code produit spécifique à chaque version), une même enveloppe, des procédures de montage et de câblage identiques, une interface homme-machine (IHM) commune avec segmentation par dispositif cible et caractéristiques de mesure. Cette dernière reprend les règles de conception ABB d'interface utilisateur intuitive, notamment au niveau du contenu, de la dénomination et de la hiérarchisation des commandes de menu. L'utilisateur déjà familier d'un M4M peut ainsi prendre en main n'importe quel produit de la gamme en un temps record. Seule différence : l'écran se compose de quatre fenêtres sur le M4M 30 et de trois bandeaux sur le M4M 20.

—
01 Les analyseurs M4M assurent une analyse complète de la qualité de l'alimentation électrique et une surveillance de l'efficacité énergétique des bâtiments industriels, tertiaires et publics, ainsi que des datacenters.

—
02 De la conception et la spécification à l'exploitation et la maintenance en passant par l'installation et la mise en service, l'offre d'analyseurs de réseau ABB accompagne l'expérience client de A à Z.

Naviguer sur un océan de données

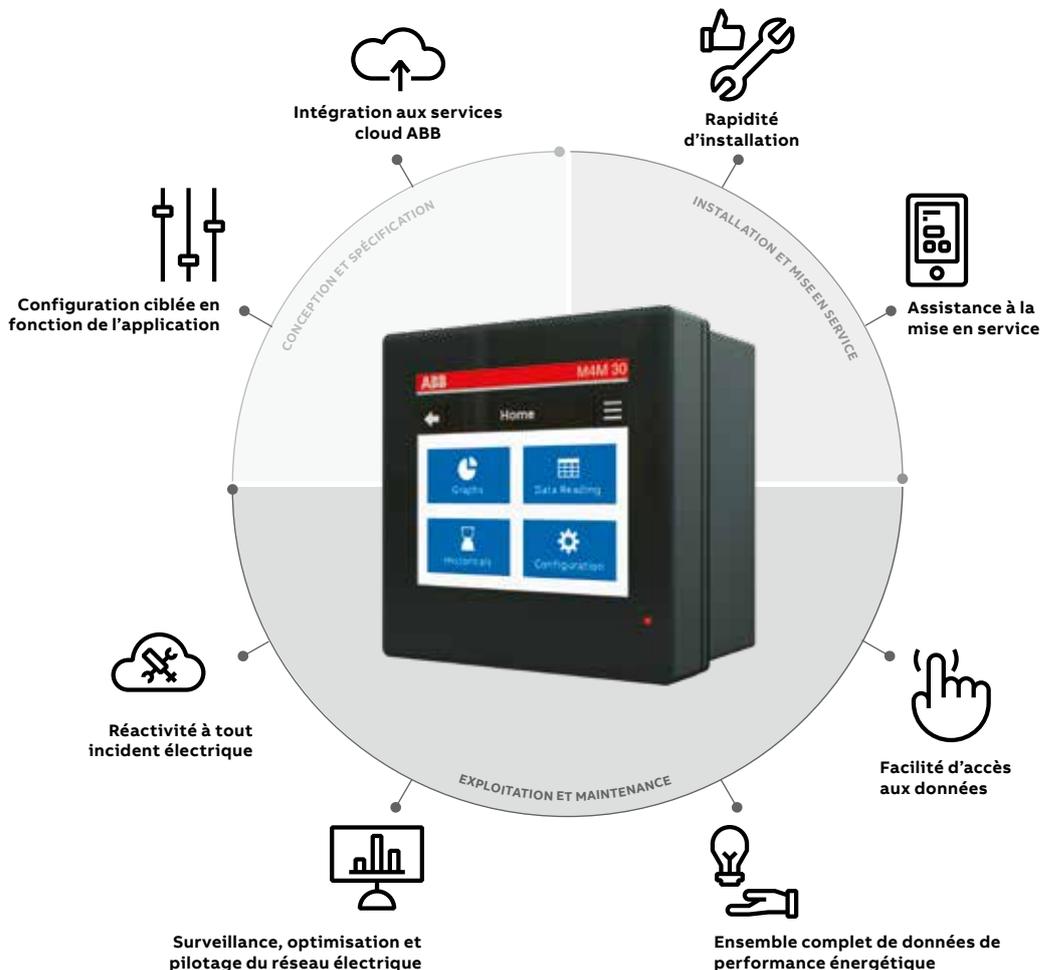
Dans n'importe quel appareil de mesure, la visualisation des données est un élément central de l'IHM : l'utilisateur doit pouvoir lire instantanément les valeurs minimales, maximales et moyennes de paramètres temps réel (tension, intensité, puissance,

Font également partie des mesures les relevés énergétiques qui sont soit classés par tarifs horaires différenciant les périodes de consommation, soit répartis en 4 quadrants (consommation mais aussi autoproduction). Les menus déroulants, organisés de façon intuitive et logique, donnent accès aux informations utiles en quelques clics →04.

Les similitudes entre les différentes versions du M4M accélèrent la prise en main de l'appareil.

par exemple) ainsi que les indicateurs de qualité de l'alimentation (distorsion harmonique totale, déséquilibres de tension et de courant, etc.), en totale conformité avec les normes CEI.

La deuxième rubrique de l'IHM présente, sous forme d'histogrammes ou de courbes, les principaux paramètres et formes d'ondes en temps réel →05 ; les signaux échantillonnés sont à cette fin stockés sur des cycles de 2 phases. L'analyseur affiche également les harmoniques de tension et de courant (jusqu'au 15^e rang) de façon à identifier, par exemple, les charges non linéaires susceptibles de dégrader l'onde électrique. Les harmoniques jusqu'au 40^e rang peuvent être récupérés par une liaison de transmission. Enfin, des diagrammes de Fresnel, accompagnés des valeurs de phaseurs correspondantes, illustrent les relations entre tension et courant →06.





03

Une mémoire flash de 7 Mo permet au M4M 30 d'historiser les mesures fondamentales : moyennes des principales grandeurs temps réel sur une période donnée, ainsi que les trois maxima et les trois minima de consommation, là encore dans un intervalle de temps précis →07. L'utilisateur peut ainsi paramétrer jusqu'à 25 canaux de mémorisation.

Des graphes instantanés et de tendance affichent la courbe de consommation pour 20 paramètres énergétiques sur une période donnée, chaque tracé représentant les 12 dernières valeurs enregistrées.

Une liste de valeurs prééglées, une procédure de saisie intuitive et des fenêtres de guidage

L'utilisateur a accès à des graphiques de consommation instantanée et de tendance pour 20 paramètres sur une période donnée.

de l'utilisateur →08 simplifient et accélèrent la configuration des appareils. Une protection par mot de passe évite toute modification non autorisée. Les données de configuration sont enregistrées dans un journal d'activité interne, avec horodatage de chaque modification majeure.

Par ailleurs, un assistant de mise en service guide l'utilisateur pour régler les principaux paramètres de l'appareil, par exemple à la première mise sous tension ou après réinitialisation des paramètres d'usine.

Les notifications se divisent en trois groupes : alarmes, mises en garde et erreurs. Le premier recense des dépassements de seuils, qui peuvent être journalisés et liés aux E/S. Le M4M 30 est capable de traiter des alarmes complexes groupées. Les mises en garde concernent les conditions d'installation, tandis que les erreurs sont envoyées aux dispositifs d'autodiagnostic.

Données en clair

Des bibliothèques graphiques élaborées, reposant sur une palette de primitives complexes, enrichissent l'interface du M4M et son écran QVGA (65 000 couleurs) 3,5 pouces, de résolution 320 x 240 pixels. L'affichage (valeurs temps réel, tendances, icônes, graphiques 2D, etc.) jouit donc d'une excellente visibilité quel que soit l'éclairage ambiant.

Le microcontrôleur interne qui gère cet affichage prend en charge les caractères latins et cyrilliques ainsi qu'une version allégée d'Unicode, pour dialoguer dans la langue de l'utilisateur (chinois simplifié inclus).

Surveillance connectée

L'analyseur de réseau M4M embarque les toutes dernières versions des protocoles industriels

— 03 L'IHM du M4M 20 (à gauche) se compose de trois bandeaux, celle du M4M 30 (à droite) de quatre fenêtres.

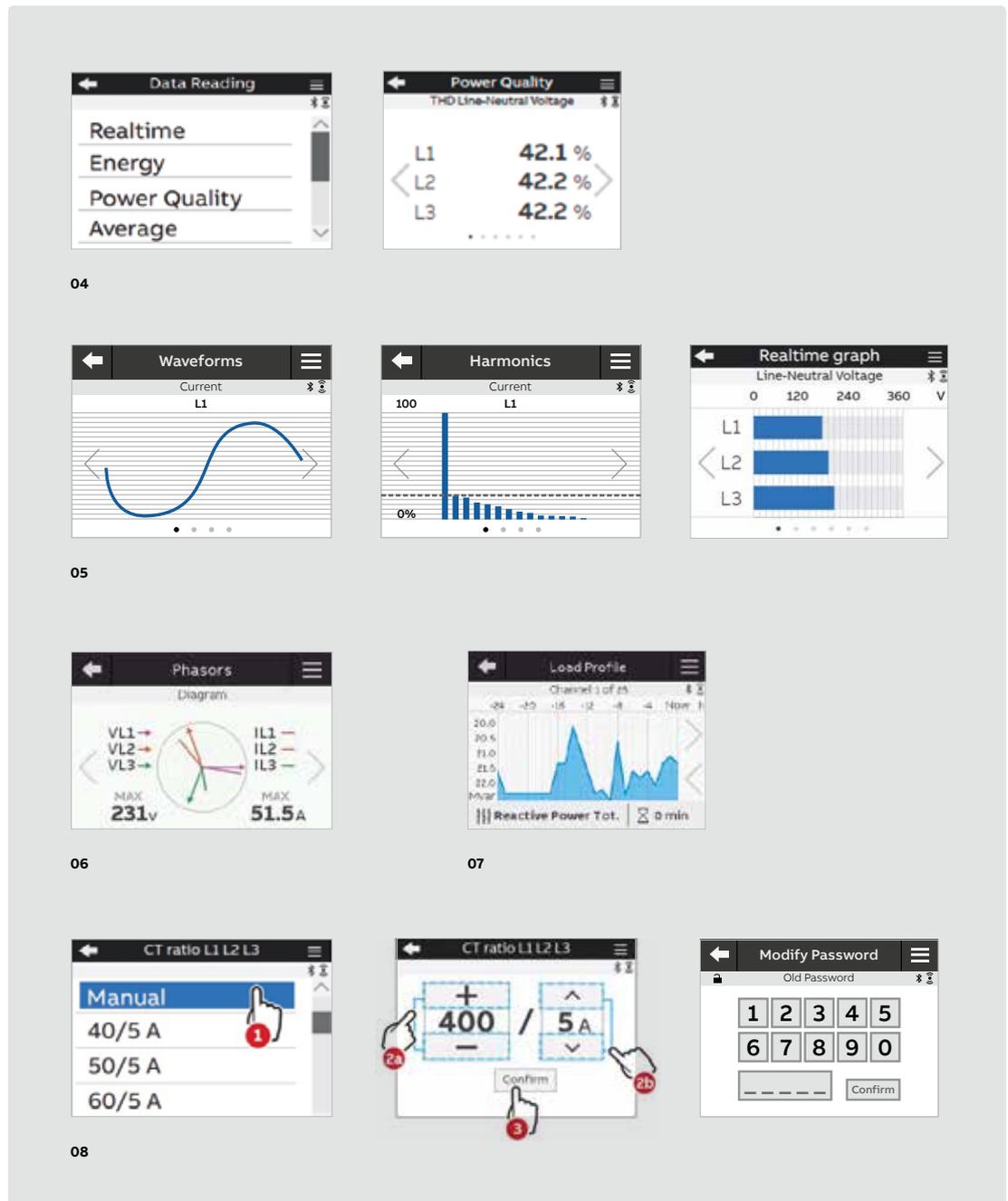
— 04 Les données cruciales sont accessibles en quelques clics.

— 05 Courbes et histogrammes affichent les grandeurs et ondes électriques en temps réel.

— 06 Les relations entre tension et courant sont représentées par des diagrammes de Fresnel accompagnés des valeurs de phases correspondantes.

— 07 La mémoire flash de 7 Mo conserve un historique des principales valeurs de mesure.

— 08 Un assistant de mise en service s'active à la première mise sous tension ou après une réinitialisation des réglages usine. Des mots de passe définis par l'utilisateur protègent la configuration de toute modification non autorisée.



— Le microcontrôleur interne prend en charge les caractères latins et cyrilliques ainsi qu'une version simplifiée d'Unicode.

Modbus, BACnet/IP et Profibus DP-V0, couvrant ainsi les principales applications visées par l'analyse de la qualité électrique. Son interface de communi-

cation permet d'accéder à distance aux données pour les intégrer à un système de gestion électronique des documents (GED), de gestion technique du bâtiment (GTB), de supervision (SCADA), ou encore à des services cloud.

Le protocole BACnet, dédié automatismes du bâtiment, s'appuie sur des règles de communication claires et univoques pour garantir l'interopérabilité des analyseurs M4M avec les équipements certifiés BACnet. Cette configuration, pleinement conforme aux exigences du laboratoire d'essai BACnet Testing

LES ANALYSEURS M4M EN BREF

Connectivité complète

En intégrant nativement ABB Ability™ et Bluetooth, les analyseurs M4M bénéficient de la puissance des solutions ABB de gestion d'énergie et d'actifs : IHM locale, application mobile EPiC, mise en service et visualisation par logiciel Ekip Connect sur PC, vue d'ensemble du réseau électrique avec Ability™ EDCS, etc.

Simplicité et convivialité

La compacité de l'analyseur, avec ses bobines de Rogowski et ses borniers amovibles, simplifie la configuration. L'écran tactile couleur, associé à une application mobile et à un logiciel sur PC, garantit ergonomie et facilité d'accès aux données.

Écoperformance

Le M4M analyse la qualité de l'alimentation électrique et surveille de près l'efficacité énergétique au travers des paramètres électriques et des indicateurs clés de qualité. La solution ABB Ability™ EDCS facilite l'agrégation des données et les comparaisons.

Supervision temps réel

Toute l'information collectée par l'analyseur de réseau est disponible depuis n'importe quel endroit du système électrique ; les notifications interactives permettent de réagir rapidement et précisément à l'ensemble des événements afin d'écartier le risque de surcharges, de pannes ou d'interventions de maintenance non coordonnées.

Laboratories (BTL), pérennise l'investissement du client.

L'interface Profibus, qui fait autorité en matière de communication entre automatismes industriels, permet de coupler l'analyseur M4M à des réseaux multimaîtres temps réel.

Tous les analyseurs M4M intègrent un module Bluetooth basse consommation, version 4.2, afin de se connecter sans fil à l'application mobile EPiC (pour Android et iOS). Celle-ci permet de dupliquer les réglages sur un grand

L'interface Profibus permet l'intégration à des réseaux multimaîtres temps réel.

nombre d'appareils pour en accélérer la configuration et la mise en service : un coup de pouce au déploiement massif du M4M ! Des algorithmes de chiffrement sécurisent les transferts de données entre M4M et EPiC, et authentifient les appareils connectés. Des règles draconiennes de cybersécurité évitent toute attaque cryptographique de type « homme du milieu ».

Des services évolutifs

ABB n'est pas un simple fabricant de produits mais un fournisseur de solutions globales : le portefeuille du Groupe s'étend du simple analyseur de réseau M4M à la plate-forme cloud ABB Ability™ Electrical Distribution Control System (EDCS).

Dès qu'un M4M est autorisé à se connecter automatiquement à la plate-forme, cette dernière identifie les versions installées du produit et lit les registres correspondants : l'intégration est transparente. Le client ABB est alors en mesure de visualiser toute sa consommation énergétique, mais aussi de l'optimiser →09.

Le logiciel Ekip Connect sur PC peut aider à configurer les analyseurs à distance et à mettre à jour le microprogramme en envoyant une image chiffrée de ce dernier aux serveurs ABB aux fins d'authentification.

Architecture matérielle

Les analyseurs M4M disposent d'une large palette de périphériques : 13 configurations différentes sont possibles en tenant compte des multiples options d'E/S et protocoles de communication, ainsi que des deux modèles d'écran disponibles. Une flexibilité qui découle naturellement de la modularité logicielle et matérielle de l'appareil.

La configuration des périphériques s'effectue par empilement de cartes électroniques métiers

—
09 Points forts des analyseurs de réseau M4M

—
10 Des cartes dédiées, avec les E/S et fonctions de communication souhaitées, servent à configurer les appareils.

—
Bibliographie

[1] Programme des Nations Unies pour l'environnement et Agence Internationale de l'Energie, *Vers un secteur des bâtiments et de la construction à émission zéro, efficace, et résilient. Bilan Mondial 2017*, disponible sur : https://urban-leds.org/wp-content/uploads/2019/resources/guidance_and_tools/Buildings_and_constructions/GlobalABC-Bilan%20Mondial%202017_FR.pdf, p. 14.

apportant les E/S et fonctions de communication requises par l'application →10. Il est donc possible

—
L'utilisateur peut non seulement voir l'ensemble de sa consommation énergétique, mais aussi l'optimiser.

de permuter les E/S logiques, les sorties analogiques, les liaisons série, les connexions Ethernet classique ou Ethernet chaîné.

La carte du dessous se charge de l'alimentation en énergie et des mesures ; les utilisateurs ont le choix entre support classique et support pour bobine de Rogowski. La carte du dessus héberge le microcontrôleur maître, la puce Bluetooth, l'IHM, la mémoire, l'horloge temps réel, les LED et une partie du circuit analogique. Elle est proposée en deux variantes, l'une pour l'écran tactile et l'autre pour la commande par boutons.

La principale application de l'analyseur tourne sur un microcontrôleur équipé d'un cœur ARM M4 Cortex,

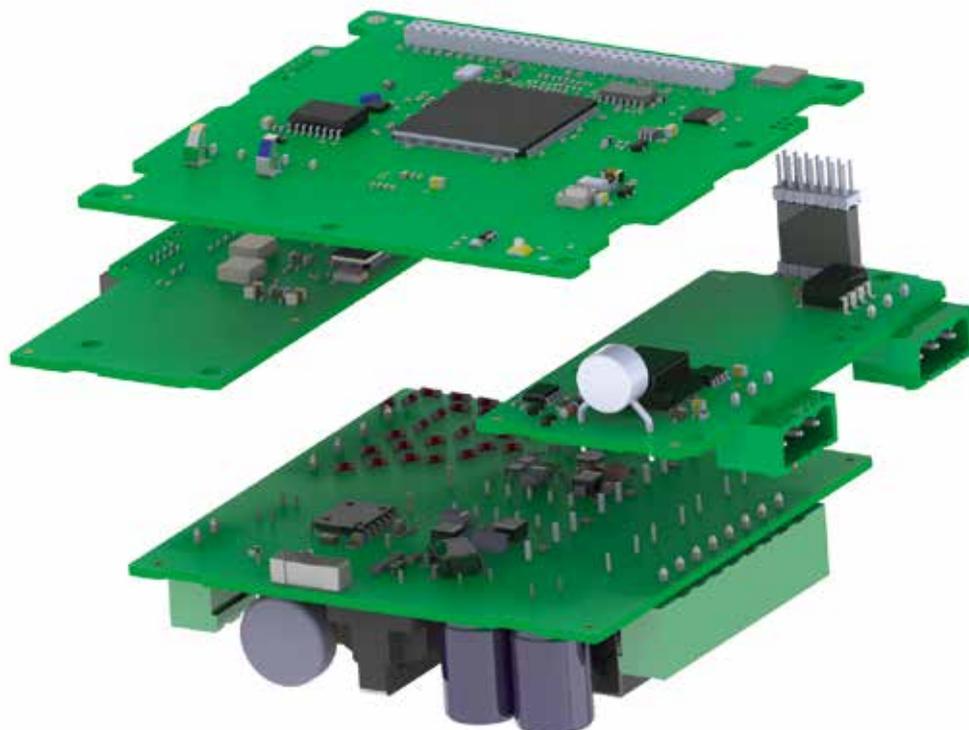
qui traite les signaux analogiques et les algorithmes d'analyse de la qualité électrique, gère l'affichage et la communication : le parfait compagnon des systèmes d'exploitation temps réel.

Un coprocesseur dédié prend en charge les transmissions radiofréquence avec l'hôte.

Production automatisée

Les analyseurs M4M sont assemblés et testés sur des lignes automatisées haute capacité, qui assurent la traçabilité de tous les composants d'un bout à l'autre de la chaîne. Les composants sont vérifiés à tous les stades de la production : des robots préhenseurs à commande centralisée les déplacent délicatement d'un banc de test à un autre pour valider l'ensemble des caractéristiques. Les résultats des essais sont conservés jusqu'aux étapes de conditionnement et de stockage.

Un générateur de courant et de tension d'une extrême précision alimente les bancs de test les plus sensibles afin que l'étalonnage des analyseurs s'effectue avec la plus haute qualité du signal qui soit, dans 100 % des cas. Enfin, de rigoureux critères de recette garantissent que seuls des produits parfaitement étalonnés sont livrés aux clients ABB. •





—
01 L'offre de capteurs
ABB Ability Smart
Sensor s'étend aux
zones dangereuses.

DOPER LA CONNECTIVITÉ

Un capteur intelligent pour zones dangereuses

En 2016, ABB a lancé une nouvelle gamme de capteurs numériques, qui communiquent avec sa plate-forme de cloud ABB Ability™. Adoptée par des milliers de clients dans le monde, l'offre s'enrichit d'un capteur destiné aux zones dangereuses.

—
Manuel Oriol
Der-Yeuan Yu
ABB Motion, Motors
and Generators
Baden (Suisse)

manuel.oriol@
ch.abb.com
der-yeuan.yu@
ch.abb.com

Maciej Orman
ABB Business Services
Sp. z o.o.
Motion, Motors and
Generators
Cracovie (Pologne)

maciej.orman@
pl.abb.com

Neethu Tp
ABB Global Industries
and Services Private
Limited
Motion, Motors and
Generators
Bangalore (Inde)

neethu.tp@in.abb.com

Geir Svoen
ABB AS
Industrial Automation,
Energy Industries
Oslo (Norvège)

geir.svoen@no.abb.com

Philipp Sommer
Gerd Schlottig
Alexey Sokolov
Ștefan Stănculescu
Felix Sutton
ABB Corporate Research
Baden-Dättwil (Suisse)

philipp.sommer@
ch.abb.com
gerd.schlottig@
ch.abb.com
alexey.sokolov@
ch.abb.com
stefan.stanculescu@
ch.abb.com
felix.sutton@ch.abb.com

L'offre ABB de capteurs communicants intégrés s'est étoffée ces dix dernières années. Outre le WiMon100, la famille de capteurs ABB Ability pour moteurs, pompes, paliers pré-montés ou réducteurs équipe aujourd'hui des milliers de sites clients dans le monde entier.

Il lui manquait toutefois une version économique pour les équipements installés en zones dangereuses. Une lacune que vient combler la nouvelle génération ABB Ability Smart Sensor, conçue pour fonctionner en atmosphère explosive →01-02.

—
Les nouveaux capteurs
ABB Ability Smart Sensor
sont à l'épreuve des
atmosphères explosives.

Cette innovation, qui doit pouvoir endurer les pires conditions ambiantes et surclasser les capteurs ABB actuels, répond à un cahier des charges des plus exigeants :

- Mesure de vibrations hautes fréquences ;
- Endurance physique en environnement hostile ou dangereux ;
- Durée de vie comparable à celle de la plupart des équipements surveillés, avec une pile non rechargeable et non remplaçable ;
- Architecture évolutive du microprogramme (*firmware*) pour s'adapter aux besoins futurs.

Exigence 1 : mesurer les vibrations

Alors que la majorité des capteurs commercialisés ne mesure que les vibrations et la température, le capteur intelligent ABB Ability enregistre également les champs magnétiques et le niveau de bruit, ce qui permet de calculer très précisément la vitesse de rotation des moteurs.

Si les capteurs de vibration sont monnaie courante dans l'électronique grand public et l'automatisation industrielle, leur performance est loin d'être irréprochable. Très souvent, les résonances générées à l'intérieur de l'appareil se répercutent sur les transducteurs qui enregistrent les vibrations de la machine instrumentée.

D'autres aspects viennent encore compliquer l'affaire, comme le positionnement du capteur, sa fixation et son montage. Sans oublier le souci du moindre coût.



02

ABB a commencé par interposer une platine en acier entre l'embase du capteur et l'équipement surveillé de sorte que la transmission des vibrations soit la plus directe possible. Le capteur se composait alors de deux cartes électroniques : l'une collée à la platine (elle-même vissée sur l'équipement), l'autre raccordée par câble flexible à la platine ainsi qu'à la première carte.

Cette première version laissait beaucoup à désirer : en effet, les résonances issues du boîtier du capteur se propageaient jusqu'à la platine et étaient captées

—
Une platine en acier bloque la propagation des vibrations entre capteur et transducteurs.

par le transducteur. À l'aide d'une modélisation fine du capteur et de la platine →03, ABB a procédé à de nombreuses simulations pour trouver la solution la plus satisfaisante. Dans sa version finale, la platine est solidaire de la machine et empêche toute propagation des vibrations du capteur aux transducteurs, sans surcoût →04.

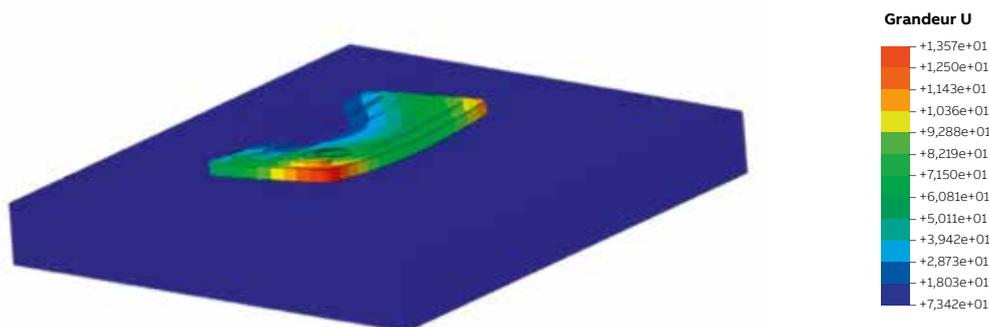
Exigence 2 : fonctionner en zones dangereuses

Les normes et réglementations internationales imposent des exigences très strictes aux capteurs utilisables en zones dangereuses, certifiés IECEx et ATEX :

- En cas de court-circuit interne de la pile, la chaleur ne doit pas provoquer d'auto-inflammation des gaz ;
- Les composants internes ne doivent pas provoquer d'échauffement ou d'étincelle susceptible d'enflammer les gaz ;
- En cas de rupture de l'enveloppe, si le capteur contient des matériaux conducteurs, il ne doit y avoir ni échauffement ni étincelle susceptible d'enflammer les gaz ;
- Le capteur doit être à l'épreuve des contraintes environnementales.

Pour la première condition, l'usage est de vérifier la température atteinte dans les pires circonstances. Dans le cas des capteurs sans fil, on met en court-circuit les batteries ; la température mesurée ne doit alors pas dépasser le seuil réglementaire de 135 °C (classe de température T4). Une condition remplie par le capteur ABB pour zones dangereuses. La chaleur se diffuse également dans la structure mécanique et est absorbée par le plastique du boîtier.

Dernière condition de la liste : la résistance aux environnements extrêmes. Le capteur ABB couvre



03

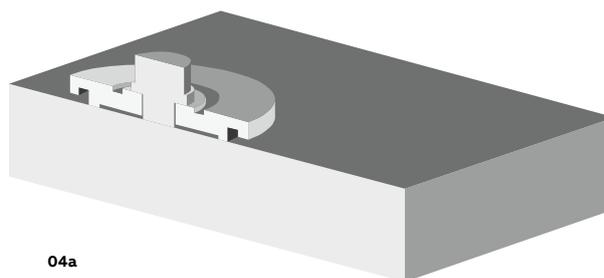
—
02 Quelques critères de conception imposés au nouveau capteur : robustesse, grande autonomie, évolutivité, tenue aux vibrations, etc.

—
03 Première version de platine métallique souffrant de déformations importantes à la fréquence de résonance

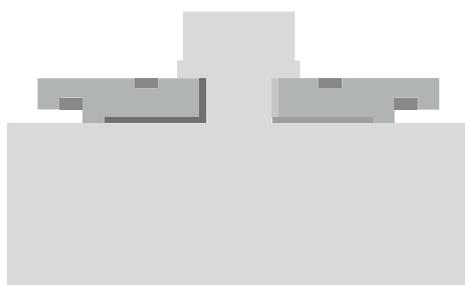
—
04 Modèle 3D de la platine

04a Embase et patte de fixation du capteur, vue oblique

04b Embase et patte de fixation du capteur, vue de côté



04a



04b

une plage de température cible de -40 à $+85$ °C, qui vaut pour la plupart des composants électroniques industriels.

—
La pile du capteur affiche une durée de vie trois fois supérieure à celle de la concurrence.

Des essais aggravés réalisés avec la méthode HALT (cycles de températures élevées et basses, fortes vibrations associées à des températures extrêmes) ont éprouvé la robustesse du capteur en dehors de sa fenêtre de fonctionnement nominale →05. Conclusion : le capteur ABB reste opérationnel entre -70 et $+130$ °C, soit bien au-delà des spécifications d'origine.

Exigence 3 : communiquer sans fil et plus longtemps

Grâce à une pile dont la durée de vie est quatre fois supérieure à celle des produits de la concurrence, le capteur ABB Ability pour zones dangereuses fonctionne aussi longtemps que l'équipement qu'il surveille. Il bénéficie également d'une portée accrue avec le protocole Bluetooth 5.

À noter que la pile principale n'est ni rechargeable ni remplaçable, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'emploi de piles rechargeables ferait grimper la facture du capteur au point qu'il serait plus simple de remplacer l'appareil complet et profiter par là même de nouveaux composants électroniques,

plus puissants. Ensuite, une mauvaise insertion des nouvelles piles risquerait de compromettre la sécurité de la zone dangereuse et de dégrader la protection de l'appareil contre la pénétration d'eau et de poussière.

Concevoir un système embarqué affichant une durée de vie théorique de 15 ans et capable d'indiquer avec fiabilité sa durée de vie résiduelle se heurte à trois écueils majeurs :

- La température de la pile ne doit pas être trop élevée pour limiter les courants de fuite internes ;
- Les vibrations de la pile et du capteur ne doivent pas se propager à l'interface entre ces deux éléments afin d'éviter toute rupture des brasures ;
- La consommation de courant doit rester minimale, indépendamment de la capacité de la pile.

La pile et ses plots brasés sont enfermés dans un boîtier, qu'un entrefer isole de la chaleur émise par l'actif surveillé →06.

Pour calculer le courant de fuite de la pile, fonction de la température, le capteur mesure sa température en service et compare ce relevé à un modèle de pile éprouvé.

Le microprogramme est mis à contribution pour mesurer la charge de la pile : à partir d'un barème de points, il calcule la consommation des opérations du capteur en service normal. Si ce dernier est la plupart du temps en mode veille profonde, très sobre en énergie, chaque sollicitation de la pile fait grimper la consommation. Aussi le capteur enregistre-t-il la durée de chaque opération tirant sur la pile (activation



05a



05b

d'une puce Bluetooth, par exemple). Ces valeurs et les courbes de puissance de chaque opération permettent de calculer la charge et de la soustraire de la

—
Le système enregistre l'utilisation réelle de la pile plutôt que de se fier à des durées de vie théoriques et des hypothèses de consommation.

capacité initiale de la pile. À partir d'une consommation moyenne mobile, on peut estimer la durée de vie résiduelle et l'indiquer à l'utilisateur. Cette méthode a l'avantage de tenir compte de l'utilisation réelle de la pile, plutôt que de se fier à des durées de vie théoriques et des hypothèses de consommation électrique, souvent peu précises.

Exigence 4 : assurer la pérennité logicielle

ABB a conçu le microprogramme et le logiciel de ses nouveaux capteurs dans un double but : servir de base au développement de futurs capteurs et autoriser la reconfiguration d'un capteur déjà déployé pour surveiller d'autres types d'équipements. Par exemple, un même capteur peut être reconfiguré à la volée, en fonction de divers profils machines et métiers, pour surveiller aussi bien un moteur qu'une pompe ou tout autre actif industriel. Cette adaptabilité est le fruit d'une souplesse architecturale, qui dissocie chaque composant de la plate-forme matérielle et du système d'exploitation. Une couche logicielle intermédiaire de type « publication/souscription » assure la communication entre ces éléments. En somme, le microprogramme est structuré comme une suite logicielle, constituant ainsi une plate-forme pérenne sur laquelle se déclineront de nouvelles variantes du capteur.

Vu le nombre de configurations et de fonctionnalités évoluées à tester, il faut automatiser les essais mais aussi assurer la traçabilité et le traitement des données. ABB a pour cela mis en place des essais d'intégration en continu offrant plusieurs garanties : contrôle de la collecte des données, détection des erreurs causées par les mises à jour du microprogramme ou ses reconfigurations, test rigoureux des évolutions algorithmiques et respect des exigences de faible consommation électrique.

05 Banc d'essai HALT

05a Capteur soumis à des variations de température

05b Montage sur platine

06 Support de pile

Conscient que la protection des données est un enjeu majeur pour ses clients, le Groupe a également élargi son offre de fonctionnalités autour de la cybersécurité. Citons par exemple le chiffrement et l'échange de clés pour la communication Bluetooth avec appairage hors bande, l'authentification de l'utilisateur, le contrôle d'accès basé sur des rôles et les mises à jour sécurisées.

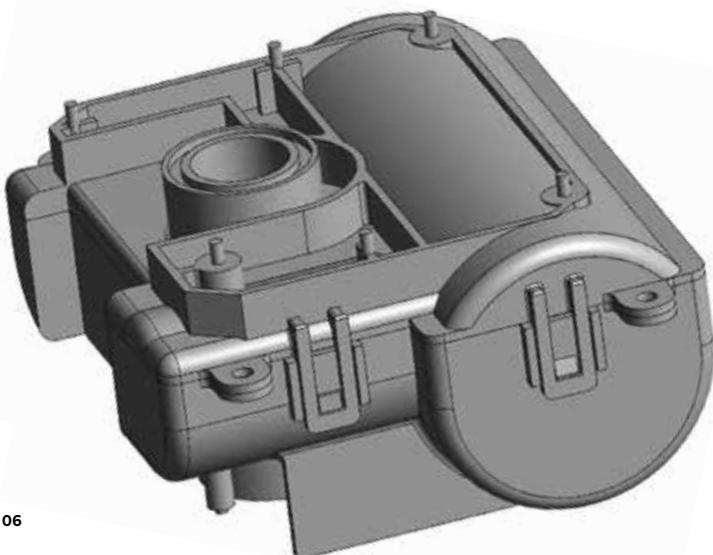
Intelligence avancée

Le nouveau capteur intelligent ABB est un petit bijou de technologie offrant une précision de

Ce petit bijou de technologie offre une précision de mesure vibratoire inégalée.

mesure vibratoire inégalée. Certifié ATEX et IECEx (zone 0, zone 20, classe I division 1 et classe II division 1), ce capteur durci pour les zones dangereuses est le fruit d'une conception orientée utilisateur. En témoignent de nombreuses fonctionnalités telles que l'activation par protocole NFC (communication en champ proche), qui facilite la mise en service, l'optimisation de l'antenne pour la communication sans fil, et l'allongement de la durée de vie de la pile.

Ce dernier-né de la gamme ABB Ability Smart Sensor combine cybersécurité renforcée, flexibilité logicielle, haute performance, surveillance de valeurs physiques réelles et estimation de la consommation électrique. Autant de points forts qui le rendent incontournable pour le suivi d'état des machines tournantes installées en zones dangereuses. •



DOPER LA CONNECTIVITÉ

ABB récompense la recherche sur les réseaux



Tous les trois ans, le prestigieux Prix de la recherche ABB en l'honneur d'Hubertus von Grünberg récompense les travaux de chercheurs externes à l'entreprise. Ambuj Varshney, lauréat 2019, a été distingué pour ses recherches sur la durabilité des systèmes embarqués en réseau et sur la collecte des données dans l'industrie.



Reiner Schoenrock
ABB Corporate
Communications
Zurich (Suisse)

reiner.schoenrock@
ch.abb.com

Cette distinction en l'honneur d'Hubertus von Grünberg, président du conseil d'administration d'ABB de mai 2007 à avril 2015, vise à financer des programmes de recherche sur trois ans. Avec une dotation de 300 000 dollars, elle figure dans le haut du classement mondial des prix accordés par une entreprise.

Cette année, le jury composé de personnalités éminentes a choisi Ambuj Varshney parmi plus de 60 candidats. Docteur en informatique de l'université d'Uppsala (Suède) depuis mai 2018, ce chercheur de 33 ans travaille sur la conception de systèmes embarqués en réseau (SER) durables.

D'après les travaux d'Ambuj Varshney, quelques dizaines de microwatts suffisent pour transmettre des données sur plusieurs kilomètres.

Lors de la cérémonie de remise du prix, à Dättwil (Suisse), le jury a salué sa démarche innovante pour cerner les multiples défis imbriqués touchant à la durabilité de ces systèmes : coexistence sur le spectre sans fil partagé, consommation d'énergie, coût de déploiement et de maintenance.



01

—
01 Remise du Prix de la recherche ABB à Ambuj Varshney, au centre de recherche du Groupe à Dättwil (Suisse)

Dans le cadre de ses recherches, Ambuj Varshney a mis au point un système de communication à très faible consommation (quelques dizaines de microwatts) et longue portée (plusieurs kilomètres), constitué de capteurs tirant uniquement leur énergie du milieu ambiant. Des travaux qui pourraient aboutir au déploiement d'une technologie SER durable, sans batterie. C'est cette ambition, portée par un projet postdoctoral intitulé « Vers une télé-détection durable dans l'usine du futur », que le jury a voulu récompenser.

Les applications SER ont récemment connu une forte croissance. Face à l'explosion du nombre d'appareils connectés (qui pourrait atteindre 50 milliards en 2020), la question de leur déploiement à grande échelle devient centrale. Selon le jury, l'approche proposée par Ambuj Varshney permettra d'alimenter durablement les SER sans nuire à leur environnement physique ou radio, mais aussi de collecter une masse impressionnante de données, tremplin vers le déploiement de l'analytique dans nombre de secteurs industriels.

—
Bibliographie

1) Schoenrock, R., « L'innovation couronnée », *ABB Review*, 3/2015, p. 60-61.

Le Prix

Décerné tous les trois ans, le Prix de la recherche ABB récompense les meilleurs travaux de post-doctorat menés en génie électrique, mécanique ou logiciel, en électronique, en robotique, en intelligence artificielle,

—
Ces recherches favoriseront l'essor de l'analytique dans bien des secteurs industriels.

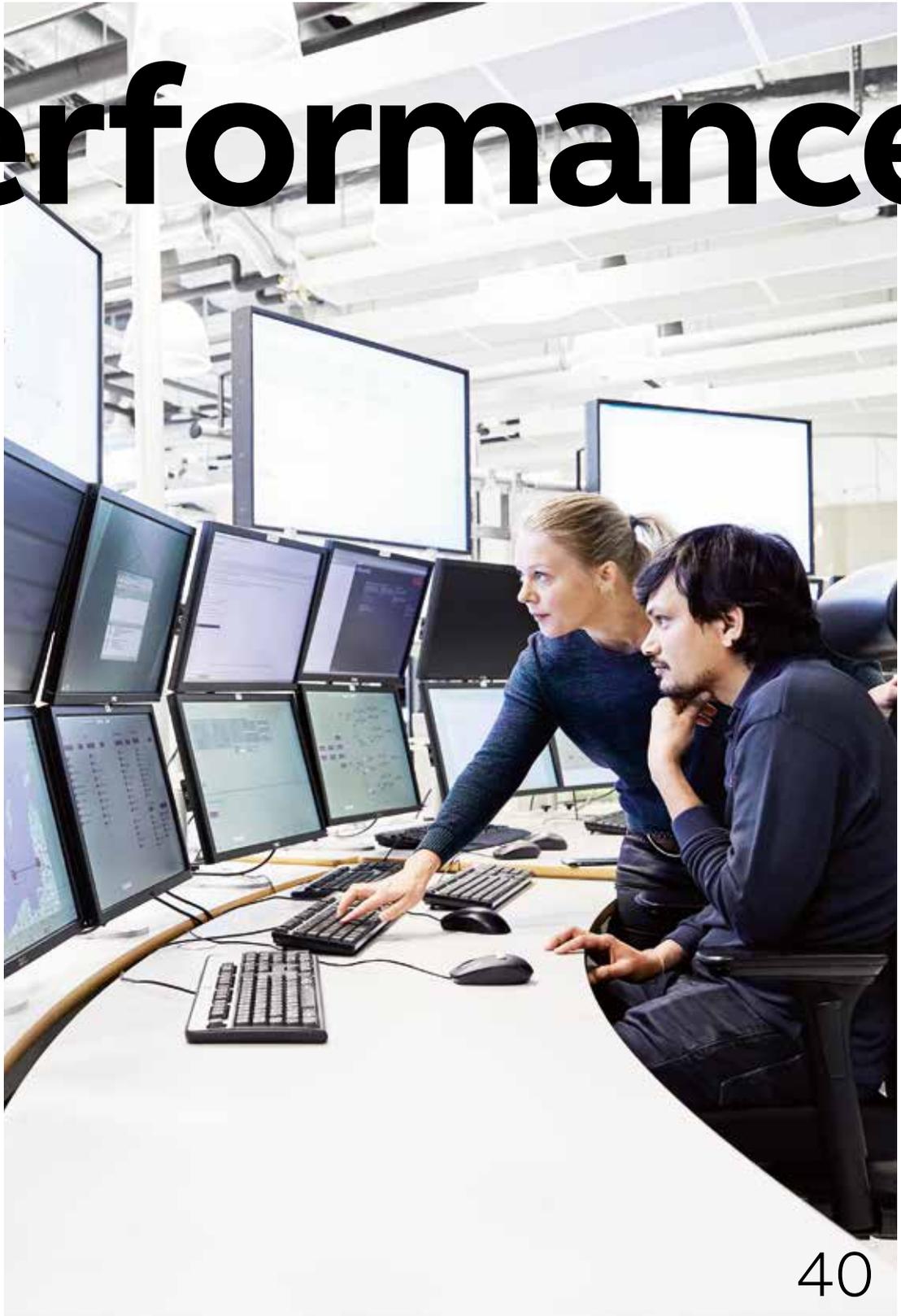
en automatisation des procédés ou dans toute discipline technique connexe, au service de l'énergie, de l'industrie, des transports et des infrastructures [1].

Le jury prête une attention particulière aux bénéfices environnementaux et sociétaux des dossiers présentés, mais aussi à leurs applications concrètes ainsi qu'à leur potentiel d'innovation.

Le Prix rend hommage aux réalisations du physicien Hubertus von Grünberg, auteur en 1970 d'une thèse sur la théorie de la relativité d'Albert Einstein, qui a beaucoup contribué à engager le Groupe dans la croissance durable. Soutenir la recherche fondamentale et appliquée est un impératif stratégique pour ABB. Avec ses quelque 1,3 milliard de dollars d'investissements annuels en R&D et ses nombreux centres de recherche, le Groupe est l'un des acteurs mondiaux de l'innovation et de la transformation numérique industrielle.

Le jury se compose d'Hubertus von Grünberg, de Nina Thornhill (Imperial College de Londres), Granger Morgan (Université Carnegie Mellon de Pittsburgh), Roland Siegwart (École polytechnique fédérale de Zurich), C. L. Philip Chen (Université de Macao) et de Bazmi Husain, Directeur des technologies ABB. •

Connecter la performance



L'énergie est le langage commun des équipements électriques, qui en collectent, assemblent et redistribuent les briques. Les solutions ABB, en facilitant le dialogue entre composants, appareils, ateliers, sites ou réseaux entiers, sont un formidable accélérateur de flexibilité et de productivité.

- 32 Inverseur de sources autopiloté Zenith
- 36 Une commande moteur optimisée avec le logiciel de configuration FIM UMC Edition
- 40 Un simulateur de réseau ABB pour tester les équipements moyenne tension





CONNECTER LA PERFORMANCE

Inverseur de sources autopiloté Zenith

L'inverseur de sources Zenith concentre le meilleur des technologies ABB et General Electric de détection, de commande, de commutation et de dialogue opérateur en un appareil compact, simple d'emploi et facile à intégrer pour protéger et fiabiliser les installations électriques.



William T. Lindstrom
ABB Electrification,
Smart Power
Memphis (Tennessee,
États-Unis)
william.t.lindstrom@
us.abb.com

Depuis son acquisition du spécialiste mondial de l'électrification General Electric Industrial Solutions en juin 2018, ABB n'a eu de cesse d'incorporer les gammes Zenith ZTX et ZTG de GE à sa palette de solutions tout-en-un TruONE™. Cette volonté d'intégration débouche aujourd'hui sur un inverseur de sources automatique ultrafiable, connecté et simple d'emploi, proposé dans de larges plages d'intensité (30 à 1200 A) et de tension (200 à 480 VCA).

État de l'art TruONE d'ABB

Sur apparition d'un défaut électrique dans un site sensible (datacenter, établissement de santé, infrastructure de transport, etc.), l'inverseur de sources bascule automatiquement la charge vers le groupe électrogène de secours, puis repasse sur l'alimentation principale au rétablissement du courant.

Habituellement, l'installation de ce dispositif est loin d'être une sinécure pour les tableautiers qui doivent configurer et câbler tous les composants nécessaires à la détection et à la commutation,

ainsi que l'interface de commande. La technologie TruONE d'ABB lève cette complexité : l'inverseur se raccorde avec un seul câble et se loge dans des enveloppes standard. TruONE est la première

La technologie TruONE d'ABB réduit la complexité : l'appareil se contente d'un seul raccordement et se loge dans des enveloppes classiques.

solution à regrouper tout ce dont la fonction normal/secours a besoin en un seul appareil extrêmement fiable →01. L'installation est cinq fois plus rapide, tandis que la conception modulaire →02 diminue les temps d'arrêt et les coûts de maintenance.

— Photo ci-contre : l'innovation Zenith concentre tout le savoir-faire d'ABB et de GE Industrial Solutions pour maximiser la fiabilité, la connectivité et la facilité du transfert de sources.

— 01 L'inverseur de sources autopiloté TruONE d'ABB, « moteur » de l'offre produits Zenith

— 02 Simplicité de l'architecture TruONE

02a L'installation et la configuration manuelles des inverseurs de sources classiques sont des tâches laborieuses, sujettes à l'erreur.

02b TruONE réunit toutes les fonctions du transfert de sources dans un seul appareil, ce qui simplifie et accélère l'installation, sécurise et fiabilise le fonctionnement.

Gammes Zenith ZTG et ZTX

L'offre d'inverseurs de sources ZTG et ZTX est le fruit du mariage de la technologie TruONE d'ABB et de la famille des produits Zenith de GE, réputée de longue date pour son efficacité et sa fiabilité. Commutateur et commande

Commutateur et commande automatique sont regroupés dans une seule unité compacte, montée en coffret.

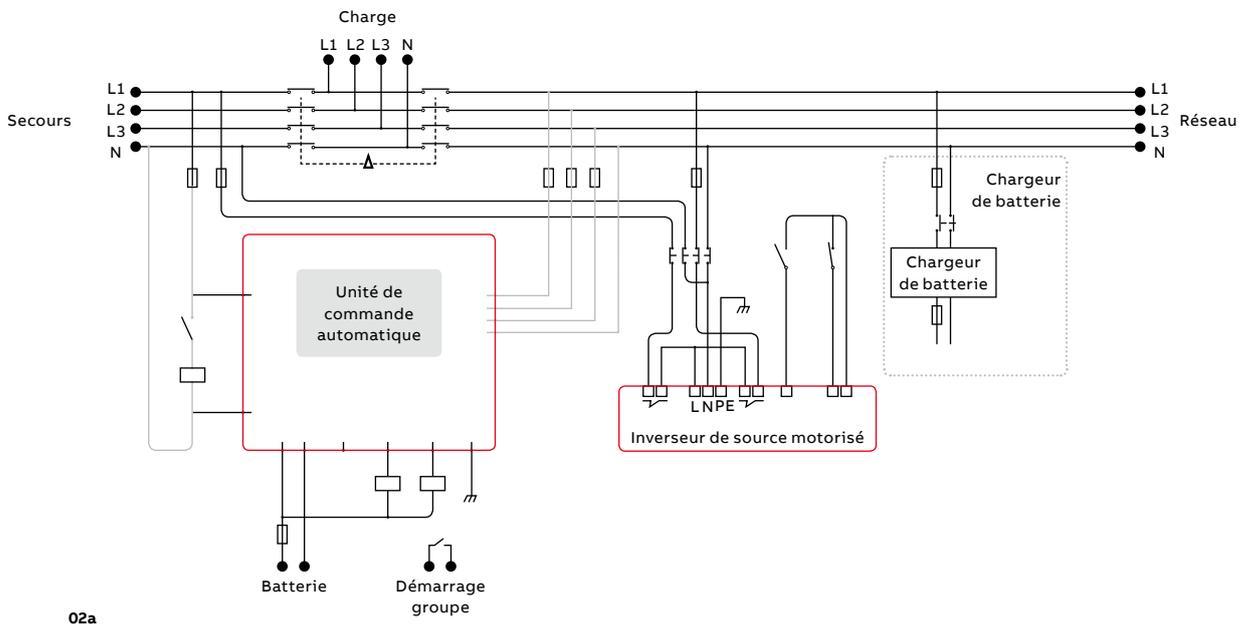
automatique sont regroupés dans une unité monobloc compacte, montée en coffret ou en armoire →03-04. Cette configuration n'a que des avantages : le nombre de câbles et de raccords s'en trouve nettement réduit ; le gain de place (25 %) facilite le passage et le cintrage des câbles ; le risque de défaut filerie est minimisé. L'appareil intègre également des composants modulaires dotés de fonctions évoluées qui permettent



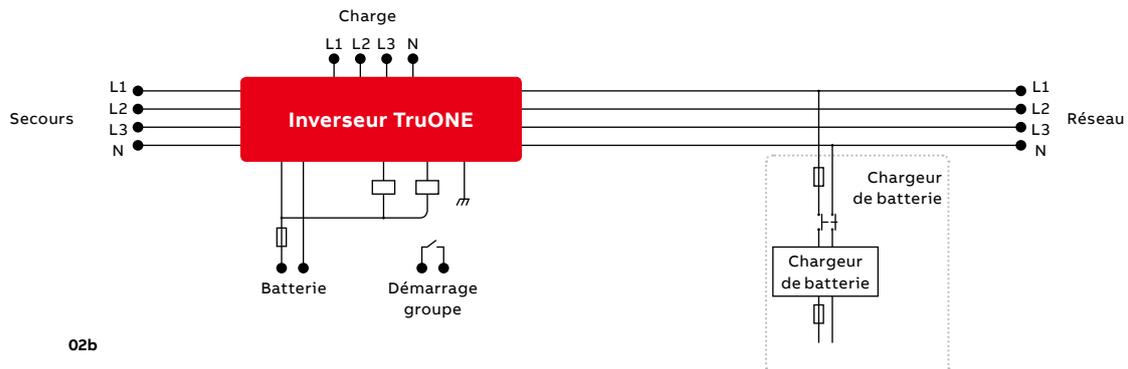
01

de réduire les temps et coûts d'intervention : il faut moins de 10 minutes pour remplacer l'unité de commande et le mécanisme de manœuvre !

Ces inverseurs établissent un nouveau référentiel en matière de sécurité électrique dans l'industrie, grâce



02a



02b

à leur interface homme-machine (IHM) débrochable totalement isolée, qui évite de relier à la porte les tensions réseau potentiellement dangereuses →05. Leur performance et leur fiabilité respectent ou même dépassent toutes les exigences normatives CEI/UL.

L'IHM à écran LCD, protégée par mot de passe, permet d'accéder à nombre de fonctionnalités : points de consigne et temporisations programmables, entrées-sorties logiques, tests, état de l'inverseur, événements et diagnostics. Sur tous les

—
Les inverseurs Zenith ont la particularité de s'auto-alimenter via les connexions réseau, ce qui évite de recourir à des transformateurs de tension externes.

modèles, le logiciel Ekip Connect d'ABB peut se substituer à l'IHM pour programmer l'inverseur en local ou à distance, mais aussi importer, exporter ou modifier les paramétrages via le port USB de l'IHM, sans avoir à alimenter l'appareil. Si de multiples inverseurs sont mis en réseau, Ekip Connect est en

mesure d'accéder à la totalité des commandes, facilitant la mise en service et l'accès aux données.

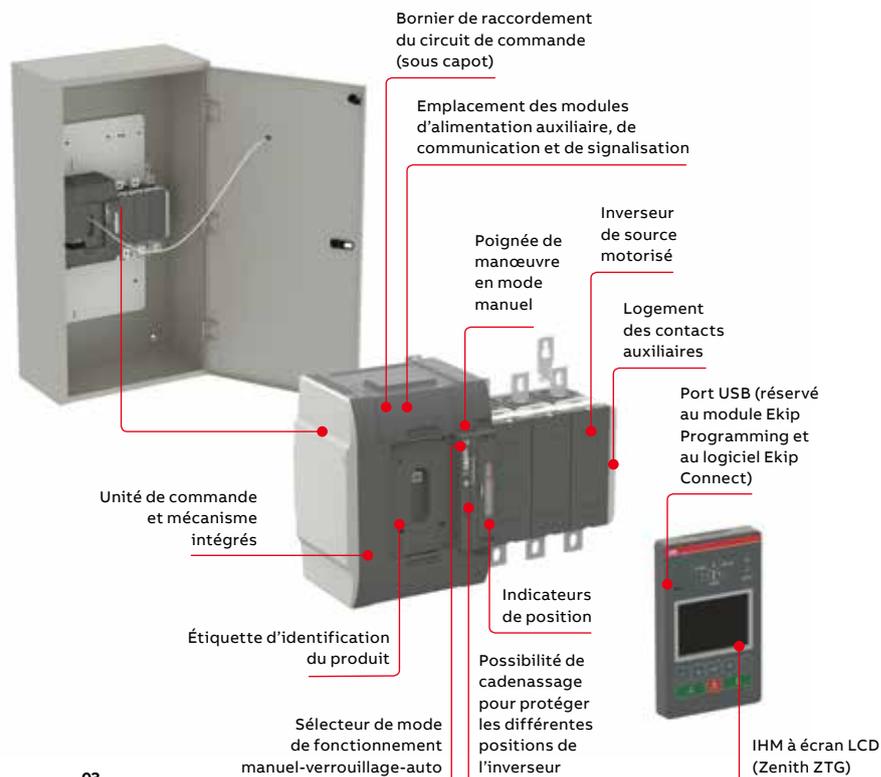
L'une des originalités de l'appareil réside dans l'auto-alimentation de toutes ses fonctionnalités par les connexions réseau (200 à 480 VCA, $\pm 20\%$) sans passer par un quelconque transformateur de tension externe.

Les inverseurs de sources Zenith sont conçus pour durer 6000 cycles, soit l'équivalent de 50 années de fonctionnement fiable, à raison de 10 transferts par mois. Tous les modules essentiels sont remplaçables par le client, ce qui simplifie la maintenance et réduit considérablement les temps d'arrêt et les coûts d'intervention.

Cette nouvelle gamme d'appareils recèle nombre d'ingéniosités conceptuelles et constructives, à l'image de ses contacts réalisés dans de nouveaux matériaux et aux géométries inédites pour fiabiliser le transfert de charge.

Accessoires encliquetables

Entrées/sorties supplémentaires, modules de communication et cache-bornes peuvent à tout moment se clipser en un tournemain, sans augmenter l'encombrement de l'appareil ni, bien sûr, nécessiter des outils de montage.





04

—
03 Principaux constituants d'un inverseur de sources Zenith

—
04 Gammes Zenith ZTX et ZTG : aux inverseurs ZTG, les marchés de l'industrie et du tertiaire ; aux ZTX, le résidentiel et le petit tertiaire.

—
05 Interface homme-machine

05a Raccordée par un câble Ethernet, l'IHM est facile à remplacer. Au pire, l'inverseur est tout à fait capable de fonctionner sans elle !

05b L'IHM est montée en façade avec deux vis, et son connecteur fixé à l'arrière par un écrou ; un câble RJ45 la relie à l'inverseur.

— Bibliographie

[1] Peltari, R., « Le tout-en-un tout puissant », *ABB Review*, 2/2018, p. 90-93.

Il en va de même des contacts mécaniques auxiliaires (indication de position) qui viennent au besoin compléter les E/S logiques de base, à n'importe quel stade d'avancement du projet. Cette même souplesse vaut pour l'ajout de protocoles de communication, dans la limite de sept, d'E/S supplémentaires ou d'une alimentation auxiliaire de 24 VCC destinée à l'IHM.

Connectivité avancée

Une interface optimisée simplifie énormément la commande, la connectivité et la gestion d'énergie. Grâce à la fonction d'autoconfiguration et à un large éventail d'options de programmation, le paramétrage des Zenith ZTG et ZTX est l'affaire de quelques minutes ; ce sont des heures de gagnées sur l'installation des inverseurs de sources traditionnels ! Adieu câblage, étalonnage ou recherche de pannes toujours frustrante : l'offre Zenith marque un tournant dans l'évolutivité, la flexibilité et la facilité d'utilisation du transfert de sources.

Avec leurs sept protocoles de communication garantissant des connexions tous azimuts, les appareils Zenith s'inscrivent dans la droite ligne des solutions ABB Ability™ propres à booster la productivité des clients. Les fonctions de suivi d'état et de maintenance prédictive intégrées garantissent une disponibilité sans faille.

Pour faciliter cette intégration, certains modèles de la gamme Zenith sont pourvus des mêmes IHM et environnement logiciel que le disjoncteur ouvert Emax2 d'ABB, qui permet de communiquer directement avec la plate-forme de gestion

énergétique ABB Ability EDCS basée sur le cloud. De quoi assurer la compatibilité des inverseurs de sources avec d'autres dispositifs ABB. Moyennant

—
La gamme Zenith d'ABB a tout pour moderniser les inverseurs d'ancienne génération.

un ordinateur portable équipé du logiciel Ekip Connect, le ZTG peut même être configuré sur site, avant installation, sans avoir recours à une alimentation externe.

La gamme Zenith d'ABB a tout pour moderniser les inverseurs d'ancienne génération. Sa compatibilité, sa légèreté (gain de 30 % par rapport aux appareils traditionnels), son montage en coffret ainsi que son câblage limité au raccordement Ethernet entre l'inverseur et l'IHM - lorsque celle-ci est déportée en face avant - simplifient et accélèrent le remplacement.

Pour accompagner la mutation de la filière électrique, protéger et sécuriser ses installations, les inverseurs de sources ne cessent de gagner en rapidité et facilité d'installation ainsi qu'en fiabilité, à moindre coût. L'offre Zenith ZTX et ZTG d'ABB est en tout point parée pour l'avenir. ●



05a



05b

CONNECTER LA PERFORMANCE

Une commande moteur optimisée avec le logiciel de configuration FIM UMC Edition

Beaucoup de moteurs électriques industriels sont aujourd'hui pilotés par des commandes évoluées et intégrées, comme l'UMC100.3 d'ABB, qui allient protection et gestion moteur, communication sur bus de terrain et diagnostic de défaut. Encore faut-il pouvoir configurer l'appareil simplement et rapidement. C'est chose faite avec le configurateur ABB bâti sur la technologie d'intégration des équipements FDI.



Helmut Schönfelder
ABB Stotz-Kontakt
Heidelberg (Allemagne)

helmut.schoenfelder@
de.abb.com

Avec l'automatisation croissante des procédés, les moteurs électriques sont partout dans l'industrie. Pour les applications indispensables ne tolérant aucune panne, comme le pétrole et le gaz, l'extraction minière et le papier, ils doivent être les garants infailibles de la sécurité et de la continuité de service. Dans d'autres secteurs moins essentiels, même une simple défaillance moteur peut entraîner de lourdes pertes de production et d'exploitation.

Un départ-moteur universel

Pour garantir un fonctionnement régulier et stable de l'outil productif, il faut un départ-moteur comme l'UMC100.3 d'ABB →01. qui concentre en un seul boîtier toutes les fonctions et données de protection,



01

L'UMC100.3 concentre toutes les fonctions et données de protection, de commande, de diagnostic et de communication.

de commande, de diagnostic et de communication [1]. L'UMC100.3 multiplie les possibilités de communication avec des coupleurs bus de terrain Profibus DP, DeviceNet et Modbus RTU, mais aussi des connexions Ethernet/IP, Modbus TCP et Profinet IO.

Ces interfaces peuvent s'enficher directement sur l'appareil ou dans le compartiment des câbles de l'armoire de commande : une solution originale qui simplifie énormément le câblage et renforce l'immunité électromagnétique, en particulier dans les armoires à tiroirs extractibles. L'installation des réseaux Ethernet s'en trouve aussi beaucoup facilitée.

Il en va de même des liaisons série de l'UMC100.3, qui sont capables d'acheminer bien plus de données que les appareils de la concurrence. Cet accès élargi à une masse d'informations pertinentes est le sésame d'une stratégie évoluée de maintenance prédictive qui fiabilise le fonctionnement du moteur et, ce faisant, améliore la disponibilité du procédé →02.



02

— 01 Départ-moteur universel UMC100.3 d'ABB

— 02 L'UMC100.3 commande, protège, diagnostique et fait dialoguer sur bus de terrain et Ethernet les moteurs d'un grand nombre de complexes industriels, comme cette raffinerie de pétrole et gaz.

— 03 Interface utilisateur de l'UMC100.3

L'UMC100.3 peut s'enrichir de modules d'extension fonctionnelle : entrées analogiques pour la mesure de température, E/S numériques supplémentaires et modules de tension pour la surveillance des tensions de phase et le calcul du facteur de puissance, de la puissance active, de la puissance apparente, de l'énergie consommée et du taux global de distorsion harmonique →03-04.

— **Un accès élargi aux données ouvre la voie à une stratégie évoluée de maintenance prédictive qui fiabilise le moteur.**

Enfin, grâce au nouveau logiciel de configuration ABB Ability™ FIM UMC Edition, le réglage et le paramétrage de l'appareil n'ont jamais été aussi faciles !

Un configurateur dédié : ABB Ability™ FIM UMC Edition

En automatisation industrielle, les équipements de terrain issus de plusieurs fabricants doivent interopérer. Or faire cohabiter et communiquer des appareils multifournisseurs n'a jamais été une mince affaire pour les industriels ; d'où leur volonté d'ouverture, d'intégration et d'unification des standards. La solution tient dans la spécification FDI (*Field Device Integration*), normalisée CEI 61804, qui marie les atouts du langage de description

électronique d'équipement EDDL et de la technologie de configuration indépendante du fournisseur FDT/DTM [2-3]. C'est sur ce principe fédérateur qu'est bâti ABB Ability FIM UMC Edition. Ce logiciel intègre toutes les fonctionnalités nécessaires à l'utilisation optimale de l'UMC100.3. Les modes paramétrage, exploitation et surveillance, par exemple, facilitent et accélèrent la configuration, le test et le diagnostic en ligne de l'appareil →05, ainsi que le suivi et l'affichage de la totalité des valeurs électriques et paramètres utiles



03

(état, intensité, tension, etc.). Sont également inclus des diagnostics complets de défauts et des alarmes, qui font du tandem UMC100.3/FIM UMC Edition la plate-forme idéale des applications prédictives, dont la mise en œuvre s'avère très pratique. À cela s'ajoutent des fonctions de gestion de projet et de localisation multilingue (8 langues actuellement) pour l'exploitation multisite d'installations d'envergure complexes. Ce logiciel ABB se démarque également

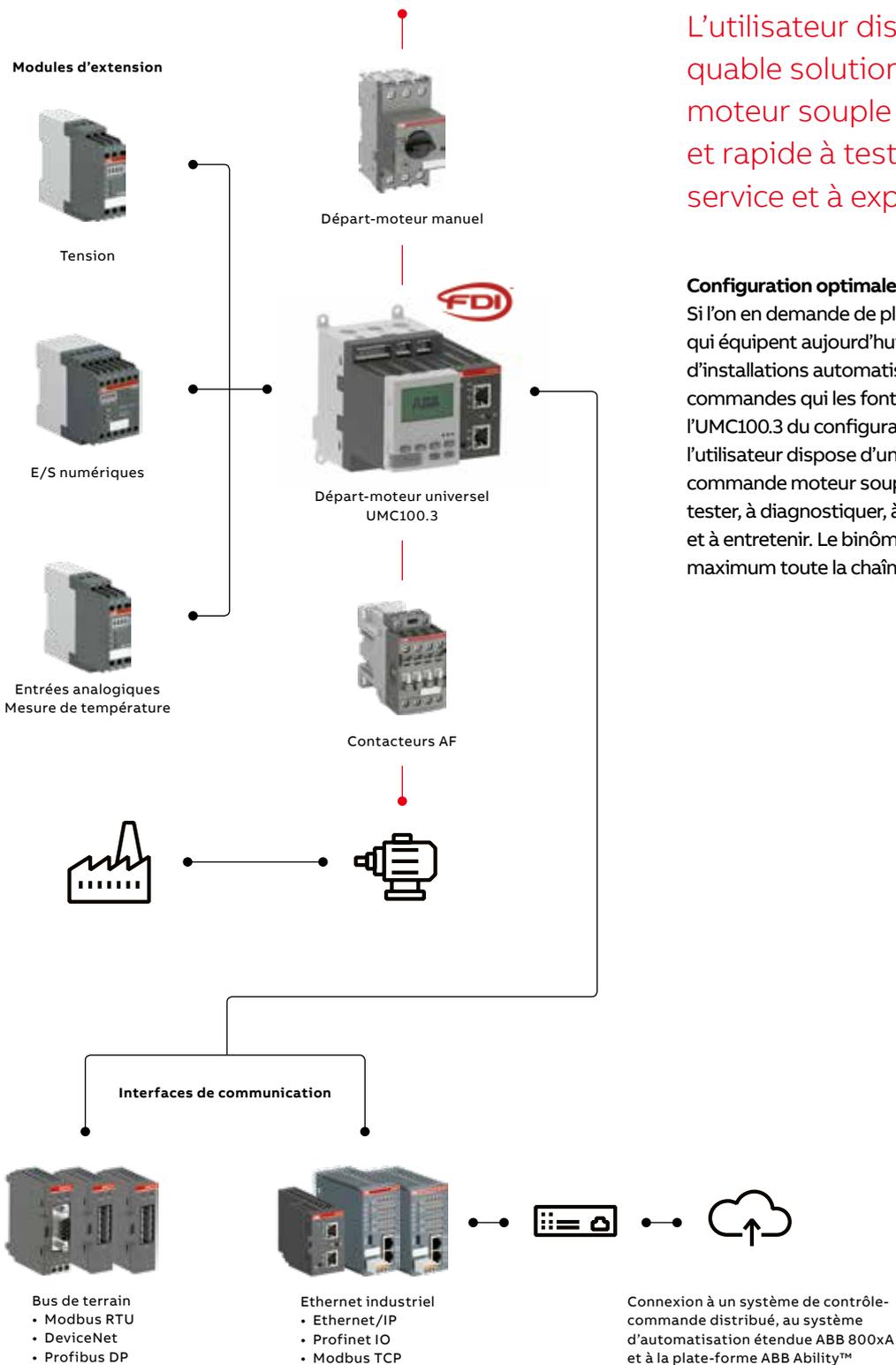
par sa facilité d'installation, de maniement et de maintenance sur tablettes, portables ou ordinateurs tournant sous Windows.

L'UMC100.3 et son outil de configuration FIM UMC Edition sont donc tout désignés pour paramétrer, tester et piloter les moteurs industriels.

L'utilisateur dispose d'une remarquable solution de commande moteur souple d'emploi, facile et rapide à tester, à mettre en service et à exploiter.

Configuration optimale

Si l'on en demande de plus en plus aux moteurs qui équipent aujourd'hui un nombre croissant d'installations automatisées, il en va de même des commandes qui les font tourner →06. En dotant l'UMC100.3 du configurateur FIM UMC Edition, l'utilisateur dispose d'une remarquable solution de commande moteur souple d'emploi, facile et rapide à tester, à diagnostiquer, à mettre en service, à exploiter et à entretenir. Le binôme gagnant pour fiabiliser au maximum toute la chaîne de production ! •



—
04 Exemple de configuration UMC100.3 avec modules d'extension et interfaces de communication



05a

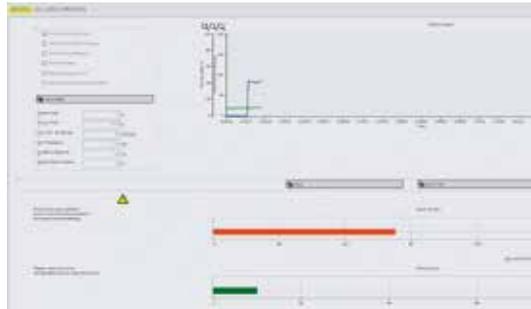
—
05 Logiciel de paramétrage, de test, d'exploitation et de diagnostic en ligne FIM UMC Edition

05a Menu de paramétrage : accès aux fonctions et sous-menus de gestion moteur, de protection, de communication, d'affichage, etc.



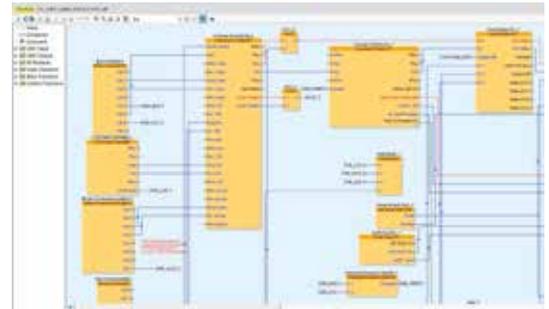
05b

05b Menu de diagnostic : accès aux données utiles et valeurs électriques du moteur (état, courant, tension, etc.)



05c

05c Menu d'exploitation : accès aux commandes de marche/arrêt du moteur et de réarmement sur défaut à partir d'un PC (pour essais à la mise en service)



05d

05d L'éditeur Custom Application permet d'importer des modèles (ici, un démarreur direct) pour créer des commandes moteur spécifiques à l'application. La logique ainsi modifiée peut être téléchargée et testée en ligne.

—
06 L'UMC100.3 et le logiciel FIM UMC Edition d'ABB simplifient la configuration et l'exploitation des moteurs industriels complexes. Les vastes sites miniers, comme celui de Collahuasi (Chili), comptent un nombre impressionnant de moteurs électriques qu'il importe de fiabiliser pour éviter tout arrêt de production.



06

Bibliographie

[1] Müller, P., et al., « Départ-moteur intelligent - L'UMC100 est l'exemple parfait de départ-moteur modulaire, adaptable et intégré », *ABB Review*, 4/2010, p. 27-31.

[2] Commission électrotechnique internationale, norme CEI 61804-2:2018, *Blocs fonctionnels (FB) pour les procédés industriels et langage de description électronique*

de produit (EDDL) - Partie 2 : Spécification du concept de FB.

[3] Gogolev, A., « OPC UA et TSN : au cœur des réseaux industriels de demain », *ABB Review*, 1/2020, p. 30-35.

CONNECTER LA PERFORMANCE

Un simulateur de réseau ABB pour tester les équipements moyenne tension



Milosz Miskiewicz
Glib Chekavskyy
Piotr Sobanski
Grzegorz Bujak
Marcin Szlosek
 ABB Corporate
 Research Center
 Cracovie (Pologne)

milosz.miskiewicz@
 pl.abb.com
 glib.chekavskyy@
 pl.abb.com
 grzegorz.bujak@
 pl.abb.com
 piotr.sobanski@
 pl.abb.com
 marcin.szlosek@
 pl.abb.com

Nikolaos Oikonomou
Marc Halbeis
Kai Pietilainen
John Eckerle
Jess Galang
Wim van der Merwe
 ABB System Drives
 Turgi (Suisse)

nikolaos.oikonomou@
 ch.abb.com
 marc.halbeis@
 ch.abb.com
 kai.pietilainen@
 ch.abb.com
 john.eckerle@
 ch.abb.com
 jess.galang@ch.abb.com
 wim.van-der-merwe@
 ch.abb.com

Vahan Gevorgian
 NREL
 Golden (Colorado,
 États-Unis)

Torben Jersch
 IWES
 Bremerhaven (Allemagne)

Les laboratoires de recherche et d'essai peuvent désormais s'appuyer sur le simulateur à électronique de puissance ABB pour émuler les différents modes de fonctionnement et de défaillance des réseaux moyenne tension, et vérifier ainsi la conformité réglementaire des appareils.

L'intégration croissante de la production décentralisée et intermittente bouleverse le paysage énergétique. Si les énergies renouvelables ont l'avantage indéniable de réduire les émissions carbonées à la source, leur insertion dans le réseau actuel est un vrai casse-tête pour les gestionnaires. Répondre à l'envolée de la demande, renforcer les capacités d'accueil des réseaux de distribution et intégrer une pluralité d'équipements tout en veillant à maintenir la sûreté et la fiabilité, sont autant de difficultés qui complexifient le système électrique.

Pour y remédier, chaque pays a élaboré des règles et standards de raccordement, ou « codes réseau », qui régissent la fiabilité et la stabilité opérationnelles de tous les maillons de la chaîne électrique. Reste une question épineuse, préalable à toute conformité réglementaire : comment maintenir

L'intégration des sources renouvelables impose de nouvelles mesures pour stabiliser le réseau.

l'équilibre production-consommation sans dégrader la qualité de la fourniture ?

La pénétration des sources d'énergie intermittentes dépourvues d'inertie mécanique impose de nouvelles mesures pour préserver la stabilité et l'équilibre du système électrique. Dans ce contexte, les codes réseau définissent le comportement attendu de la production face aux perturbations : variations de tension, fluctuations de fréquence, défauts (court-circuit, par exemple).



— 01 Fiche technique du simulateur de réseau à électronique de puissance (PowerLink est un protocole de communication ABB)

Ces règles, qui s'appliquent à toutes les installations de production d'énergie, y compris les centrales photovoltaïques et les parcs éoliens, ajoutent à la complexité de la mise en conformité.

—
Le simulateur ABB aide les laboratoires de recherche et d'essai à mener à bien leurs missions de certification.

D'autant plus que les codes réseau varient fortement d'un pays à un autre, voire d'un énergéticien à un autre, du fait de la coexistence d'une multiplicité d'infrastructures et de moyens de production. Tout raccordement au réseau public d'une source renouvelable, éolienne par exemple, doit être au préalable certifié conforme au code réseau en vigueur. Un précieux sésame qui n'est obtenu qu'à l'issue d'essais complexes et longs, donc coûteux. Le nouveau simulateur ABB vient à la rescousse des énergéticiens : en émulant le fonctionnement des réseaux moyenne tension (MT) en régimes normal et

Paramètre	Valeur
Tension nominale réseau	46 kV maxi entre phases
Puissance maximale continue	20 MVA maxi
Fréquence réseau émulée	0 à 400 Hz
Plage de tension d'exploitation	0 à 120 %
Temps de réponse de la commande (sans temporisation de communication)	< 250 µs
Interface de communication avec le système de commande (temps d'échantillonnage)	EtherCAT (obligatoire) (1 ms) Analogique (25 µs) PowerLink (25 µs)

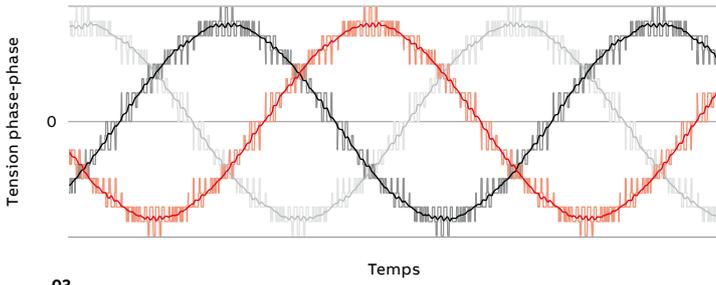
01

perturbé, il permet aux clients du Groupe de tester et de valider la conformité du raccordement de leurs équipements →01.

Soif de puissance

Au-delà des exigences de certification, ces essais doivent être reproductibles et granulaires, mais aussi tester le comportement de l'équipement aux limites de fonctionnement.

Dans le passé, l'usage était par exemple de simuler des incidents, comme des courts-circuits,



02

en commutant des bobines d'inductance sur le réseau. Or cette méthode n'assurait pas vraiment la reproductibilité ni la granularité des tests puisque les résultats dépendaient des propriétés mécaniques de la bobine et des temps d'ouverture-fermeture des dispositifs de commutation.

Une autre méthode a aujourd'hui la faveur des énergéticiens : un réseau artificiel bâti sur des convertisseurs statiques pour simuler les variations de tension et de

—
Les réseaux moyenne tension peuvent être émulsés en régimes normal et dégradé.

fréquence. Bien conçus, le convertisseur et les auxiliaires peuvent même reproduire des défauts asymétriques. Une première option consiste à mettre en parallèle un grand nombre de convertisseurs basse tension, à base

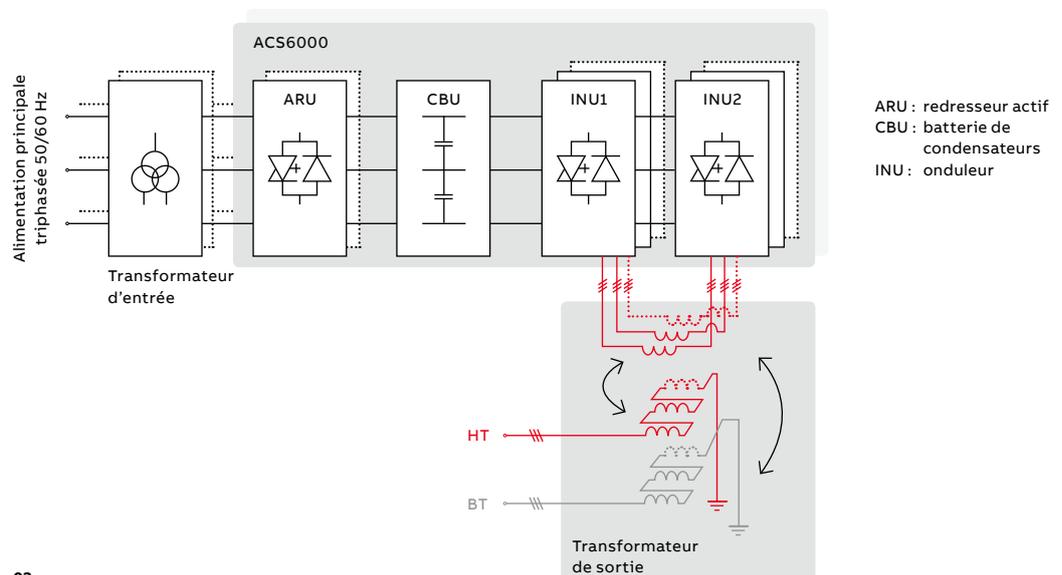
de semi-conducteurs à commutation rapide, pour ajuster la puissance à l'événement que l'on souhaite simuler.

Néanmoins, les forts courants en présence lors d'un événement critique compliquent l'émulation du comportement en court-circuit. À de plus faibles puissances, il est alors possible de surdimensionner le convertisseur pour éviter d'endommager les semi-conducteurs ou tout l'appareil. Reste que ce réseau artificiel n'est aujourd'hui pas envisageable pour les aérogénérateurs de dernière génération, notamment *offshore*, dont les niveaux de puissance sont nettement supérieurs. C'est le cas, par exemple, de l'Haliade-X 12 MW de General Electric. Simuler un court-circuit dans ces conditions impliquerait des niveaux de courant d'environ deux fois la valeur de base : mission impossible !

Conception et réalisation

Ce nouveau simulateur de réseau s'appuie sur l'architecture flexible, modulaire et éprouvée du variateur de fréquence moyenne tension ACS6000 d'ABB pour les applications exigeant puissance et performance, comme les aérogénérateurs modernes. L'utilisation d'IGCT (thyristors intégrés commutés par la gâchette) réduit le nombre de convertisseurs et de semi-conducteurs mis en parallèle : le système est plus fiable et moins complexe.

Au regard des puissances en jeu, la fréquence de commutation des semi-conducteurs est bien plus faible que celle des convertisseurs BT. L'ACS6000 se compose d'un redresseur actif (ARU), d'un bus continu (CC), d'un ou de plusieurs onduleurs triphasés multiniveaux clampés par le neutre (INU) et d'un transformateur de sortie qui permet d'élever le niveau de tension →03.



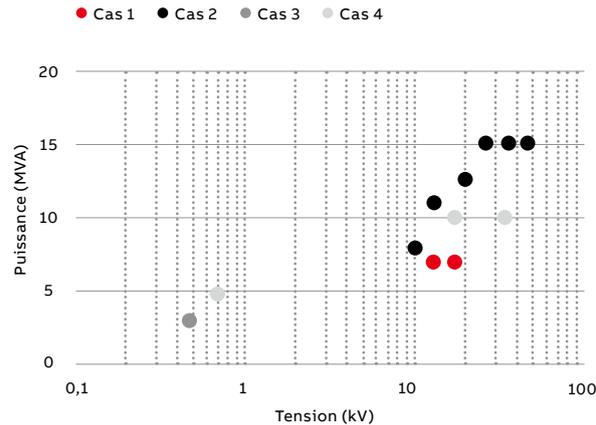
03

— 02 Lissage de l'onde de tension par atténuation des harmoniques de rangs élevés

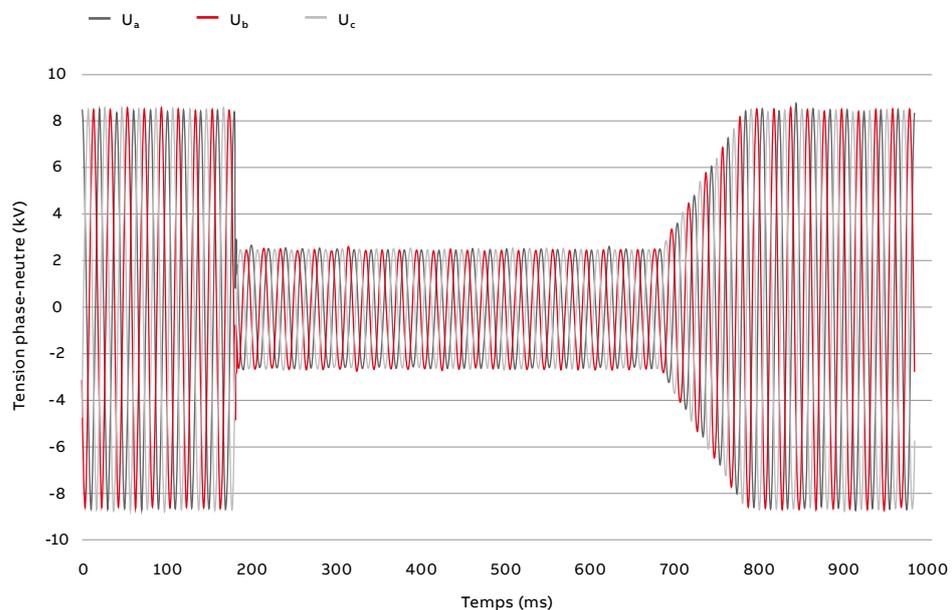
— 03 Architecture modulaire du convertisseur à électronique de puissance ABB

— 04 Puissance/tension assignées des installations existantes

— 05 Essai de tenue aux creux de tension



04



05

— Le simulateur reprend l'architecture flexible et modulaire du variateur ACS6000 d'ABB.

À cela s'ajoute un filtre passif qui améliore nettement la qualité de l'onde de tension →02. Cette modulation ultraprécise réduit considérablement les harmoniques dans le réseau émulé. Pour une puissance de court-circuit supérieure à 40 MVA, par exemple, le taux de distorsion harmonique total ne dépasse pas 1 % : une prouesse technologique !

L'architecture modulaire du convertisseur offre par ailleurs une grande souplesse de configuration et

de commande. L'initialisation et la protection du système sont assurées par le contrôleur standard d'ABB pour applications MT qui fiabilise le fonctionnement du simulateur. Le convertisseur est sécurisé par un autre contrôleur qui active les fonctionnalités spécifiques au simulateur uniquement lorsque toutes les conditions de protection sont respectées, au terme de la procédure d'initialisation.

Il est possible de créer rapidement des protocoles industriels pour permettre à l'opérateur d'adapter la tension de sortie aux besoins de l'application cliente. En laboratoire, le simulateur ABB peut faire office de source de tension commandable, en mode îloté, ou s'intégrer à un banc PHIL (*Power Hardware In the Loop*) doté d'une interface de puissance pour tester sur cible réelle le système simulé.

Une référence dans le monde entier

L'ACS6000 d'ABB équipe aujourd'hui de nombreux secteurs électro-intensifs, tels que l'extraction minière, la métallurgie ou la propulsion marine. Plus de 2000 appareils sont aujourd'hui opérationnels, dans toutes les plages de puissance, les tensions et les fréquences demandées par les clients du Groupe.

Au-delà de son intérêt pour les essais en dur, le simulateur est aussi un atout de poids pour la recherche-développement sur les infrastructures de réseau, l'électricité et l'intégration des systèmes énergétiques. Il fait également merveille pour tester câbles, moteurs ou transformateurs, entre autres.

Dans l'industrie, les simulateurs de réseau se déclinent en plusieurs niveaux de tension/puissance →04 et fonctionnalités. Les simulateurs ABB équipent

—
ABB relève les défis des nouveaux systèmes électriques avec des solutions personnalisées, bâties sur sa plate-forme de simulation à électronique de puissance.

actuellement divers laboratoires de recherche et d'essai dans le monde, à l'image du National Renewable Energy Laboratory (NREL) aux États-Unis ou de l'institut Fraunhofer sur l'énergie éolienne (IWES) en Allemagne.

À la hauteur des plus exigeants

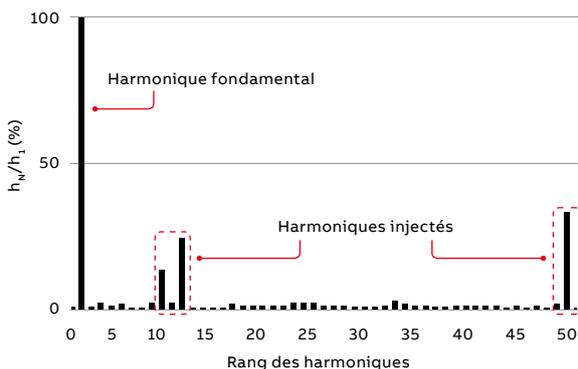
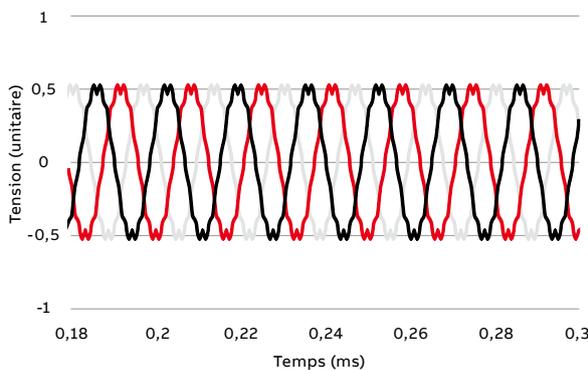
La performance a été le premier critère de conception du simulateur, aussi bien aux fins de certification que de recherche :

- Qualité de la tension de sortie, caractérisée par une distorsion harmonique inférieure à 1 % : étant donné que l'erreur de modulation sur l'harmonique de rang 1 est minime sur une large plage de tensions de fonctionnement, l'onde en sortie est une sinusoïde presque parfaite, dont la valeur efficace peut être finement ajustée aux besoins du client ;
- Génération de baisses de tension soudaines (du nominal au zéro dans un délai inférieur ou égal à 1 ms), répétitives et ininterrompues, pour tester la tenue aux creux de tension →05 des aérogénérateurs, par exemple. Les codes réseau actuels exigent en effet que les parcs éoliens restent connectés, même en régime perturbé, pour maintenir la production et éviter la panne générale ;
- Indication de la vitesse de variation de la fréquence sur le matériel électrique raccordé ;
- Capacité à tester deux appareils en simultanément, à différents niveaux de tension : le technicien d'essais peut alors travailler sur deux applications clientes en même temps ;
- Injection d'harmoniques dans le réseau aux fins de calcul d'impédance et de suivi d'état (détection d'îlotage, par exemple) : cette fonctionnalité permet de mener des essais de certification sous des tensions de sortie déformées artificiellement, selon les besoins clients →06.

De multiples atouts

Les laboratoires de recherche et d'essai comme le NREL ont mis en avant de nombreux autres points forts du simulateur ABB. Citons notamment la possibilité de tester et de valider les « services système fréquence » de la production interfacée à l'aide d'onduleurs pour soutenir les réseaux électriques de faible et forte inertie : réglages inertiel (synthétique) et primaire, amortissement des oscillations de puissance.

Le simulateur permet également d'enregistrer le profil d'impédance de la production raccordée au réseau via des onduleurs, sur une large plage de fréquences (0 à 3 kHz pour l'interface réseau commandable du NREL) : un outil indispensable





07

—
06 Déformation artificielle des tensions de sortie aux fins d'essai

06a Forme d'onde

06b Harmoniques

—
07 Avec la diversification du parc énergétique, les besoins d'essai et de certification des moyens de production iront grandissants.

En étroite partenariat avec la recherche, ABB est à même de prédire les besoins futurs des clients et utilisateurs finaux.

pour comprendre la nature des résonances harmoniques, des interactions entre commandes et des oscillations subsynchrones, et en déduire des stratégies d'atténuation. Le simulateur peut en outre intégrer des plates-formes PHIL rapides pour tester en boucle fermée l'impact de la production variable sur des systèmes électriques de différentes tailles (microréseaux, îlots ou plus gros producteurs raccordés au réseau). De même, en faisant office d'onduleur source de tension, il est à même de reproduire et de tester différentes méthodes de formation du réseau (statisme, machine synchrone virtuelle, oscillateur virtuel, par exemple), ainsi que des stratégies de redémarrage sur défaut.

Enfin, il permet de tester un onduleur source de tension réel en environnement contrôlé en vue de bâtir plusieurs scénarios de système électrique du futur : microréseaux à fréquence fixe, réseaux à inertie nulle 100 % interfacés par des onduleurs, entre autres.

Facilitateur des réseaux de demain

La transition énergétique pose de nouveaux défis aux acteurs de la filière électrique →07. Heureusement, ils peuvent s'appuyer, d'une part sur la plate-forme de simulation ABB avec ses applications sur mesure, et d'autre part sur les travaux du Groupe qui visent à étendre les fonctionnalités et le champ d'application des simulateurs de réseau. Le fonctionnement simultané de plusieurs ACS6000 devrait élargir la plage de puissance des équipements de test, facilitant les simulations du comportement des microréseaux. L'intégration d'une infrastructure et d'un contrôle-commande externes à un simulateur très réactif permettra d'obtenir immédiatement la tension de référence nécessaire en cas de régulation externe. Le simulateur devient alors partie intégrante d'une application plus complexe collant aux besoins du client.

ABB travaille également sur le concept de simulateur de charge à électronique de puissance, qui permettra d'émuler des équipements tels que les aérogénérateurs ou de tester, aux fins de certification, des événements particuliers comme l'îlotage accidentel. Autre axe de recherche : un simulateur destiné à tester et à étudier l'intégration d'applications de forte puissance en courant continu comme la traction électrique ou le photovoltaïque. Bureaux d'études et développeurs logiciels unissent leurs forces en vue de créer des architectures de commande qui améliorent l'utilisation de la plate-forme et dopent la simulation réseau.

En étroite partenariat avec les grands laboratoires de recherche, ABB est à même de prédire les besoins futurs des clients et utilisateurs finaux pour tester leurs dispositifs de production d'énergie. Fort de sa tradition d'excellence et de collaboration multisectorielle, le Groupe met sa présence mondiale et sa force d'innovation au service de l'essor des énergies renouvelables. •

Robots à la manœuvre





Les robots ABB, appuyés par l'intelligence artificielle, sont capables d'apprendre de leurs expériences individuelles et collectives pour s'adapter aux aléas de la production. Une force de frappe qui progresse au fil du temps, flexibilise l'existant et explore tout un monde de nouvelles techniques et fonctionnalités.

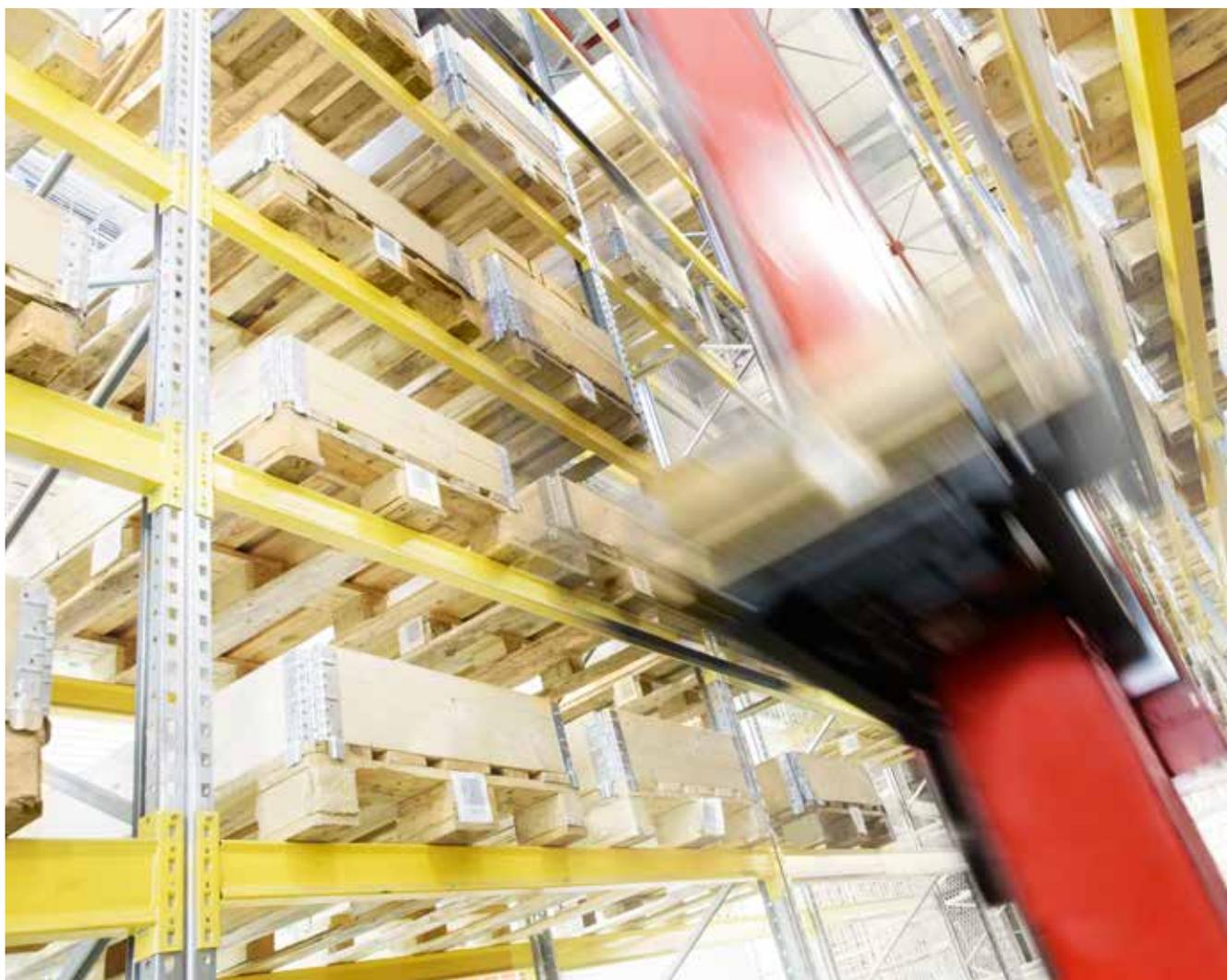
- 48 Capteurs de vision et intelligence artificielle optimisent la dépalettisation robotisée
- 52 Montée en flèche



ROBOTS À LA MANŒUVRE

Capteurs de vision et intelligence artificielle optimisent la dépalettisation robotisée

Rapidité, précision, automatisation : comment la dépalettisation peut-elle faire face à ces trois exigences croissantes de la logistique mondiale ? En faisant appel à l'apprentissage automatique, une solution ABB a le potentiel de changer la donne.



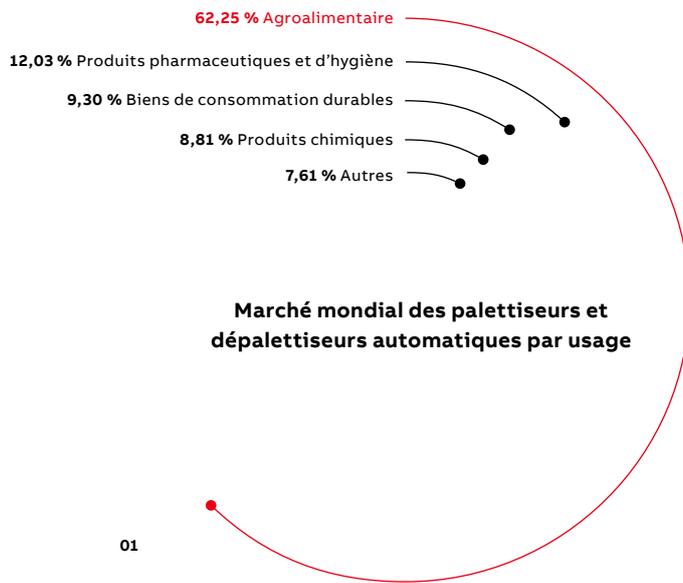


Photo ci-contre : les centres de distribution et de traitement des commandes recherchent de nouvelles pistes pour accroître la productivité du personnel et des actifs.

01 Selon Technavio, le marché mondial des palettiseurs et dépalettiseurs automatiques devrait progresser en moyenne d'environ 5 % par an jusqu'en 2021.

L'industrie 4.0 redessine la chaîne mondiale d'approvisionnement. L'intelligence artificielle (IA), l'Internet des objets, la détection avancée et l'analyse de données massives bouleversent la conception, les essais, la fabrication et la distribution des produits. Le secteur de la logistique doit tenir compte de cette évolution mais aussi de l'expansion du commerce en ligne et de la raréfaction de la main-d'œuvre. Les centres de distribution et de traitement des commandes doivent trouver les moyens d'accroître la productivité de leurs employés et infrastructures. La solution passe clairement par l'automatisation des procédés.

Opération consistant à prélever des cartons (appelés « unités de gestion des stocks », ou UGS) sur une palette pour les placer sur un convoyeur ou autre système transitique en bout de chaîne, la dépalettisation est omniprésente en logistique. Ce travail souvent pénible mais essentiel, notamment dans les secteurs agroalimentaire, pharmaceutique, chimique et des biens de consommation durables [1], est désormais la cible des fournisseurs d'automatismes →01. Objectifs : gagner en productivité, mais aussi réduire la fatigue physique et les microtraumatismes répétés et, par ricochet, la perte d'efficacité, les arrêts de travail et coûts associés.



Toni Roda
Robotics and Discrete
Automation
Barcelone (Espagne)
toni.roda@es.abb.com

S'il existe déjà des systèmes automatisés capables d'effectuer un certain nombre d'opérations de dépalettisation, un accompagnement humain et un fort taux d'erreurs sont encore de

La dépalettisation consiste à prélever des cartons sur une palette et à les placer sur un convoyeur ou autre système transitique en bout de chaîne.

mise. De nos jours, les centres de distribution et les entrepôts abritent une grande variété d'UGS déclinées dans quantité de matériaux, de tailles, de formes et de couleurs. On distingue deux grandes catégories :

- les UGS uniformes →02a, où chaque palette se compose d'éléments de mêmes dimensions ;
- les UGS hétérogènes →02b, où chaque palette comprend des éléments de tailles différentes, disposés de manière aléatoire.

Inconvénients des approches traditionnelles

Dans leur grande majorité, les systèmes de dépalettisation automatique procèdent en trois temps :

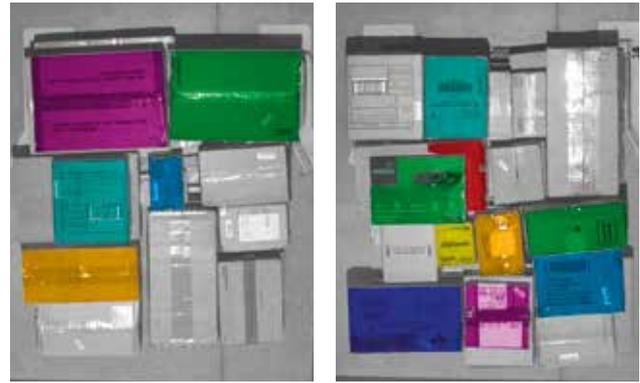
- Acquisition des données : une caméra 3D prend des images aériennes des UGS dans la zone de dépalettisation ;
- Traitement des images : un algorithme détermine la position et la taille des éléments à saisir ;
- Prise : le système définit la position et l'orientation optimales du préhenseur pour éviter dommages et chutes.

Ce procédé recourt à des algorithmes de segmentation et de classification ainsi qu'à des masques et des filtres 2D pour identifier la cible, l'isoler de son arrière-plan, détecter ses contours, sa position et son orientation. Les résultats sont ensuite transmis au robot préhenseur.

Les unités hétérogènes se différencient assez facilement les unes des autres, mais l'opération se complique avec les UGS uniformes, de mêmes



02a



02b

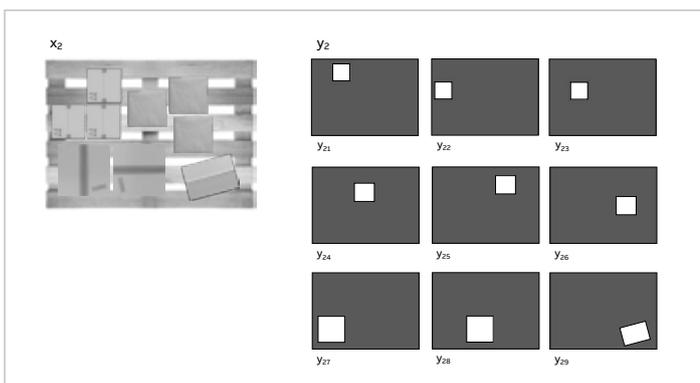
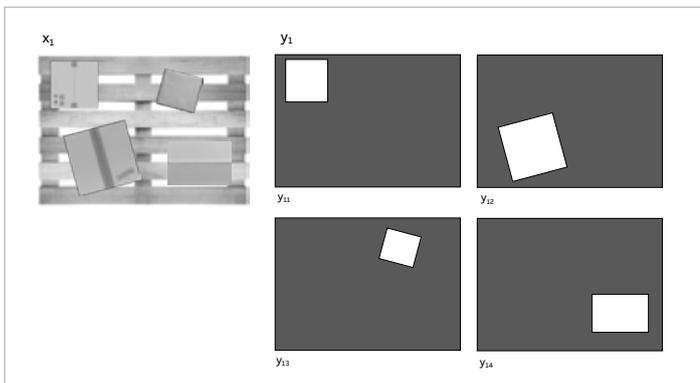
dimensions. Même l'œil humain a du mal à distinguer les contours exacts d'une UGS, surtout enrubannée d'un film plastique. Des tests en laboratoire sur des algorithmes de segmentation le confirment : le taux d'erreur, d'environ 2 % avec des UGS hétérogènes, grimpe à quelque 33 % pour des UGS uniformes.

La révolution de l'apprentissage automatique
 ABB intègre aux automatismes de dépalettisation traditionnels un élément qui change tout : l'apprentissage machine. La solution se compose d'un capteur de vision 3D, développé et fabriqué en interne, d'une unité de commande avec un

logiciel de vision industrielle assisté par IA et d'un robot équipé d'un préhenseur adapté à tous types d'UGS.

L'apprentissage automatique s'appuie sur une série d'exemples pour construire des algorithmes et améliorer progressivement les résultats de préhension ; plus le capteur de vision ABB acquiert d'images, plus le taux de réussite augmente. ABB applique un principe d'« apprentissage supervisé » qui se charge d'appairer une entrée et une sortie, à partir d'exemples de jeux d'entrée/sortie. Le système élabore ainsi des modèles d'UGS uniformes et hétérogènes, qui mettent en relation un vecteur x en entrée et un vecteur y en sortie, assortis d'informations utiles pour l'utilisateur. Dans le cas de la dépalettisation, l'entrée x est une image acquise par le

—
 Le recours à l'apprentissage automatique en complément d'algorithmes géométriques réduit considérablement le taux d'erreur.



03

capteur de vision et la sortie y un ensemble d'images binaires, où l'emplacement de l'UGS est indiqué en deux dimensions sous forme de pixels blancs sur fond noir.

Le jeu de données est constitué d'exemples étiquetés $\{(x_i, y_i)\}_{i=1, n}$, x représentant les images acquises par le capteur et y une collection de masques correspondant à chaque UGS de l'image → 03. L'étiquetage consiste principalement à identifier les contours des UGS à partir d'une collection d'images acquises. Un modèle d'apprentissage machine bien entraîné doit être capable, à partir des nouvelles images

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ROBOTIQUE : LA COMBINAISON GAGNANTE DE L'ATELIER FLEXIBLE

Intelligence artificielle (IA) et robotique sont deux moyens de flexibiliser l'automatisation industrielle. Le remplacement d'une programmation « en dur » par des capacités d'apprentissage étend les fonctionnalités des robots pour gagner en rapidité, en sécurité et en productivité.

ABB tire parti de l'IA et de l'apprentissage automatique pour affiner la précision de ses robots de dépalettisation : reconnaissance de l'environnement et réactivité adaptée, inspection et analyse des défauts, optimisation autonome des processus.

Avec l'IA, les robots s'invitent aussi dans le contrôle qualité. Citons par exemple le premier robot atomiseur de peinture instrumenté et connecté qui réalise en temps réel des diagnostics poussés pour optimiser la qualité tout en réduisant de 75 % les déchets de peinture lors des changements de couleur et de 20 % la consommation d'air comprimé.

ABB utilise encore l'IA pour étudier le comportement des presses d'emboutissage et des robots de transfert, et minimiser les temps morts sur la ligne. •

02 Exemples d'unités de stockage (UGS) uniformes et hétérogènes

02a UGS uniformes : chaque couche de la palette est composée de cartons de mêmes dimensions.

02b UGS hétérogènes : des cartons de différentes tailles sont déposés aléatoirement sur la palette.

03 Les logiciels d'apprentissage automatique d'ABB élaborent des modèles d'UGS uniformes ou hétérogènes. À partir d'images issues du capteur de vision, l'algorithme génère une collection de masques pour chaque UGS et présente l'image à l'utilisateur, assortie d'informations utiles.

04 ABB recourt à l'IA pour aider les robots à détecter et analyser les défauts.



04

prises par le capteur, de prédire au robot préhenseur la position et l'orientation précises d'UGS de tailles et de formes jusqu'alors inconnues du système →04.

L'étude de cas menée par ABB s'appuyait sur un jeu de données d'entraînement constitué de milliers d'images prises, d'abord en laboratoire pour certaines, puis pour la grande majorité dans un environnement de production réel. Après traitement à l'aide d'algorithmes géométriques et de filtres, les analystes ont étiqueté

ces exemples de jeux de données et déterminé les contours des UGS. Résultat ? Une baisse spectaculaire des erreurs de segmentation : moins de 0,25 % pour les UGS uniformes et de 0,02 % pour les UGS hétérogènes. Preuve est ainsi faite que les algorithmes géométriques combinés à l'apprentissage automatique présentent un potentiel considérable d'optimisation de la dépalettisation. •

Bibliographie

[1] Business Wire, *Global Automatic Palletizer and Depalletizer Market by End User*, Technavio, disponible sur : <https://www.businesswire.com/news/home/20170606005883/en/Global-Automatic-Palletizer-Depalletizer-Market-Segmentation-Forecasts,2017>.



01

ROBOTS À LA MANŒUVRE

Montée en flèche

Conçue pour accompagner la transformation numérique de l'industrie, la commande robotique OmniCore™ d'ABB maximise la flexibilité, la connectivité et la performance du contrôle de mouvements.



Peter Fixell
ABB Robotics
Västerås (Suède)

peter.fixell@se.abb.com

Le phénomène a tout d'une explosion démographique ! À peine plus de 1,3 million en 2013, les robots industriels seront près de 4 millions dans le monde en 2022 →02, soit une progression annuelle de 13 % selon la Fédération internationale de la robotique (IFR) [1]. Parmi les nombreuses tendances qui alimentent cette croissance à deux chiffres, il en est une de dimension planétaire : la numérisation des secteurs de l'électronique grand public, de l'informatique et des télécoms.

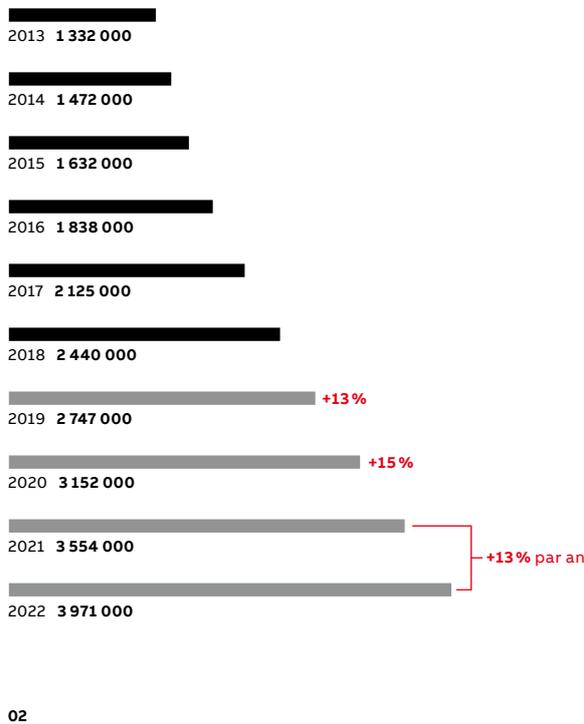
ABB a très tôt vu dans cette percée du numérique un fabuleux levier pour promouvoir l'automatisation flexible et, concrètement, dynamiser les ventes de robots. Mesuré en gains de productivité et en baisses de coût, l'impact de ces nouvelles technologies sur ses marchés cibles pourrait se chiffrer entre quelque 4000 et 11 000 milliards de dollars à l'horizon 2025.

La numérisation des secteurs des biens de consommation, de l'informatique et des télécoms devrait propulser les ventes de robots.

Dans ce contexte, douze secteurs d'activité partagent les mêmes enjeux et atouts potentiels →03 :

- L'automatisation évolue plus vite que jamais ;
- Les clients veulent de plus en plus des solutions ultrapersonnalisées, souples et faciles à intégrer ;
- Il leur faut ajouter de nouvelles applications d'automatismes à des lignes de production fonctionnant souvent dans des espaces exigus,

Estimation du parc mondial de robots (2013-2018) et prévision de croissance (2019-2022)



02

01 La commande robotique OmniCore™ surmontée du boîtier de programmation FlexPendant

02 Selon l'IFR, le parc mondial de robots industriels atteindra en 2022 les 4 millions d'unités.

pour lesquelles compacité et flexibilité sont primordiales ;

- Les fabricants s'efforcent de raccourcir les cycles de lancement des produits tout en maintenant de hauts niveaux de productivité ;
- Les marchés croissent là où l'automatisation gagne du terrain ;
- Filières et technologies progressent rapidement lorsque des robots sont formés à l'exécution de nouvelles tâches ;
- L'optimisation des solutions est la clé d'une plus grande compétitivité industrielle.

Ce sont ces tendances et leur impact sur l'industrie qui ont poussé ABB à développer une nouvelle famille de commandes robotiques baptisée OmniCore™ →01. Une « commande robotique » est au robot ce que le cerveau est à l'humain : c'est là

que siègent les programmes de contrôle des mouvements ainsi que les fonctions d'apprentissage et de dialogue avec les systèmes d'information de l'usine et les machines de production.

OmniCore a été conçue pour relever les défis de l'usine 4.0 : fabrication en continu, besoin croissant de maintenance prédictive, essor de la robotique collaborative, ou « cobotique », etc.

OmniCore™ se raccorde sans difficulté à une panoplie de bus de terrain, de commandes d'effort et de systèmes de vision.

Aussi est-elle couplée à la solution ABB Ability™ Connected Services pour améliorer la disponibilité et les performances des robots. Résultat : une excellente précision dynamique dans un encombrement réduit de 50 % par rapport à la plus petite commande de la génération précédente, optimisant la souplesse d'installation et la surface occupée. Grâce à sa construction modulaire et évolutive, la gamme OmniCore s'adapte en permanence aux spécificités du client et de l'application.

Un tournant dans la commande robotique

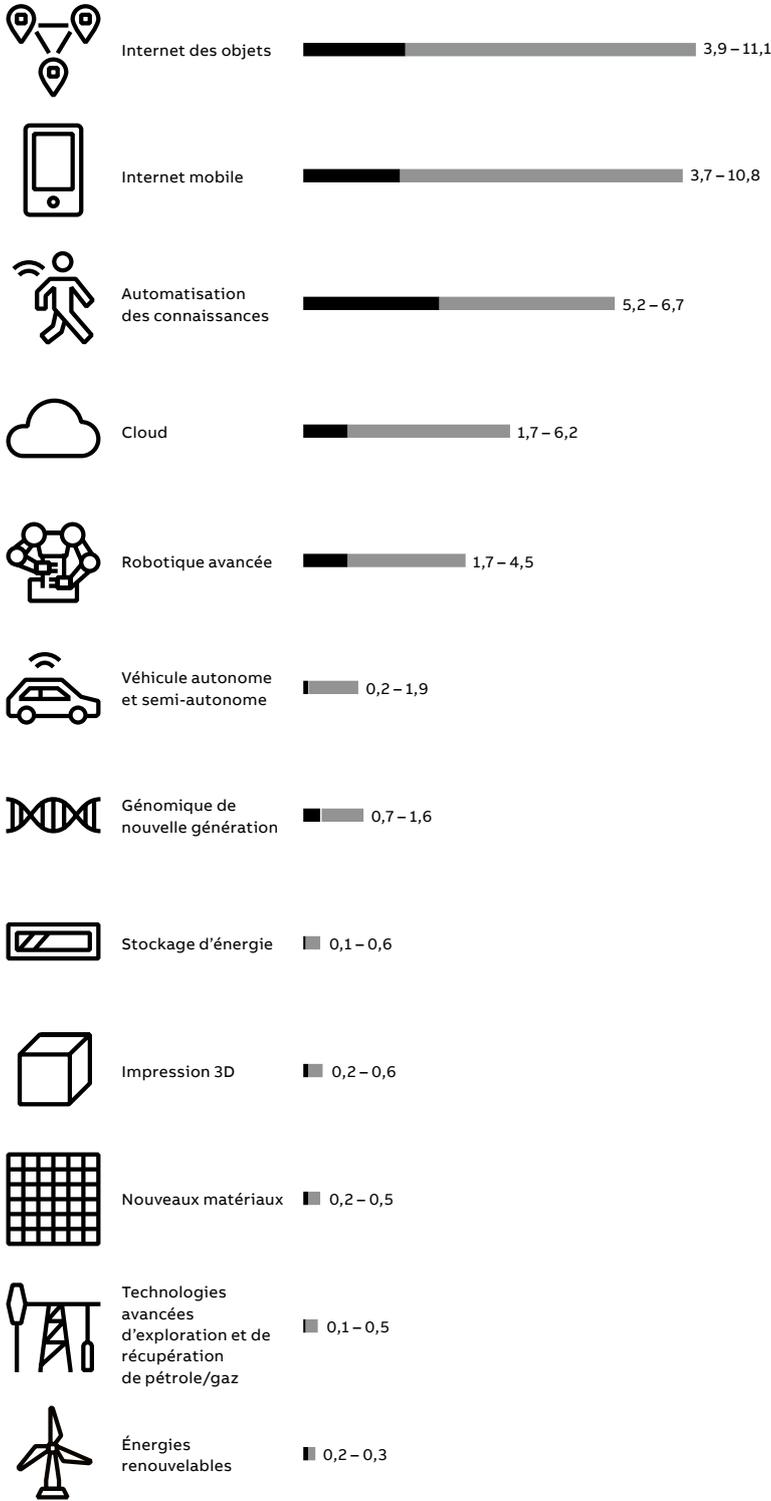
Cette innovation ABB a été développée en réponse à la demande de flexibilité des clients devant commander plusieurs robots multi-applications. Dans cette optique, le Groupe a décidé de revoir sa méthode de conception pour faire la part belle à des éléments constitutifs configurables et à des interfaces communes, multipliant les possibilités de personnalisation.

Ces efforts ont abouti à une nouvelle offre robotique, fondée sur le plus vaste choix de contrôle des mouvements ainsi que sur des solutions taillées pour l'usine connectée. Il suffit d'allumer et de raccorder le robot pour accéder à toute la palette de fonctions avancées ABB Ability, qui permet de réduire les incidents de 25 % et d'accélérer la reprise de service de 60 %.

Les clients ont également la possibilité de se connecter en toute transparence à la plate-forme ABB Ability pour transformer leurs données en informations exploitables. La surveillance vibratoire en continu de réducteurs, par exemple, à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique, peut ainsi déboucher sur des actions de maintenance préventive ou corrective. OmniCore se raccorde tout aussi facilement à une panoplie de bus de terrain, de commandes d'effort et de systèmes de vision industrielle.

ABB est au cœur de la mutation numérique de l'industrie

(impact économique de 12 technologies de rupture, en milliers de milliards de dollars par an)



Proportion de l'impact économique
 ■ Fourchette basse ■ Fourchette haute

La gamme s'enrichit de fonctions de cybersécurité pour prévenir les pertes de données et les arrêts de production qui, à défaut, occasionneraient d'importants manques à gagner. Elle intègre également le logiciel de surveillance SafeMove2 d'ABB qui permet au robot de travailler en toute sécurité aux côtés de l'opérateur, sans baisse de productivité.

Autre atout : la commande est associée au puissant boîtier de programmation FlexPendant →04. Celui-ci est équipé d'une manette ergonomique de pilotage dans les trois directions et d'un écran tactile multipoint

—
OmniCore intègre le logiciel de surveillance SafeMove2 d'ABB qui permet de transformer les robots industriels en cobots.

de 8 pouces, qui permet à l'opérateur de programmer le robot de manière totalement intuitive. FlexPendant peut être connecté et déconnecté sous tension pour passer rapidement d'un robot à l'autre, accélérant le déploiement et minimisant les coûts de l'installation robotique.

Mobilisé pour l'industrie du futur

ABB s'attend à une progression soutenue du numérique dans l'industrie. Si la numérisation a d'abord visé les marchés grand public, sous l'impulsion des technologies mobiles à large bande, elle conquiert aujourd'hui la sphère industrielle. Les clients sont de plus en plus conscients que les constructeurs de robots peuvent également les aider à optimiser les opérations à distance.

La transformation numérique de l'usine est en marche. Le groupe ABB entreprend aussi ce virage, en parfaite connaissance de ses tenants et aboutissants, mais aussi des innombrables avantages en matière de maintenance prédictive, de télésurveillance, d'optimisation, d'économie, d'efficacité et de sécurité renforcées. ●



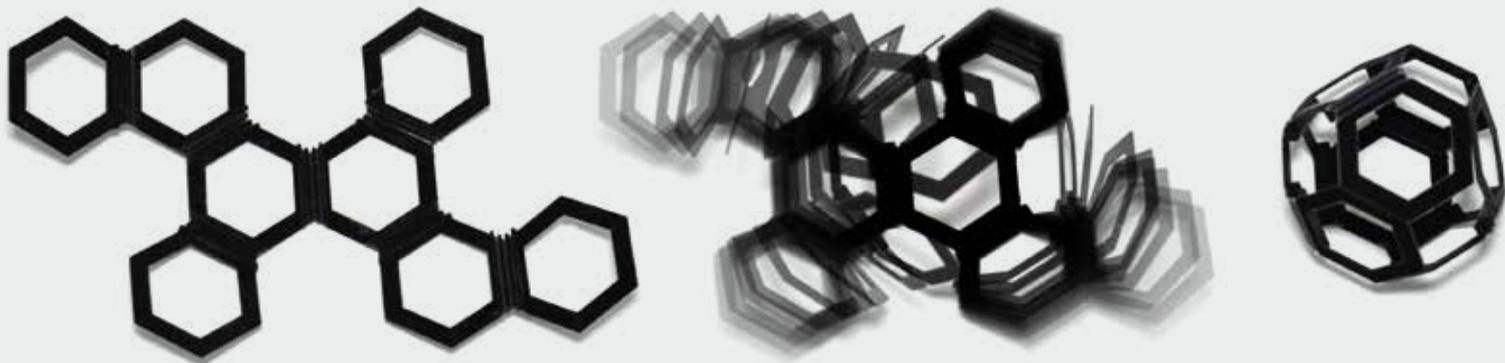
04

—
03 Les douze domaines technologiques qui marqueront l'industrie de demain, d'après le McKinsey Global Institute, constituent un formidable gisement d'opportunités pour l'équipementier ABB.

—
04 L'écran tactile multipoint 8 pouces du FlexPendant permet de programmer le robot de manière totalement intuitive. Le boîtier peut être partagé entre plusieurs robots, accélérant le déploiement et minimisant les coûts de la solution robotique.

— Bibliographie

[1] *Welcome to the IFR Press Conference*, diaporama disponible sur : https://ifr.org/downloads/press2018/WR_Presentation_Industry_and_Service_Robots_rev_5_12_18.pdf, p. 6, Tokyo, 8 octobre 2018.



01

LE MOT DU MOMENT

Impression 4D

L'apport de nouveaux matériaux issus des plus prestigieux laboratoires de recherche et universités confère une nouvelle dimension à l'impression 3D en créant des objets dont la forme change au fil du temps, en totale autonomie et sans intelligence embarquée. De quoi bouleverser toute l'industrie.



Chau Hon Ho
ABB Future Labs
Baden-Dättwil (Suisse)

chau-hon.ho@
ch.abb.com

Un objet complexe manufacturé, inerte, peut-il se comporter comme un organisme vivant, percevoir des stimuli externes et y réagir en s'adaptant à son environnement ? Peut-il même revenir dans son état original à la disparition du stimulus ou à l'apparition d'un autre ? Et si l'on était capable de modifier au fil du temps l'une de ses propriétés fondamentales, sa forme par exemple, sans s'aider de commandes électromécaniques ou informatiques ? Il serait alors possible de créer des structures capables de s'assembler, de s'adapter, voire de se réparer tout seuls. Cette vision en apparence excentrique ne relève plus de la science-fiction ; elle promet de révolutionner notre monde. S'appuyant sur les progrès réalisés dans l'impression de formes complexes en 3D, des chercheurs des plus grandes institutions et universités mondiales ont imaginé des matériaux évolutifs et intelligents pour créer des structures en 4D.

Les secteurs qui sauront s'approprier le fantastique potentiel de la quatrième révolution industrielle bénéficieront d'un avantage concurrentiel indénié. Partant de ce constat, les entreprises et institutions investissent dans des technologies de rupture, comme l'impression 4D.

Les structures imprimées en 4D évoluent spontanément, sans commande électromécanique ni informatique.

De quoi s'agit-il exactement ? Les techniques d'impression 3D associées à des matériaux intelligents, avec l'appui de la modélisation mathématique et des algorithmes d'apprentissage automatique, donnent naissance à des objets en trois dimensions qui ont la particularité d'évoluer dans le temps, au contact de leur environnement. Bienvenue dans la « 4^e dimension ». Le résultat offre un degré d'autonomie structurelle inédit, puisque ces structures imprimées en 4D évoluent sans puissance de calcul embarquée. Les voilà capables de changer de forme ou de se mouvoir sans moteur, câble ni alimentation externe, bref de prendre vie à l'image des organismes biologiques → 01 ! Il va sans dire que les secteurs du bâtiment, du transport, du

—
01 Octogones imprimés en 4D au Self-Assembly Lab du MIT. À partir d'une forme plane en 2D, l'objet s'auto-assemble pour acquérir une 3^e dimension.

—
02 Ce bras robotique, imprimé en quatre jours, est 50 % moins lourd que l'original.



02

textile, de la santé, de la défense et de l'aérospatial constitueront des champs d'application privilégiés.

Au début était l'impression 3D

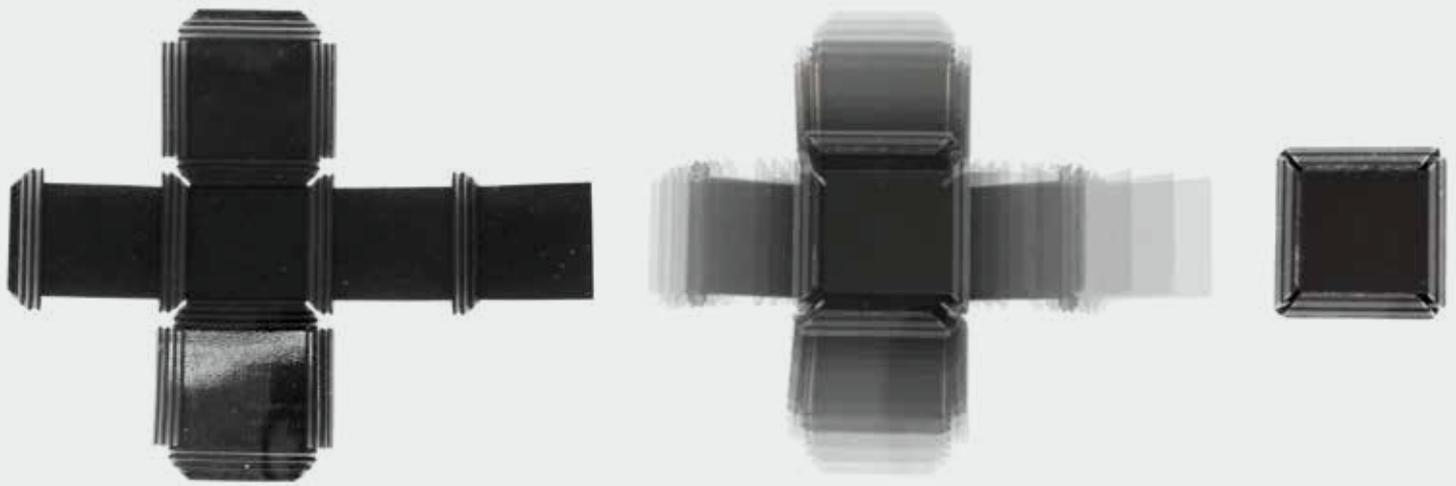
La fabrication additive, autre nom de l'impression 3D, est apparue dans les années 1980. À la différence des

—
Auto-assemblage, auto-adaptabilité et auto-réparation sont les trois caractéristiques fondamentales des objets imprimés en 4D.

procédés de fabrication classiques comme le moulage ou le fraisage, l'objet est réalisé par dépôts successifs de fines couches de matériau. Même si on

ne peut pas encore parler de technologie grand public, il s'agit d'un procédé très utilisé en robotique, en biomédecine ou en aéronautique, puisqu'il permet de fabriquer des structures uniques, sur mesure. La modélisation mathématique et l'apprentissage automatique viennent de plus en plus à l'appui de la conception, du choix des matériaux ou du pilotage de l'impression. En 2019, la société néerlandaise MX3D a imprimé en trois dimensions une copie optimisée du bras d'un robot ABB →02. MX3D a eu recours à un procédé original, dit « arc-fil », pour imprimer en une seule fois cette forme complexe bio-inspirée.

L'intelligence artificielle a servi à optimiser la stratégie d'impression et la trajectoire de l'outil pour chaque caractéristique géométrique. La rencontre entre l'impression 3D et la personnalisation issue du design génératif a amélioré la productivité et réduit le volume de rebuts. Le double gain de temps et d'argent est un paramètre crucial pour la robotique sur mesure [1].



03a

Vers la quatrième dimension

L'impression 4D est née de l'union de la fabrication additive et des matériaux qualifiés d'« intelligents », c'est-à-dire dont la structure ou les propriétés fonctionnelles sont capables de réagir à des stimuli externes.

Alors que plusieurs laboratoires planchaient sur des concepts similaires, c'est à Skylar Tibbits que revient la paternité du terme en 2013. Cet architecte et informaticien, chercheur au Massachusetts Institute

Imaginez des canalisations d'eau qui se répareraient de manière autonome, sans système de détection et de localisation des fuites, ni intervention humaine.

of Technology (MIT), y a fondé le Self-Assembly Lab en 2014 pour étudier les trois caractéristiques fondamentales des objets imprimés en 4D : auto-assemblage, auto-adaptabilité et auto-réparation.

Auto-assemblage : une structure, ou même un bâtiment, capables de s'assembler à un endroit et à un moment donnés, sans intervention humaine ni électromécanique, pourraient se construire eux-mêmes dans une zone dangereuse ou difficile d'accès. D'autres applications sont envisageables dans l'infiniment grand ou l'infiniment petit, comme l'auto-assemblage d'un télescope

spatial, ou encore l'injection de nanodispositifs médicaux qui rejoindraient seuls leur cible pour s'y assembler.

Auto-adaptabilité : les structures imprimées en 4D peuvent aussi détecter leur environnement ou agir sur celui-ci, et ainsi se passer de capteurs ou d'actionneurs électromécaniques. Des atouts qui se traduisent par une réduction du nombre de pièces, du temps d'assemblage et de la consommation de matière et d'énergie, donc *in fine* par une baisse des coûts. Imaginez par exemple un matériau de construction qui s'adapterait de lui-même aux conditions climatiques !

Auto-réparation : pour s'auto-assembler, il faut au préalable pouvoir se démonter et donc, potentiellement, s'auto-cicatriser. Imaginez par exemple des canalisations d'eau qui se répareraient de manière autonome, sans besoin de système de détection et de localisation des fuites, ni intervention humaine ; ou encore, en médecine, des implants capables d'auto-cicatrisation, évitant ainsi la chirurgie.

Briques évolutives

Passer de trois à quatre dimensions nécessite un certain nombre de facteurs : l'utilisation de matériaux intelligents qui, rappelons-le, réagissent à un stimulus externe, la présence de ce stimulus (changement de température, hygrométrie, champ magnétique, etc.), une interaction entre le matériau et le stimulus (changement de forme par absorption d'eau, par exemple) et l'apport de la modélisation mathématique, qui permet d'une part de concevoir la répartition et les fonctionnalités du matériau, d'autre part de prédire et de programmer son évolution future. La conjonction de

tous ces ingrédients aboutit à la modification souhaitée de la forme, des propriétés ou des fonctions de l'objet.

Un matériau intelligent doit être apte à se courber, se plier, se tordre ou s'enrouler après impression pour prendre la forme souhaitée. Ainsi, une surface plane en deux dimensions peut se replier sur elle-même pour

donner un cube →03a [2] ou se refermer comme une fleur, une fois immergée dans l'eau →03b [3]. Autre possibilité : un fil en une dimension acquiert une structure tridimensionnelle par cintrage →03c [4-5].

Un processus à double sens

De nos jours, les matériaux complexes à mémoire de forme sont capables de « se souvenir » d'un état. Cette mémorisation implique au minimum deux étapes : l'application d'un stimulus fait passer l'objet de sa forme originelle à un état temporaire, qu'il conserve jusqu'à ce qu'un deuxième stimulus lui fasse reprendre sa forme d'origine. Une fois modifiée, cette structure peut ensuite, spontanément ou par programmation, retrouver cet état temporaire, et ce à l'infini puisque le processus est réversible [6].

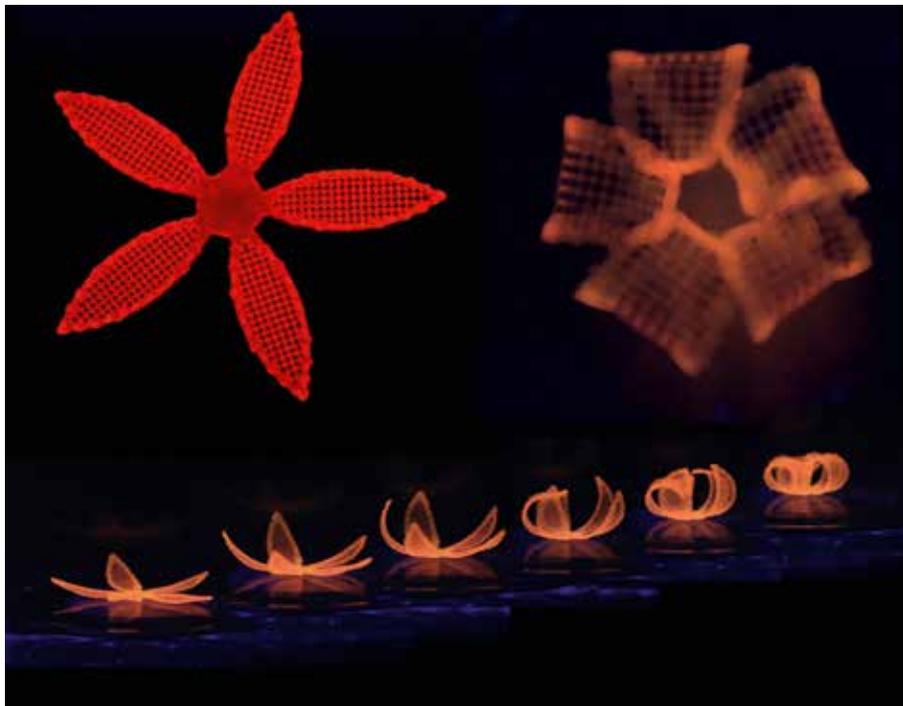
—
Une structure capable de s'assembler toute seule pourrait être construite dans une zone dangereuse ou difficile d'accès.

—
03 Les matériaux intelligents peuvent se plier, se tordre ou s'enrouler après l'impression pour acquérir une nouvelle forme en présence d'un stimulus.

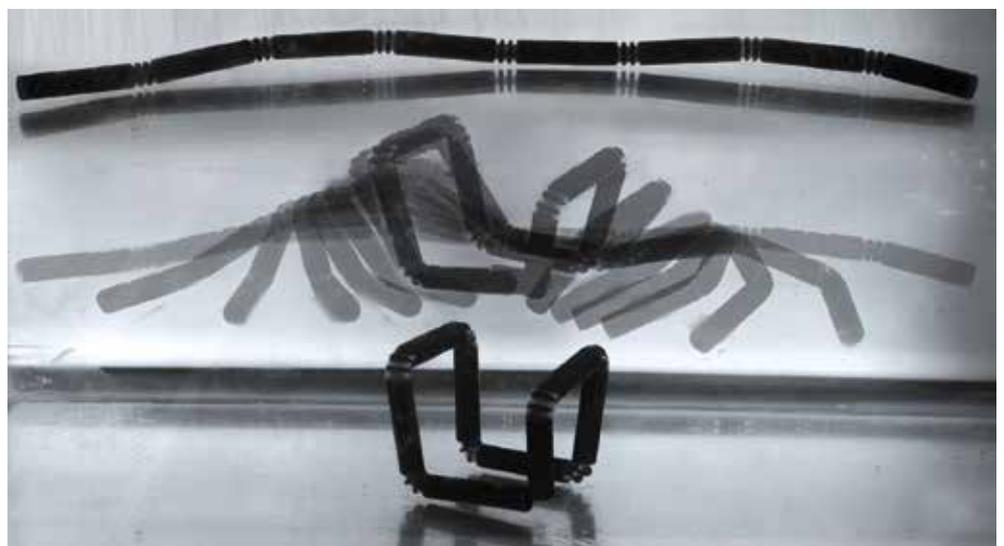
03a Une forme en 2D se plie pour donner un cube.

03b L'impression 4D permet d'obtenir des formes simili-organiques, à l'image de ces fleurs en hydrogel composite qui changent de forme en présence d'eau.

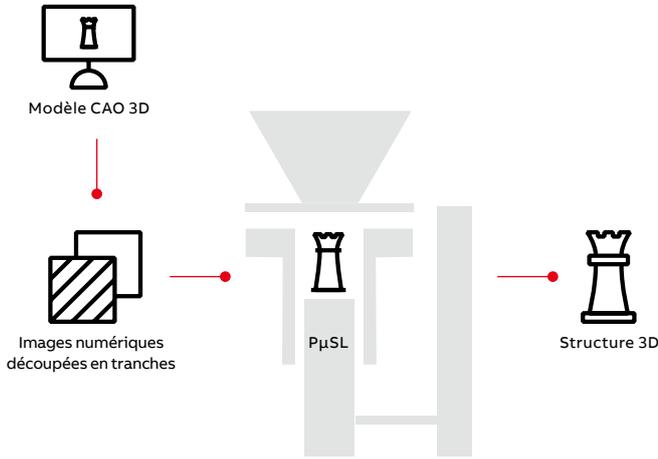
03c Un fil unidimensionnel, imprimé dans un matériau spécial, se replie sur lui-même quand il est immergé dans l'eau.



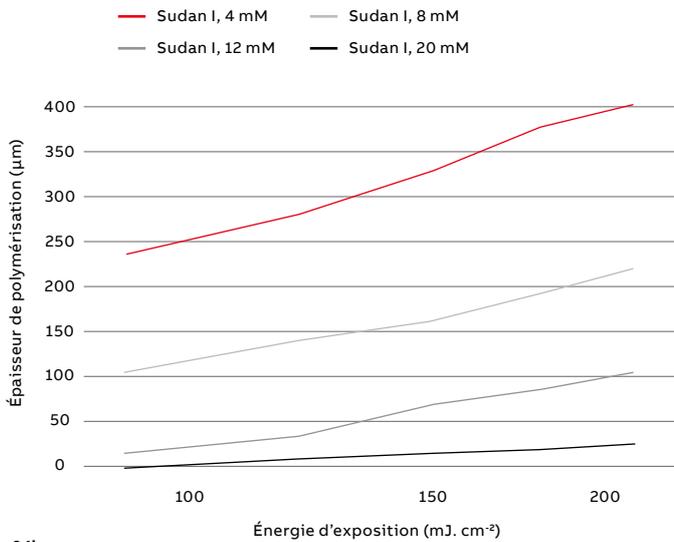
03b



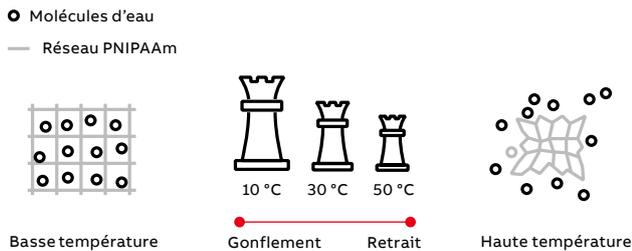
03c



04a



04b



04c

Les matériaux à mémoire de forme les plus utilisés pour l'impression 4D sont les hydrogels, les élastomères à cristaux liquides, ou toute combinaison de ceux-ci. Les polymères hydrophiles sont capables d'absorber de grandes quantités d'eau liquide sans se dissoudre. Les matériaux synthétiques, sous forme de gel, leur sont préférés car ils sont plus endurants et plus résistants [7]. Les élastomères à cristaux liquides sont des chaînes de polymères qui associent l'élasticité de ces derniers aux capacités d'auto-organisation, et donc de programmation, des cristaux liquides. Ils peuvent changer radicalement de forme puis reprendre leur aspect initial. Ces propriétés en font des matériaux très prometteurs, notamment en biomédecine, pour imprimer des muscles artificiels ou des micro-robots souples.

La R&D aux commandes

La progression fulgurante de l'impression 4D doit beaucoup à l'excellence des chercheurs du MIT, mais aussi du Wyss Research Institute for Biomedical Research à Harvard, de l'université Rutgers, de l'École polytechnique fédérale (ETH) de Zurich et du California Institute of Technology (CIT).

Jennifer Lewis et son équipe du Wyss Institute étudient la possibilité d'utiliser l'impression 4D pour créer des structures bio-inspirées, qui exploitent les changements de forme d'un hydrogel

Les matériaux à mémoire de forme sont capables de « se souvenir » d'un état et d'y revenir.

en présence d'un stimulus chimique comme l'eau [3]. Des objets imprimés dans ce matériau peuvent se transformer pour adopter des architectures rappelant celles observées dans les fleurs. Dans la nature, la composition et la microstructure des tissus changent en fonction de l'environnement de la plante. Afin de reproduire ce processus, les chercheurs ont imaginé un composite à base d'hydrogel imprimé en 4D mélangé à des fibres de cellulose pour contrôler l'absorption d'eau. La fleur

—
04 Impression d'un hydrogel sensible à la température par l'université Rutgers

04a Étapes du procédé de photopolymérisation sous UV (PμSL)

04b Épaisseur de polymérisation selon la quantité d'énergie employée

04c Variation de taille de l'hydrogel en fonction de la température

ainsi imprimée change de forme au contact de l'eau, de la même manière qu'une plante réagit à l'humidité, au changement de température ou à tout autre stimulus environnemental →03b.

D'autres équipes, comme celle de Rutgers, développent des hydrogels sensibles à des stimuli physiques, comme la température. Leur technique, baptisée microstéréolithographie par projection (PμSL), permet d'imprimer des objets en 3D à partir de gels dont la forme change en fonction de la température →04 [8]. Ce type de structure en 4D pourrait déboucher sur la construction d'amortisseurs pour les robots déformables, ou encore sur des médicaments administrés directement au niveau de leur cible.

Au CIT, le Jet Propulsion Laboratory de la NASA a créé un textile métallique imprimé en 3D. Cette « cote de mailles » spatiale répond à quatre critères essentiels : réflectivité, gestion passive de la chaleur, pliability et résistance à la traction. Une des faces du tissu reflète la lumière tandis que l'autre l'absorbe, ce qui régule la température. Il peut se plier de multiples façons et prendre de nombreuses formes sans jamais lâcher. La possibilité de coder des fonctions dans ce matériau ouvre la voie à une infinité d'usages, notamment dans l'espace : construction de gigantesques télescopes, confection de combinaisons spatiales, fabrication de boucliers anti-météorites [9].

Kristina Shea et Tian Chen, deux chercheurs de l'ETH Zurich, ont fabriqué, à l'aide d'une imprimante Objet3 Connex500 de Stratasys, des objets multimatériaux à base de deux polymères à mémoire de forme, un polymère rigide thermorésistant et un polymère de type élastomère →05. Imprimés en 2D, ces objets se déploient pour former une structure porteuse en 3D lorsqu'ils sont plongés dans l'eau chaude. La possibilité de modifier leurs capacités de charge au fil du temps est un élément particulièrement intéressant pour l'exploration spatiale, l'architecture, la construction et l'industrie automobile [10–11].

Obstacles et limites

Même si elle a progressé, l'impression 4D se heurte encore à des obstacles qui freinent sa diffusion. Citons par exemple l'inertie physique, la disponibilité

des matériaux, leur endurance, les relations de dépendance ou encore le coût. Le changement de forme prend entre quelques millisecondes et quelques secondes ; en effet, les plus grosses molécules doivent se déplacer sur une certaine distance et se repositionner. Selon l'application, la transformation peut se faire trop vite, trop lentement, ou dans un délai approprié (cas des matériaux de construction par exemple). Par ailleurs, seuls certains

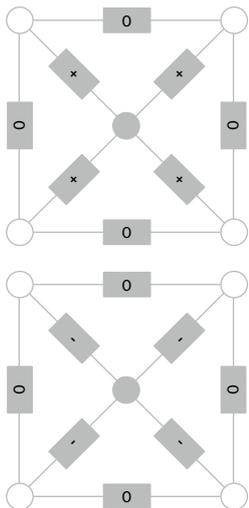
—
Coder de nouvelles fonctions dans un matériau élargit le champ des possibles, notamment pour l'exploration spatiale.

polymères réagissent à des stimuli, ce qui limite les conditions ambiantes propices à la transformation du matériau (chaleur, pression, contact avec des produits chimiques). Des composites métalliques/céramiques pourraient en améliorer la fiabilité et la longévité. Autre inconvénient : ce processus et sa durée dépendant de nombreux facteurs, la réaction risque de prendre plus ou moins de temps en fonction de l'environnement. Aujourd'hui, l'impression 4D est réservée à quelques marchés de niche bien nantis, comme la médecine, l'armée ou le luxe ; elle devrait toutefois se généraliser à l'avenir.

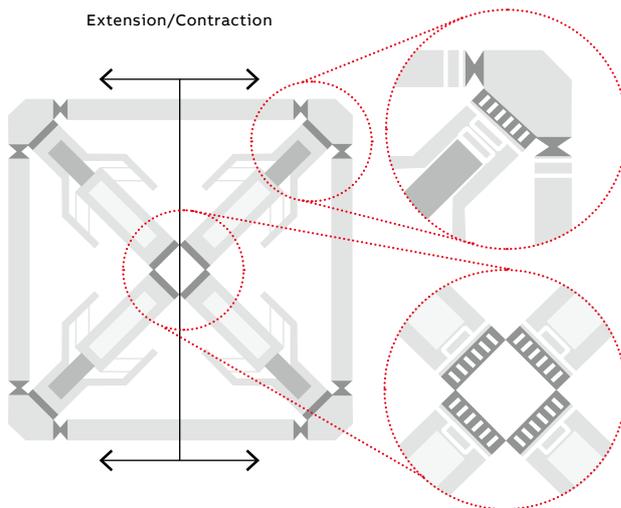
Entrez dans la quatrième dimension

Les gains promis par l'impression 4D devraient faire sortir des laboratoires de R&D dans la décennie à venir. La santé, mais aussi l'industrie aérospatiale, la défense et l'automobile commencent à en saisir le potentiel.

Les bureaux d'études ont encore du pain sur la planche en matière de faisabilité et de fonctionnalité. On pourrait par exemple concevoir des connexions imprimées en 4D afin de faciliter le démontage d'un produit et donc le réemploi ou le recyclage des composants. Il faut en outre élargir l'éventail des matériaux et composites

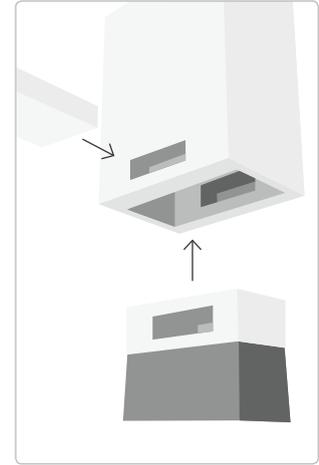


À plat, T = T



Déployé, T = T₂

50 g, T = T₂



200 g, T = T₁



05

— 05 Des chercheurs zurichoïses ont réussi à imprimer un objet présentant deux états d'équilibre différents. Le matériau est un mélange de polymères fonctionnels (FLX9895), d'un polymère à mémoire de forme, d'un plastique rigide résistant à la chaleur (RGD525) et d'un simili-élastomère (Agilus30), associé à un mécanisme bistable.

— Grâce à l'impression 4D, les robots de demain pourront se concevoir, s'assembler et se réparer eux-mêmes.

capables de réagir à un plus grand nombre de conditions environnementales, mais aussi optimiser le processus d'impression et maîtriser la stabilité dimensionnelle des objets fabriqués en 4D. Les entreprises qui veulent récolter les fruits de l'innovation numérique ne peuvent pas faire l'impasse sur le potentiel de l'impression 4D, notamment car elle permet de créer des objets mobiles et autonomes.

La quatrième révolution industrielle s'accompagne de progrès dans de nombreux domaines, comme la conception de matériaux intelligents, les procédés d'impression 4D, la robotique. D'ici peu, ce ne sont pas seulement des bras robotisés sur mesure qui viendront épauler les procédés industriels, mais toutes sortes d'engins capables de se concevoir, de s'assembler et de se réparer en toutes circonstances et en parfaite autonomie. •

Bibliographie

- [1] Altair, *ABB, MX3D Robot Arm*, disponible sur : <https://mx3d.com/projects/robot-arm/>, 2019.
- [2] Tibbits, S., « 4D Printing: Multi-Material Shape Change », *Architectural Design*, vol. 84, n° 1, p. 116-121, 2014.
- [3] Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering at Harvard University, *Novel 4D printing method blossoms from botanical inspiration*, disponible sur : <https://wyss.harvard.edu/news/novel-4d-printing-method/2016>, consulté le 9 décembre 2019.
- [4] Tibbits, S., et al., « 4D Printing and Universal Transformation », *34th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*, Los Angeles, p. 539-548, 23-25 octobre 2014.
- [5] Momeni, F., et al., « A review of 4D printing », *Materials and Design*, vol. 122, p. 42-79, mai 2017.
- [6] Zhou, J., Sheiko, S., « Reversible shape-shifting in polymeric materials », *Journal of Polymer Science & Polymer Physics*, vol. 54, p. 1365-1380, 2016.
- [7] Ahmed, E., « Hydrogel: Preparation, characterization, and applications : A review », *Journal of Advanced Research*, vol. 6, n° 2, p. 105-121, 2016.
- [8] Han, D., et al., « Micro 3D Printing of a Temperature-Responsive Hydrogel Using Projection Micro-Stereolithography », *Scientific Reports*, n° 8, janvier 2018.
- [9] Jet Propulsion Laboratory, 'Space Fabric' Links Fashion and Engineering, disponible sur : <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=6816>, 18 avril 2017.
- [10] Scott, C., *ETH Zurich Researchers Develop 4D Printed Load-Bearing Polymer Structures*, disponible sur : <https://3dprint.com/219758/eth-zurich-4d-printed-structures-2/>, 18 juillet 2018.
- [11] Chen, T., Shea, K., « An Autonomous Programmable Actuator and Shape Reconfigurable Structures Using Bistability and Shape Memory Polymers », *3D Printing and Additive Manufacturing*, vol. 5, n° 2, p. 91-101, 2018.

Recevoir ABB Review

S'abonner

Contactez votre correspondant ABB ou souscrivez en ligne sur www.abb.com/abbreview

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.

Garder le contact

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



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

Publication ABB

Rédaction

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation

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

Éditeur

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

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

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

Édition et droits d'auteur ©2020
ABB Switzerland Ltd.
Baden (Suisse)

Impression

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn (Autriche)



Maquette

Publik. Agentur für
Kommunikation GmbH
Ludwigshafen (Allemagne)

PAO

Konica Minolta
Marketing Services
Londres
(Royaume-Uni)

Traduction française

Cléa Blanchard
clea.blanchard@gmail.com

Avertissement

Les avis exprimés dans la présente publication n'engagent que leurs auteurs et sont donnés uniquement pour 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

abb.com/abbreview

Fin de la version mobile

La publication d'ABB Review sur tablette (iOS et Android) s'est arrêtée fin 2018. Nos lecteurs sont invités à consulter les versions PDF ou en ligne sur abb.com/abbreview.



—
Dans le numéro 03/2020
Datacenters

Il n'est point d'informatique dans le cloud au top sans datacenters tournant à plein régime ! Ces gigantesques fermes de serveurs, où priment la fiabilité et la sécurité, ne souffrent aucune défaillance énergétique. Découvrez dans le prochain numéro d'*ABB Review* comment la pratique industrielle s'allie au meilleur de l'informatique pour sécuriser les connexions au cloud.